

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

ENERJİ KONUSUNDA MODEL TABANLI ÖĞRENME
YAKLAŞIMINA GÖRE TASARLANAN ÖĞRENME
ORTAMLARININ ZİHİNSEL MODEL GELİŞİMİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Mehmet Altan KURNAZ

TRABZON
Haziran, 2011

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

ENERJİ KONUSUNDA MODEL TABANLI ÖĞRENME
YAKLAŞIMINA GÖRE TASARLANAN ÖĞRENME
ORTAMLARININ ZİHİNSEL MODEL GELİŞİMİNE ETKİSİ

Mehmet Altan KURNAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nce Doktora
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül SAĞLAM ARSLAN

TRABZON
Haziran, 2011

KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir. 10/06/2011

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ayşegül SAĞLAM ARSLAN

Üye : Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ

Üye : Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nedim ALEV

Üye : Prof. Dr. Ali AZAR

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Haluk ÖZMEN

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tezimin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı ve bu tezi KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsünden başka bir bilim kuruluşuna akademik gaye ve unvan almak amacıyla vermediğimi; tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

**Mehmet Altan KURNAZ
10/06/2011**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Üniversite 1. sınıf Temel Fizik dersi konuları arasında yer alan enerji konusuna yönelik olarak Model Tabanlı Öğrenme yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamı tasarlama, uygulama ve öğrencilerin alternatif fikirlerini gidermesi, eksik bilgilerini tamamlaması ve bu konudaki zihinsel modellerini geliştirmesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Araştırma sürecinde proje yöneticiliğini ve danışmanlığımı üstlenen, maddi ve manevi yardım ve desteğini esirgemeyen saygı değer hocam Yrd. Doç. Dr. Ayşegül SAĞLAM-ARSLAN'a saygı ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmanın uygulanma sürecine katılımı, gösterdiği ilgi, destek ve katkılarından dolayı değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Nedim ALEV'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmanın temel yapısının oluşturulmasında eleştirileriyle yol gösteren değerli hocalarım Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ ve Prof. Dr. Salih ÇEPNİ'ye teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında görüş ve önerilerinden daima yararlandığım değerli hocalarım, Doç. Dr. Ahmet Zeki SAKA, Doç. Dr. Muammer ÇALIK, Yrd. Doç. Dr. Nevzat YİĞİT, Yrd. Doç. Dr. Tuncay ÖZSEVGEC'e teşekkürlerimi sunarım. Yardım ve desteklerini gördüğüm değerli meslektaşlarım Ali DEĞERMENCİ, Güntaş BAYRAKTAR, Uğur AYDIN ve Yeliz MORADAOĞLU'na teşekkür ederim. Murat YAŞARYILDIZ'a ve çalışma grubunu oluşturan öğrencilere de katkılarından dolayı teşekkür ederim. Bu çalışma KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) 2008.116.02.3 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir. Bu anlamda KTÜ BAP birimi yönetici ve çalışanlarına da katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi destekleriyle daima yanımda olan ve bugün bulunduğum yerde olmamda sonsuz katkıları olan aileme ve eşim Dr. Aslı KURNAZ'a ve tatlı oğlum Türker KURNAZ'a sevgilerimi sunuyorum.

Mehmet Altan KURNAZ

Trabzon 2011

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	X
ABSTRACT	XI
TABLolar DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problem Durumu.....	6
1.3. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi.....	9
1.4. Araştırmanın Amacı.....	11
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	11
1.6. Araştırmanın Varsayımları.....	11
1.7. Konu İle İlgili Literatür.....	12
1.7.1. Araştırmanın Yaklaşımları İçin Literatür Taraması.....	12
1.7.1.1. Fizik Öğretiminde Modeller.....	12
1.7.1.1.1. Zihinsel Modeller.....	16
1.7.1.1.2. Zihinsel Modellerle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar.....	20
1.7.1.2. Model Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı ve Öğretim Modelleri.....	21
1.7.1.2.1. Çoklu Sunum Stratejisi.....	26
1.7.1.2.2. MTÖ Yaklaşımı, MOMBİ Öğretim Modeli ve Çoklu Sunum Stratejisiyle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar.....	30
1.7.2. Enerji Konusu İçin Literatür Taraması.....	31
1.7.2.1. Enerji: Tanımı ve Değişimi.....	32
1.7.2.1.1. Enerjinin Tanımı ve Değişimiyle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar.....	35
1.7.2.2. Enerji Öğrenimi ve Öğretimi.....	36

1.7.2.2.1.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamaları.....	36
1.7.2.2.1.1.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Gerekçeler.....	37
1.7.2.2.1.2.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Metodolojiler.....	39
1.7.2.2.1.3.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Veri Toplama Teknikleri ve Analiz Yöntemleri...	41
1.7.2.2.1.3.1.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Veri Toplama Teknikleri.....	42
1.7.2.2.1.3.2.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Analiz Yöntemleri.....	48
1.7.2.2.1.4.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Önemli Bulgular.....	50
1.7.2.2.1.5.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Önemli Sonuçlar.....	55
1.7.2.2.1.6.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Önemli Öneriler.....	57
1.7.2.2.1.7.	Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamaları Konusundaki Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar.....	60
1.7.2.2.2.	Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları.....	61
1.7.2.2.2.1.	Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmaların Odak Konuları.....	62
1.7.2.2.2.2.	Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Gerekçeler.....	65
1.7.2.2.2.3.	Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Metodolojiler.....	66
1.7.2.2.2.4.	Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Veri Toplama Metotları.....	68
1.7.2.2.2.5.	Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Önemli Bulgular.....	70
1.7.2.2.2.6.	Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Önemli Öneriler.....	71
1.7.2.2.2.7.	Enerji Kavramının Öğretimiyle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar.....	72
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	74
2.1.	Yöntem.....	75
2.2.	Araştırmanın Çalışma Grubu.....	78
2.3.	Araştırmada Kullanılan Araçlar.....	79

2.3.1.	Araştırmada Kullanılan Materyal.....	79
2.3.1.1.	Literatür ve Mevcut Kitapların İncelenmesi – Kazanımların Belirlenmesi.....	80
2.3.1.2.	Materyalin Tasarlanması ve Oluşturulması.....	81
2.3.1.3.	Materyalin Pilot Uygulaması.....	82
2.3.1.4.	Materyalin Değerlendirilmesi.....	84
2.3.1.5.	Asıl Uygulamada Kullanılan Materyalin İçeriği ve Uygulanması.....	87
2.3.2.	Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları.....	91
2.3.2.1.	Araştırmada Kullanılan Başarı Sınavı.....	92
2.3.2.1.1.	Başarı Sınavı Sorularının Geliştirilmesi.....	93
2.3.2.1.2.	Başarı Sınavının Pilot Uygulaması ve Asıl Uygulama İçin Düzenleme Çalışmaları.....	94
2.3.2.2.	Mülakatlar.....	97
2.3.2.3.	Gözlemler.....	100
2.4.	Veri Analizi.....	100
2.4.1.	Başarı Sınavından Elde Edilen Verilerin Analizi.....	101
2.4.1.1.	Öğrencilerin Anlama Seviyelerini Belirlemek Üzere Gerçekleştirilen Analizler.....	101
2.4.1.2.	Öğrenci Zihinsel Modellerini Belirlemek İçin Gerçekleştirilen Analizler.....	104
2.4.2.	Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi.....	107
2.4.3.	Gözlemlerden Elde Edilen Verilerin Analizi.....	108
2.4.4.	Güvenilirlik ve Geçerlik Çalışmaları.....	109
3.	BULGULAR.....	110
3.1.	MTÖ Yaklaşımına Dayalı Öğrenme Ortamının Etkileri: Başarı Sınavından Elde Edilen Bulgular.....	110
3.1.1.	Öğrencilerin Anlama Seviyeleri.....	110
3.1.1.1.	Öğrencilerin EİK Anlama Seviyeleri.....	110
3.1.1.1.1.	EİK Teorik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular.....	111
3.1.1.1.2.	EİK Pratik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular.....	116
3.1.1.2.	Öğrencilerin ET Anlama Seviyeleri.....	122
3.1.1.2.1.	ET Teorik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular.....	122
3.1.1.2.2.	ET Pratik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular.....	130

3.1.1.3.	Öğrencilerin ESİ Anlama Seviyeleri.....	134
3.1.1.3.1.	ESİ Teorik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular.....	134
3.1.1.3.2.	ESİ Pratik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular.....	138
3.1.1.4.	Öğrencilerin EA Anlama Seviyeleri.....	148
3.1.1.4.1.	EA Teorik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular.....	148
3.1.1.4.2.	EA Pratik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular.....	154
3.1.1.5.	Öğrencilerin EK Anlama Seviyeleri.....	159
3.1.1.5.1.	EK Teorik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular.....	159
3.1.1.5.2.	EK Pratik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular.....	163
3.1.2.	Öğrenci Zihinsel Modelleri.....	169
3.1.2.1.	Enerji Kavramı Alt Konu Alanları İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri.....	169
3.1.2.1.1.	EİK İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri.....	169
3.1.2.1.2.	ET İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri.....	171
3.1.2.1.3.	ESİ için Öğrenci Zihinsel Modelleri.....	173
3.1.2.1.4.	EA İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri.....	176
3.1.2.1.5.	EK İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri.....	177
3.1.2.2.	Enerji Konusu İçin Öğrencilerin Genel Zihinsel Modelleri.....	179
3.1.2.2.1.	Enerji Konusu İçin Öğrencilerin Ön Genel Zihinsel Modelleri.....	180
3.1.2.2.2.	Enerji Konusu İçin Öğrencilerin Son Genel Zihinsel Modelleri.....	180
3.1.2.2.3.	Öğrencilerin Genel Zihinsel Modellerinin Değişim Durumları.....	181
3.2.	MTÖ Yaklaşımına Dayalı Öğrenme Ortamının Etkileri: Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....	188
3.2.1.	EİK İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....	188
3.2.2.	ET İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....	204
3.2.3.	ESİ İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....	213
3.2.4.	EA İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....	225
3.2.5.	EK İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....	238
3.3.	MTÖ Yaklaşımına Dayalı Öğrenme Ortamının Uygulanma Durumları: Gözlemlerden Elde Edilen Bulgular.....	247
4.	TARTIŞMA.....	257
4.1.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Anlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi Tartışma.....	257

4.1.1.	Öğrencilerin EİK ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	257
4.1.1.1.	Öğrencilerin EİK ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	257
4.1.1.2.	Öğrencilerin EİK ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	260
4.1.2.	Öğrencilerin ET ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	263
4.1.2.1.	Öğrencilerin ET ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	263
4.1.2.2.	Öğrencilerin ET ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	266
4.1.3.	Öğrencilerin ESİ ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	268
4.1.3.1.	Öğrencilerin ESİ ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	268
4.1.3.2.	Öğrencilerin ESİ ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	270
4.1.4.	Öğrencilerin EA ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	273
4.1.4.1.	Öğrencilerinin EA ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	274
4.1.4.2.	Öğrencilerin EA ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	276
4.1.5.	Öğrencilerin EK ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	279
4.1.5.1.	Öğrencilerin EK ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	279
4.1.5.2.	Öğrencilerin EK ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma.....	280
4.2.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Zihinsel Modelleri Üzerindeki Etkisi.....	282
4.2.1.	Enerji Kavramı Alt Konu Alanları İçin Tespit Edilen Öğrenci Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma.....	282
4.2.1.1.	Öğrencilerin EİK ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma.....	282
4.2.1.2.	Öğrencilerin ET ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma.....	284

4.2.1.3.	Öğrencilerin ESİ ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma.....	285
4.2.1.4.	Öğrencilerin EA ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma.....	286
4.2.1.5.	Öğrencilerin EK ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma.....	287
4.2.2.	Öğrencilerin Genel Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma.....	289
4.3.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Alternatif Fikirleri Üzerindeki Etkisi.....	292
4.3.1.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Alternatif Fikirlerini Gidermesine Yönelik Tartışma.....	292
4.3.1.1.	EİK ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma.....	293
4.3.1.2.	ET ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma..	297
4.3.1.3.	ESİ ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma.....	299
4.3.1.4.	EA ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma.....	300
4.3.1.5.	EK ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma.....	303
4.3.2.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerde Yeni Alternatif Fikirler Geliştirmesine Yönelik Tartışma.....	305
4.3.2.1.	EİK ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma.....	306
4.3.2.2.	ET ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma.....	307
4.3.2.3.	ESİ ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma.....	308
4.3.2.4.	EA ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma.....	308
4.3.2.5.	EK ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma.....	309
4.4.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Üniversite Seviyesinde Uygulanmasına Yönelik Tartışma.....	310
5.	SONUÇLAR.....	314
5.1.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Anlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi.....	314

5.2.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Zihinsel Modeller Üzerindeki Etkisi.....	316
5.3.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Alternatif Fikirler Üzerindeki Etkisi.....	316
5.4.	Tasarlanan Öğrenme Ortamının Üniversite Seviyesinde Uygulanabilirliği.....	317
6.	ÖNERİLER.....	319
6.1.	Araştırmanın Sonuçlarına Dayalı Olarak Yapılan Öneriler.....	319
6.2.	Araştırmacının Deneyimleri ve Diğer Araştırmacılara Önerileri....	321
7.	KAYNAKLAR.....	323
8.	EKLER (CD)	344
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Enerji Konusunda Model Tabanlı Öğrenme Yaklaşımına Göre Tasarlanan Öğrenme Ortamlarının Zihinsel Model Gelişimine Etkisi

Enerji kavramı öğretimi ve öğrenimi güç bir kavram olarak dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın amacı Üniversite Temel Fizik dersi konuları arasında yer alan enerji konusuna yönelik olarak Model Tabanlı Öğrenme yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamı tasarlama, uygulama ve bu ortamın öğrencilerin alternatif fikirlerini gidermesi, eksik bilgilerini tamamlaması ve bu konudaki zihinsel modellerini geliştirmesi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Çalışma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamı ‘Model Tabanlı Öğrenme’ yaklaşımının öğretim modellerinden biri olan Model Tabanlı Öğretim Modeline (Model of Model Based Instruction –MOMBI-) dayanmaktadır.

Çalışmada araştırma yöntemi olarak Didaktiksel Mühendislik yöntemi kullanılmıştır. Karadeniz Teknik Üniversitesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Matematik Öğretmenliği Programında Temel Fizik I dersi alan 68 öğrenci araştırmanın çalışma grubunu oluşturmaktadır. Tasarlanan öğrenme ortamının etkilerini değerlendirmek amacıyla uzman görüşleri doğrultusunda 23 açık uçlu sorudan oluşan bir başarı sınavı geliştirilmiş ve öğretim süreci öncesi ve sonrası uygulanarak çalışmanın verileri toplanmıştır. Elde edilen veriler mülakatlar ve gözlemlerle desteklenmiştir. Öğrenme ortamının etkililiği, ön ve son başarı sınavları analizinden elde edilen bulguların karşılaştırmasıyla tespit edilmiştir.

Elde edilen verilerin analizi, tasarlanan öğrenme ortamının çalışma grubunun alternatif fikirlerini giderme, anlama seviyelerini artırma ve bu konudaki zihinsel modellerini geliştirmede olumlu etkilerinin olduğunu göstermiştir. Bulgulardan hareketle, MOMBI öğretim modeli temelinde yapılandırılan öğrenme ortamının çalışma grubunun enerji konusuyla ilgili algılamalarını geliştirmede etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu anlamda, tasarlanan öğrenme ortamının enerji konusunun öğretimi sürecinde kullanılması, çalışma kapsamında ulaşılan sonuçların farklı çalışmalarla değerlendirilmesi ve çalışmada temel alınan yaklaşımların farklı konulara uygulanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Zihinsel Modeller, Model Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı, MOMBI, Didaktiksel Mühendislik

ABSTRACT

The Effect of Learning Environments Based on Model-Based Learning Approach to Mental Model Development about Energy Subject

The aim of this study was to design and apply a learning environment based on model-based learning approach for teaching of energy subject in the introductory physics course, and to evaluate its effectiveness on students' mental model development and replacing students' alternative ideas with scientific ones. In this manner, the learning environment was designed and applied based on Model of Model Based Instruction –MOMBI- model.

In the study, didactic engineering research method was used. The study was carried out with the participation of 68 university students attending to the introductory physics I course in the Faculty of Education at the Karadeniz Technical University. To investigate effectiveness of the designed learning environment, a test including 23 open ended questions has been developed, and applied as pre and post test. The obtained data was supported with semi-structured interviews and observations. Effectiveness of the learning environment was determined by comparing the findings from the analysis of pre and post test.

Findings showed that the learning environment had positive effects on removing alternative ideas, increasing understanding levels and improving mental models. Based on the findings, it has been found that the learning environment based on MOMBI model was effective on improving students' perceptions. In this manner, using the learning environment in the process of teaching energy subject, using the results of this study in different studies, and researching the effectiveness of approaches used in this study for various concepts were suggested.

Key Concepts: Energy, Mental Models, Model-Based Learning Approach, MOMBI, Didactical Engineering

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.	Model tabanlı öğrenme sürecinin aşamaları.....	24
Tablo 2.	Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmaların metodolojileri.....	40
Tablo 3.	Öğrenci algılamalarını irdeleyen çalışmaların veri toplama ve analiz yöntemleri.....	41
Tablo 4.	Öğrenci algılamalarıyla ilgili çalışmaların veri toplama teknikleri ile araştırma yaklaşımlarının karşılaştırılması.....	43
Tablo 5.	Öğrenci algılamalarıyla ilgili çalışmaların araştırma yöntemleri ve analiz yaklaşımlarının karşılaştırılması.....	48
Tablo 6.	Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmalarda elde edilen önemli bulgular.....	50
Tablo 7.	Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmalarda elde edilen önemli sonuçlar.....	55
Tablo 8.	Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmalarda elde edilen önemli veriler.....	58
Tablo 9.	Enerji kavramı ile ilgili öğretim çalışmaları.....	62
Tablo 10.	Enerji kavramının öğretimi için yapılan çalışmaların gerekçeleri ve frekansı.....	65
Tablo 11.	Enerji kavramının öğretimi için yapılan çalışmalarının metotları.....	67
Tablo 12.	Enerji öğretimi çalışmalarının veri toplama metotları.....	68
Tablo 13.	Enerji öğretimi çalışmalarının temel bulguları.....	71
Tablo 14.	Araştırmada yapılan çalışmalar, çalışma grubu ve uygulama zamanı.....	79
Tablo 15.	Materyalin temel kabulleri.....	81
Tablo 16.	Yapısal temel ölçeği için uzman değerlendirmeleri.....	84
Tablo 17.	A bölümü içerik sunum ölçeği için uzman değerlendirmeleri.....	85
Tablo 18.	B bölümü içerik sunum ölçeği için uzman değerlendirmeleri.....	86
Tablo 19.	C bölümü içerik sunum ölçeği için uzman değerlendirmeleri.....	86
Tablo 20.	Materyalin bölüm ve konu alanları.....	89
Tablo 21.	Materyalin uygulanma organizasyonu.....	90
Tablo 22.	Başarı sınavı soruları için uzman değerlendirmeleri.....	95

Tablo 23.	Araştırma kapsamında geliştirilen başarı sınavı soruların özellikleri.....	96
Tablo 24.	Mülakat soruları için uzman değerlendirmeleri.....	98
Tablo 25.	Araştırma kapsamında geliştirilen mülakat soruların özellikleri.....	99
Tablo 26.	Bazı çalışmalarda kullanılan anlama seviyeleri.....	101
Tablo 27.	Başarı sınavı cevaplarını sınıflamada kullanılan anlama seviyeleri...	102
Tablo 28.	Alt konu alanlarını sınıflamada kullanılan anlama seviyeleri.....	103
Tablo 29.	Zihinsel model türleri ve özellikleri.....	105
Tablo 30.	Zihinsel model belirleme ölçeği.....	106
Tablo 31.	Öğrencilerin EİK teorik anlama cevaplarının nitelikleri.....	111
Tablo 32.	EİK teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	112
Tablo 33.	Öğrencilerin EİK için teorik anlama seviyeleri.....	114
Tablo 34.	Öğrencilerin EİK teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	115
Tablo 35.	Öğrencilerin EİK pratik anlama cevaplarının nitelikleri.....	116
Tablo 36.	EİK pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	118
Tablo 37.	Öğrencilerin EİK için pratik anlama seviyeleri.....	119
Tablo 38.	Öğrencilerin EİK pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	120
Tablo 39.	Öğrencilerin ET teorik anlama cevaplarının nitelikleri.....	123
Tablo 40.	Öğrenciler tarafından belirtilen enerji çeşitleri.....	124
Tablo 41.	ET teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	125
Tablo 42.	Öğrencilerin ET için teorik anlama seviyeleri.....	127
Tablo 43.	Öğrencilerin ET teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	128
Tablo 44.	Öğrencilerin ET pratik anlama cevaplarının nitelikleri.....	130
Tablo 45.	ET pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	131
Tablo 46.	Öğrencilerin ET için pratik anlama seviyeleri.....	132
Tablo 47.	Öğrencilerin ET pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	133
Tablo 48.	Öğrencilerin ESİ teorik anlama cevaplarının nitelikleri.....	134
Tablo 49.	Sistemin/cismin durumuna ilişkin öğrenci cevapları.....	135
Tablo 50.	ESİ teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	136
Tablo 51.	Öğrencilerin ESİ için teorik anlama seviyeleri.....	136
Tablo 52.	Öğrencilerin ESİ teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	137
Tablo 53.	Öğrencilerin ESİ pratik anlama cevaplarının nitelikleri.....	138

Tablo 54.	Sistemin/cismin görsellenme durumlarına ilişkin öğrenci yanlış cevapları.....	139
Tablo 55.	Sistemin/cismin enerji değişimini göstermeye ilişkin öğrenci yanlış cevapları.....	140
Tablo 56.	Sistemin/cismin enerji değişimini göstermeye ilişkin öğrenci yanlış cevapları.....	142
Tablo 57.	Öğrencilerin ESİ pratik anlama seviyeleri.....	145
Tablo 58.	Öğrencilerin ESİ pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	145
Tablo 59.	Öğrencilerin EA teorik anlama cevaplarının nitelikleri.....	148
Tablo 60.	EA teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	150
Tablo 61.	Öğrencilerin EA için teorik anlama seviyeleri.....	151
Tablo 62.	Öğrencilerin EA teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	152
Tablo 63.	Öğrencilerin EA pratik anlama cevaplarının nitelikleri.....	154
Tablo 64.	EA pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	155
Tablo 65.	Öğrencilerin EA için pratik anlama seviyeleri.....	156
Tablo 66.	Öğrencilerin EA pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	157
Tablo 67.	Öğrencilerin EK teorik anlama cevaplarının nitelikleri.....	160
Tablo 68.	Sistemin/cismin enerji korunum durumuna ilişkin öğrenci cevapları.....	160
Tablo 69.	EK teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	161
Tablo 70.	Öğrencilerin EK teorik anlama seviyeleri.....	162
Tablo 71.	Öğrencilerin EK teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	163
Tablo 72.	Öğrencilerin EK pratik anlama cevaplarının nitelikleri.....	163
Tablo 73.	EK pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları.....	165
Tablo 74.	Öğrencilerin EK için pratik anlama seviyeleri.....	166
Tablo 75.	Öğrencilerin EK pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları.....	167
Tablo 76.	EİK için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri.....	170
Tablo 77.	EİK için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri.....	170
Tablo 78.	EİK için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması....	171
Tablo 79.	ET için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri.....	172
Tablo 80.	ET için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri.....	172
Tablo 81.	ET için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması....	173
Tablo 82.	ESİ için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri.....	174
Tablo 83.	ESİ için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri.....	174

Tablo 84.	ESİ için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması.....	175
Tablo 85.	EA için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri.....	176
Tablo 86.	EA için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri.....	176
Tablo 87.	EA için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması....	177
Tablo 88.	EK için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri.....	178
Tablo 89.	EK için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri.....	178
Tablo 90.	EK ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması.....	179
Tablo 91.	Enerji konusu için öğrencilerin ön genel zihinsel modelleri.....	180
Tablo 92.	Enerji konusu için öğrencilerin son genel zihinsel modelleri.....	180
Tablo 93.	Klinik mülakatların 1. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji kavramıyla ilgili verilen cevaplar.....	189
Tablo 94.	Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında güç kavramıyla ilgili verilen cevaplar.....	192
Tablo 95.	Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında iş kavramıyla ilgili verilen cevaplar.....	194
Tablo 96.	Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında ısı kavramıyla ilgili verilen cevaplar.....	196
Tablo 97.	Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında kuvvet kavramıyla ilgili verilen cevaplar.....	197
Tablo 98.	Klinik mülakatların 5. sorusu ve alt soruları kapsamında iş ve güç kavramlarıyla ilgili verilen cevaplar.....	199
Tablo 99.	Klinik mülakatların 6. sorusu ve alt soruları kapsamında iş ve güç kavramlarıyla ilgili verilen cevaplar.....	202
Tablo 100.	Klinik mülakatların 1. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji türleriyle ilgili verilen cevaplar.....	204
Tablo 101.	Klinik mülakatların 2. sorusu kapsamında enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar.....	208
Tablo 102.	Klinik mülakatların 3. sorusu kapsamında enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar.....	209
Tablo 103.	Klinik mülakatların 4. sorusu kapsamında enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar.....	212
Tablo 104.	Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında herhangi bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar.....	214
Tablo 105.	Klinik mülakatların 3. sorusu kapsamında yerçekimi potansiyel enerjisinin ve toplam enerjinin yükseklikle değişim grafikleri için verilen cevaplar.....	215

Tablo 106.	Klinik mülakatların 4. sorusu kapsamındaki grafiklerin hangi enerji çeşidine ait olduğunun belirlenmesiyle ilgili verilen cevaplar.....	219
Tablo 107.	Klinik mülakatların 4. sorusu kapsamındaki enerji çeşitlerinin değerini hesaplamayla ilgili verilen cevaplar.....	223
Tablo 108.	Klinik mülakatların 1. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji aktarımıyla ilgili verilen cevaplar.....	226
Tablo 109.	Klinik mülakatların 2. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji aktarımıyla ilgili verilen cevaplar.....	233
Tablo 110.	Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında enerji korunumuyla ilgili verilen cevaplar.....	239
Tablo 111.	Klinik mülakatların 3. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji aktarımıyla ilgili verilen cevaplar.....	242
Tablo 112.	A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 1. ders gözleminden elde edilen bulgular.....	248
Tablo 113.	B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 1. ders gözleminden elde edilen bulgular.....	249
Tablo 114.	A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 2. ders gözleminden elde edilen bulgular.....	250
Tablo 115.	B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 2. ders gözleminden elde edilen bulgular.....	250
Tablo 116.	A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 3. ders gözleminden elde edilen bulgular.....	252
Tablo 117.	B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 3. ders gözleminden elde edilen bulgular.....	252
Tablo 118.	A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 4 ve 5. ders gözlemlerinden elde edilen bulgular.....	253
Tablo 119.	B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 4 ve 5. ders gözlemlerinden elde edilen bulgular.....	254

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sekil Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Modele ait temel özellikler.....	13
Şekil 2.	Gerçek olgu/süreçler, bilimsel bilgi ve kişisel bilgi arasındaki ilişki...	18
Şekil 3.	Buckley vd. (2002) göre MTÖ temelinde öğretim süreci aşamaları....	23
Şekil 4.	MOMBI'nin temelleri.....	26
Şekil 5.	Numaralandırmayı anlamaya çalışan bir öğrenci için içsel ve dışsal sunum arasındaki ilişki.....	27
Şekil 6.	Bir problem durumu için çoklu sunum örneği.....	29
Şekil 7.	Finegold ve Trumper (1989) ve Trumper (1993; 1997a; 1997b) tarafından çalışmalarda kullanılan gerçek durumlara örnekler.....	44
Şekil 8.	Duit (1984) tarafından veri toplama sürecinde kullanılan resim.....	45
Şekil 9.	Değişimin sebebini belirlemek için enerjiyi modelleme görevi.....	46
Şekil 10.	Numaralandırılmış yerlerdeki enerji dönüşümlerini belirleme.....	46
Şekil 11.	Eğik düzlemde hareket eden cisim.....	47
Şekil 12.	Tsagliotis tarafından kullanılan ıslak kum üzerine düşen top etkiliği..	64
Şekil 13.	Trumper tarafından kullanılan örnek resim.....	69
Şekil 14.	Değişimin sebebini belirlemek için enerjiyi modelleme görevi.....	69
Şekil 15.	Araştırma akış şeması.....	74
Şekil 16.	Didaktiksel mühendislik araştırma yöntemi halkası.....	76
Şekil 17.	Araştırmanın genel yapısı.....	78
Şekil 18.	Materyal geliştirilme sürecinde izlenen adımlar.....	80
Şekil 19.	Materyalinin genel içeriğini gösterir diyagram.....	88
Şekil 20.	Enerji kavramının bu çalışma kapsamında incelenen boyutları.....	94
Şekil 21.	Enerji kavramına ilişkin genel zihinsel modelleri belirleme grafiği örneği.....	107
Şekil 22.	Son genel zihinsel modeli farklı nitelikte yerleşik model olarak değişen öğrenciler.....	181
Şekil 23.	Son genel zihinsel modeli farklı nitelikte ağırlıklı model olarak değişen öğrenciler.....	182
Şekil 24.	Son genel zihinsel modeli dağınık model olarak değişim gösteren öğrenciler.....	183

Şekil 25.	Son zihinsel modeli bilimsel nitelikli yerleşik model olarak değişen öğrenci.....	185
Şekil 26.	Son zihinsel modeli farklı nitelikte ağırlıklı model olarak değişen öğrenciler.....	185
Şekil 27.	Son genel zihinsel modeli dağınık model olarak değişim gösteren öğrenciler.....	186
Şekil 28.	Son genel zihinsel modeli dağınık model olarak değişim gösteren öğrenciler.....	187
Şekil 29.	Ön ve son genel zihinsel modeli dağınık model olan öğrenci.....	187

SEMBOLLER DİZİNİ

MTÖ	Model Tabanlı Öğrenme
MOMBI	Model Tabanlı Öğretimin Modeli (Model of Model Based Instruction)
EİK	Enerji ve İlişkili Kavramlar
ET	Enerji Türleri
ESİ	Enerji Sistem İlişkisi
EA	Enerji Aktarımı
EK	Enerji Korunumu
KHDS	Kısmen Hayır Değerlendirme Sebebi
AY	Anlama Yok
KA	Karmaşık Anlama
TA	Tamamlanmamış Anlama
TeA	Temel Anlama
KBA	Kısmen Bilimsel Anlama
BA	Bilimsel Anlama
BiM	Bilimsel Model
BM	Baskın Model
GM	Geçiş Model
TeM	Temel Model
TM	Teorik Model
PM	Pratik Model
İM	İlkel Model
UM	Uyumsuz Model
DM	Dağınık Model
UNYM	Uyumsuz Nitelikli Yerleşik Model
İNYM	İlkel Nitelikli Yerleşik Model
TNYM	Teorik Nitelikli Yerleşik Model
GNYM	Geçiş Nitelikli Yerleşik Model
BiNYM	Bilimsel Nitelikli Yerleşik Model
İNAM	İlkel Nitelikli Ağırlıklı Model

TeNAM	Temel Nitelikli Ağırlıklı Model
GNAM	Geçiş Nitelikli Ağırlıklı Model
BiNAM	Bilimsel Nitelikli Ağırlıklı Model
TNAM	Teorik Nitelikli Ağırlıklı Model
UNAM	Uyumsuz Nitelikli Ağırlıklı Model
ÖKM	Ön Klinik Mülakat
SKM	Son Klinik Mülakat

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Son yüzyılda gerçekleştirilen bilimsel çalışmaların günümüzdeki ürünleri baş döndürücü boyutlara ulaşmış, bu süreçte gerçekleştirilen değişim ve gelişimin etkileri de nitelikli insan tanımlamasındaki beklentileri değiştirmiştir. Nitelikli insan tanımlamasındaki değişime paralel olarak beklentileri karşılamak üzere eğitim alanında gerçekleştirilen çalışmaların her geçen gün artarak çoğaldığı bir gerçektir. Çepni vd. (1997) göre Sputnik aracının Ruslar tarafından fırlatılması olayı, ülkeleri nitelikli bireyler yetiştirmek üzere öğretim programlarını yeni ve çağdaş programlarla değiştirmeye zorlaması nedeniyle, bu süreçteki dönüm noktası olarak kabul edilebilir.

Bilimsel çalışmaların ürünlerinin ortaya koyduğu değişim ve gelişimin sonucu olarak ortaya çıkan ve uygulamaları veya etkileri ülkemizdeki programlarda da görülen PSSC, ACS, BSCS, NSES, AAAS-Proje 2061, SLIP, ROSE, STEMS, ONEC gibi çalışmalar, ülkelerin ortaya koyduğu gayretleri özetler niteliktedir. McDermott'a (1993) göre, bu sürecin temelinde araştırmacıların öğretilen ile öğrenilen bilgi arasında derin farklılıkların olduğunu fark etmesi yatmaktadır. Bu nedenle, gerçekleştirilen sistematik çalışmalar sonucunda yeni bir entelektüel topluluk (alan eğitimcileri) ve araştırma alanı (alan eğitimi) ortaya çıkmıştır (McDermott, 1993; McDermott ve Redish, 1999; Zou, 2000). Fizikçiler de bu süreçte yerlerini alarak 21. yüzyıl fiziğinde nelerin/nasıl öğretilmesi gerektiği veya öğrenilebileceği üzerine çalışmalar ortaya koymuşlardır. Bu çerçevede geliştirilen programların konu tabanlı olmaktan ziyade kavram temelli olarak hazırlandığı ve bu anlayışın özellikle 1980 yıllardan itibaren yoğunlaştığı dikkat çekmektedir (Çepni vd., 1997; Odell, 1997; Gürdal vd., 1999; MEB, 2004; 2007). Bu durumun etkenleri olarak ise bilgi birikiminin hızla artması ve bu birikimin tümünün öğretiminin zorluğu olduğu söylenebilir (Çalık, 2006; MEB, 2007; Demircioğlu, 2008). Ayrıca öğrencilerin sınıflara, öğrenecekleri kavramlara ilişkin ön bilgilere sahip olarak gelmesinin de bu süreçteki yeri açıktır (Osborne ve Freyberg, 1985; Howe ve Jones, 1998; Güneş ve Taşar, 2006).

Yapılan pek çok çalışmada öğrencilerin kendi zihinsel yapılarını, öğrenme sürecine, öğretmenler tarafından yazılmayı bekleyen boş bir sayfa gibi getirmedikleri gerçeği ortaya konmuştur (Howe ve Jones, 1998; Laçın Şimşek ve Tezcan, 2008). Diğer bir ifadeyle,

öğrenciler öğrenme sürecine ön yaşantıları ile oluşturdukları zihinsel yapılarla gelmekte ve öğrenmelerini bu yapılar üzerine inşa etmektedirler (Osborne ve Freyberg, 1985; Özmen, 2004; Karamustafaoğlu vd., 2005; Kurnaz ve Çalık, 2008; Kurnaz 2009). Öğrenciler için öğrenme süreci değişen koşullara bağlı bireysel bir süreç olarak ifade edilebilir (Strike ve Posner, 1982; Laçın Şimşek ve Tezcan, 2008). Bu süreçte bireylerin farklı ön yaşantılara sahip olacağı gerçeği göz önüne alındığında ise öğrencilere bağlı özgünlüklerin ortaya çıkacağı açıktır (Solomon, 1992; Tytler, 2002).

Öğrencilerin öğretim öncesi bilgileri, onların kendi yaşam deneyimlerini, ön bilgilerini, becerilerini, tutum ve inançlarını içermesi nedeniyle kendine has bir yapıya sahiptir. Öğretim süreci sonunda beklenen ise öğrenciye özgü bu bireysel durumların bilimsel toplumun gereği ile örtüşecek şekilde yapılandırılmasıdır. Ancak kavram yapılandırma sürecinde öğrencilerin bilimsel topluluğun ortaya koyduğu tanımlamalardan farklı bir yapılandırma gerçekleştirebileceği belirtilmektedir (Hand ve Treagust, 1988; Haidar ve Abraham, 1991; Benson vd., 1993; Çalık ve Ayas, 2005). Farklı yaşantı veya algılamalara dayalı olarak ortaya çıkabilecek bu yapılandırmalar ilgili literatürde (detayda farklı anlamlar taşımakla birlikte) ‘kavram yanılgıları’, ‘ön kavramlar’, ‘yanlış anlamalar’, ‘alternatif yapılar’, ‘çocukların bilimi’, ‘alternatif kavramlar’ (Nakhleh, 1992; Nicoll, 2001; Petersson, 2002; Başer ve Çataloğlu, 2005; Rowlands vd., 2007) gibi isimler ile anılmaktadırlar. Hangi isim altında değerlendirilirse değerlendirilsinler, öğrencilerin bu fikirleri onlar için uygun açıklamalar olup geleneksel öğretim yaklaşımları ile giderilmesi zor olabilmektedir (Solomon, 1992; Rebich ve Gautier, 2005; Taştan vd., 2008). Bazı kavramların soyutluğu ve karmaşıklığı ve günlük yaşamdaki kullanımın bilimsel anlamdaki kullanıma benzerliği veya farklılığı da göz önüne alındığında, öğrenciler için kavramsal öğrenmenin zor olabileceği açıktır. Bu nedenle, öğrencilerin öğretim öncesi bilgilerini, öğretim süreci sonunda arzu edilen noktaya taşımak için kavramsal değişim stratejilerinden yararlanılmakta ve bu konu üzerine alternatif araştırmalar dikkat çekmektedir (Strike ve Posner, 1982; Solomon, 1992; Trumper, 1997; Talib vd., 2005; Başer, 2006a; 2006b; Çalık, 2006; Çalık vd., 2006; Başer ve Geban, 2007; Demircioğlu, 2008; Taştan vd., 2008; Kurnaz, 2009). Özellikle, son 30 yılda bu çerçevede yürütülen çalışmaların iki ekseninde gerçekleştirildiği dikkat çekmektedir: (I) öğrencilerin alternatif kavramları ve (II) kavramsal değişim (Kurnaz ve Çalık, 2008; Çalık vd., 2009).

Günlük yaşam konuları ile iç içe olan fizik kavramlarının öğrenciler tarafından nasıl algılandığına yönelik pek çok çalışma gerçekleştirilmekte ve belirlenen yanılgıların

giderilmesine yönelik kavramsal öğrenmeyi temel alan çalışmalar yürütülmektedir (Kruger, 1990; Carey, 2000; Liu, 2002; Hırça, 2004; Köse vd., 2006; Küçük vd., 2005; Talib vd., 2005; İpek ve Çalık, 2008). Bu anlamda benzer nitelikte çalışmalara sıklıkla rastlanmasına karşın bazı çalışmalarda da kavramsal öğrenmeyi geliştirmek için kullanılan stratejilerin olumsuzlukları ön plana çıkarılmaktadır (bkz. Wiser vd., 1988; Çalık, 2006; Dole, 2000; Huddle vd., 2000). Bazı araştırmacılar çalışma yaprakları, kavramsal değişim metinleri, analogi kullanımı gibi stratejilerin sıkça kullanımının öğrencileri sıkabileceği ve bu durumun kalıcı öğrenmeyi engelleyebileceğini vurgulamaktadır (Çalık, 2006; Dole, 2000; Huddle vd., 2000). Bu nedenle, bazı çalışmalarda birkaç stratejinin birlikte kullanımının daha etkili sonuçlar vereceğinin/verdiğinin vurgulanması dikkat çekmektedir (örn. Çalık, 2006; İpek ve Çalık, 2008; Kurnaz ve Çalık, 2008; Kurnaz, 2009).

Öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini gerçekleştirmede kullanılan bir diğer strateji çoklu sunum kullanımudur (Zou, 2000; Huevelen ve Zou, 2001; Ainsworth vd., 2002; Mutimucio, 2003; Çıkla, 2004; van der Meij, 2007). Çoklu sunumların öğretim sürecinde kullanılmasının öğrenme üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda uygun sunumlarla etkileşimin öğrencilerin performanslarını arttığı belirtilmektedir (Larkin, 1985; Çıkla, 2004; Ainsworth, 2006). Yapılan çalışmalar (iyi tasarlanmış) iki sunumun bir sunumdan daha etkili olduğunu ortaya koymuştur (Bransford ve Schwartz, 1999; Ainsworth, 2006). Nersessian'e (1995) göre örneğin Maxwell, kendi adıyla bilinen denklemlerini matematiksel ve fiziksel açıklamalar çerçevesinde bir modeller serisini yapılandırarak geliştirmiştir. Bu süreçte ise Maxwell eşitlikler, dilsel ve diyagramsal sunumlar gibi birden fazla bilgi alanından yararlanmıştır. Nersessian'e göre Maxwell'in mantık yürütme sürecinde eşitlikler, dilsel ve diyagramsal sunumlar gibi birden fazla bilgi alanını kullanmasının önemli bir yeri vardır. O halde farklı sunumlardan yararlanarak öğretimin öğrencilerin bilim insanları gibi düşünmesine ve onların problem çözme pratiklerini daha kolay algılamasına katkı da bulunacağı açıktır. Bu durumla ilgili olarak öğrencilerin ön edinimlerinin onların zihinsel modelleri olduğu ve çoklu sunumların öğrencilerin zihinsel yapılandırmalarının yardımcısı olduğu vurgulanmaktadır (Devi vd., 1996; Hestenes, 2006). Bu nedenle anlamlı bir zihinsel yapılandırma için daha fazla sayıda sunumun daha etkili olacağı açıktır (McKendree vd., 2002; Ainsworth, 2006). Bu görüş son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda kendini "Çoklu Sunum" [Multiple (External) Representations] olarak göstermiştir. Burada temel nokta, öğrenme sürecinde zihinsel yapılandırmaya etki eden dışsal sunumların çeşitliliğini artırarak öğrencilere zengin

sunumlarla hitap edebilmektir. Kavramsal değişim sürecinde bilinçli yapılandırılmış dışsal desteklemelere ihtiyaç olduğu (Lappi, 2007) dūřuncesi gōz önüne alındığında çoklu sunumların bu süreçteki etkinliği netleşmektedir.

Çoklu sunum yöntemleriyle bilginin sunumu kalıcı öğrenmenin gerçekleşmesinde önemli avantajlar sunmaktadır (White, 1993). Schnotz (2002) ve Schnotz ve Bannert (2003) göre çoklu sunumlar, zihinsel yapılandırılmaya katkıda bulunarak bilginin haritalanmasına yardımcı olurlar. Onlara göre sunumların rolü, zihinde bütünleşik bir yapı oluşturaktan ziyade birbirini tamamlayıcı yapılar oluşturmaktadır. Ayrıca oklu sunumlar, öğrencilerin anlamalarını artırmada etkili olduğu kadar onların performanslarını artırmada da etkilidir (Scaife ve Rogers, 1996; Goldman, 2003; Ainsworth, 2006). Öğrencilerin, bilginin bir formdan başka bir forma transferini (örneğin tablolardan grafiklere, eşitliklerden diyagramlara ya da sözcüklere) gerektirmesi nedeniyle fiziği zor bir ders olarak tanımlamaları (Redish, 1994) ve çoklu sunum yaklaşımlarının öğrenciler için bu süreci kolaylaştırma potansiyeli gōz önüne alındığında çoklu sunumun etkinliği daha iyi anlaşılacaktır. Bu çerçevede Zou (2000), Huevelen ve Zou (2001), Ainsworth vd. (2002), Mutimuciuo (2003), van der Meij (2007) gibi araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen uygulamalı çalışmaların ortak bulgusunun, çoklu sunum yaklaşımının, öğrencilerin öğrenmesinde ve ilgisini çekmesinde etkin bir strateji olduğunu göstermesi örnek olarak verilebilir.

Anlamalı kavram öğrenime ilişkin ön plana çıkarılan bir diğer yaklaşımsa disiplinlerarası ilişkilendirme stratejisidir (Wicklein ve Schell, 1995; Yıldırım, 1996; Gürdal vd., 1999; Aybek, 2001; Yarden ve Esterman, 2008). Disiplinlerarası sunum stratejisinde temel yaklaşım, kavramı ilişkili olduğu konu çerçevesinde sunarken kalıcı öğrenmeyi sağlamak için farklı ancak ilgili konu alanlarının içeriğinde de kavramın işlevini ortaya koymaktır (Gürdal vd., 1999; Aydın ve Balım, 2005). Dięer bir ifade ile disiplinler öğretimi çerçevesinde ilişkili konu alanları tamamlanmaktadır (Yıldırım, 1996). Disiplinlerarası yaklaşıma ihtiyaç duyulmasının temel gerekçeleri řu şekilde ifade edilebilir (Wicklein ve Schell, 1995; Yıldırım, 1996; Duman ve Aybek, 2003): (I) günlük yaşamda karşılaşılan problemlerin sıklıkla birden fazla disiplinle ilişkili olması, (II) bilginin disiplinlerarası gelişen kimliğinin öğrencilerce de algılanılmasının amaçlanması, (III) ok yönlü dūřünme becerisi gösterebilen bireylere ihtiyaç olması. Disiplinlerarası yaklaşımın temel gerekçeleri bir arada dūřünüldüęünde aslında öğrencilerin bilgiyi transfer edebilmesine yönelik zemin hazırladığı söylenebilir. Bu zeminin öğrencilere sunulan bilginin gerekliliğine inandırma

yani öğrenmeye ihtiyaç hissettirme ile ilişkili olduğunu düşünmek doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu noktada disiplinlerarası öğretimden kasıt, öğrencilere bilginin kullanımına ilişkin ortamların mevcudiyetini hissettirerek öğrenmeye karşı ihtiyaç oluşturma olduğu açıktır. Bazı araştırmacılara göre bu durum özgün ortamların işe koşulması ile daha etkin olacaktır (Yıldırım, 1996; Duman ve Aybek, 2003; Beasley, 2004; Kruatong, 2007). Yani, disiplinler bir öğretim ortamı tasarlanırken gerektiğinde farklı ve ilgili disiplinlerle tamamlamaya dayalı bir yaklaşım kalıcı öğrenmelere zemin oluşturulabilir.

Özetle, kavram öğretiminde son yıllarda analogiler, çalışma yaprakları, kavramsal değişim metinleri kullanımı gibi stratejilerin yanı sıra çoklu sunum ve disiplinlerarası sunum stratejilerinin de kullanıldığı söylenebilir. Nitekim ülkemizde 2004 yılı itibari ile ilköğretim okullarında uygulamaya başlatılan Fen ve Teknoloji, 2008 yılı itibari ile de ortaöğretim okullarında uygulamaya başlatılan Fizik dersi öğretim programlarında kavram temelli bir yaklaşımın olması, öğrencilerin önbilgilerinin dikkate alınması gerektiğine yönelik vurgulamalar yapılması, kavramlar için disiplinlerarası ilişkilendirmelere gidilmesi dikkat çekmektedir (Güneş ve Taşar, 2006). Bu durum, üniversiteye gelinceye kadar görecekleri öğretim sürecinde, öğrenciler için bir kavramın öğrenimine ilişkin uygun zeminlerin oluşturulacağına göstergesi olarak düşünülebilir. Diğer taraftan, her 30 üniversite 1. sınıf fizik öğrencisinden sadece bir veya birkaçının konusunda kendisini tam anlamıyla geliştirebildiği (McDermott, 1993), kavram öğreniminin beklenen düzeylerde gerçekleşmediği (Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2011) ve fiziğin anlaşılması oldukça zor kavramlardan oluştuğu düşüncesinin fizik öğrencileri tarafından da belirtilmesi (Redish, 1994; Odell, 2005; Ahtee ve Johnston, 2006; Örnek vd., 2008) gerçekleri göz önüne alındığında, üniversite düzeyinde de öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini geliştirici nitelikte çalışmaların yapılması kaçınılmazdır. Özellikle yukarıda özetlenen stratejileri kapsayacak çok yönlü bir yaklaşımın geliştirilmesi ve uygulanmasını esas alan bir çalışmaya ihtiyaç olduğu açıktır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında son yıllarda öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirme konusundaki etkililiğine dair yapılan vurgulamalar nedeniyle (bkz. Gobert ve Buckley, 2000; Buckley vd., 2002, Hanke, 2008, Hanke ve Huber, 2010) yukarıda belirtilen stratejileri kapsayacak şekilde Model Tabanlı Öğrenme (MTÖ) yaklaşımının dikkate alınmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

1.2. Problem Durumu

Fizik, inceleme alanı gereği, gerçek hayatla iç içe yoğrulmuş pek çok kavramı içerdiği gibi farklı disiplinlerde temel olarak kabul edilen kavramları da içermektedir. Enerji, güç, kuvvet, hareket, ısı, sıcaklık, ışık, ses vb. bu kavramlara örnek olarak verilebilir. Bu kavramlar arasında pek çok disiplinde temel bir yeri olması, güncel hayatta sıklıkla kullanılması, aileler, şirketler, ülkeler için ekonomik bir değeri olması vb. nedenlerinden dolayı, fizik öğretiminde, enerji kavramının özel bir yerinin olduğu açıktır. Nitekim bir fizik öğrencisi için ilköğretim sınıflarından üniversite son sınıfa kadar olan sürecin tamamında enerji ile ilgili doğrudan veya dolaylı konuların yer alması bu durumun somut göstergesidir.

İlköğretim yıllarında ışığın, sesin ve elektriğin bir enerji çeşidi olduğunun tanımlanması ile başlayan ve üniversite düzeyine kadar devam etmekte olan enerji kavramını öğretim süreci, makro düzeyde iş kavramı mikro düzeyde ısı kavramı ile ilişkilendirmeler yapılarak enerjinin dönüşümü temelinde ele alınmaktadır. Ayrıca, güncel hayattan ilişkilendirmeler yapılarak, enerji dönüşümünde enerjinin sayısal olarak korunduğu ve enerji kaynakları sunulmaktadır. Enerji öğretimi için kurgulanan bu temel çerçeveye rağmen öğrencilerin, üniversiteye güçlü ve kökleşmiş alternatif fikirlerle geldiği dikkat çekmektedir (Konuk ve Kılıç, 1998; Thornton, 1999; Köse vd., 2006; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2011).

Alternatif fikirlerle üniversiteye gelen öğrencilerin bu algılamalarını bilimsel tanımlamalara dönüştürmek için öğretim elemanlarının yeterli alan eğitimi bilgisine sahip olması gerektiği açıktır. Alan eğitimi bilgisine sahip olmayan öğretim üyelerinin, kullanabilecekleri etkin materyallerin olmaması sebebiyle, genellikle kendi deneyimlerinden hareketle geliştirdikleri metotları kullandıkları dikkat çekmektedir (Thornton, 1999; Demircioğlu, 2008). Çoğunlukla geleneksel öğretim modellerine dayanan bu yaklaşımların, öğrencilerin öğrenmelerini, arzulanan seviyeye çıkarmada yeterli olmadığı ise ilgili literatürde vurgulanmaktadır (Osborne ve Freyberg, 1985; Redish, 1994; Trumper, 1998; Thornton, 1999). Nitekim üniversite birinci sınıf öğrencilerinin Temel Fizik I dersi adı altında almış oldukları öğretim faaliyetlerine rağmen enerji kavramına ilişkin bilimsel olmayan alternatif fikirlere sahip olmaları bu görüşü desteklemektedir (Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009, 2011; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009, 2011). Diğer yandan bazı çalışmalarda, üniversitede temel ders olarak nitelendirilen Temel Fizik I dersinin öğrencileri üst sınıflarda görecekları kavramlarla ilintili olarak yetiştirmede

yetersiz kaldığı da ön plana çıkarılmaktadır (Meltzer, 2004). Bu durum, ortaöğretimden alternatif fikirlerle gelen öğrencilerin algılamalarını, bilimsel anlamda değiştirmede kullanılabilir olmasının yanısıra ileriki dersler için zemin hazırlayıcı nitelikte materyallere ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

Temel Fizik I dersi, üniversite öğrencilerine göre, anlaşılması kolay olmayan kavramlar içermesi nedeniyle zor bir ders olarak tanımlanmaktadır (Odell, 2005; Ahtee ve Johnston, 2006; Örnek vd., 2008). Örnek vd.'ne göre fiziğin niçin zor olduğuyla ilgili olarak öğretim üyeleri ve öğrenciler tarafından öğrencilerin yeterince çalışmamaları ortak sebep olarak gösterilse de öğretim üyeleri ve öğrenciler arasında görüş farklılıkları mevcuttur. Redish'e (1994) göre öğretim üyeleri ve asistanların fiziği öğrenmeleri ve anlamlandırmalarının öğrencilerden farklılık göstermesi sebebiyle, aralarında ortak bir dil bulunmamaktadır. Böylesi durumlarda da öğrencilerin olumsuz tutumlar geliştirdikleri (Jarvis vd., 2005; Ahtee ve Johnston, 2006) ve dersi sadece geçilmesi gereken akademik zorunluluklardan biri haline getirdikleri bilinmektedir (Odell, 2005). Bu tür süreçlerde, öğretilecek kavramın kendi doğasından kaynaklanan zorluklar da başarısızlığı ve olumsuz tutum geliştirmeyi perçinleyebilmektedir (Kruger, 1990). Bu kavramlar arasında önde gelen kavramlardan biri olan enerji kavramının da, disiplinlerarası bir doğaya sahip olmasına karşın (Watts, 1983; Duit, 1984; Jennison ve Reis 1991; Nicholls ve Ogborn, 1993; Liu vd., 2002) temel içeriğinin ne anlama geldiğinin belirgin bir şekilde öğrencilere tanımlanamaması ve sahip olduğu soyut içerik nedenleriyle (Driver ve Warrington, 1985; Arons, 1999; Sefton, 2004; Domenech vd., 2007) öğretim üyeleri ve öğrenciler arasındaki iletişimi kavramsal boyutta zorlaması muhtemeldir. Nitekim pek çok öğretmenin de enerji kavramının öğretiminde zorlandığını belirtmeleri bu düşüncüyü desteklemektedir (Kruger, 1990). Ayrıca, enerji konusunun öğretimiyle ilgili çalışmalarda sıklıkla enerji kavramının öğrencilere nicel bir bakış açısı ile yani kavramsal boyutu ihmal eden bir anlayışla öğretildiği dile getirilmektedir (Tsagliotis, 2005; Papadouris ve Constantinou, 2006). Bu anlamda, örneğin Zou (2000), enerji korunumunun öğretimi sürecinde nitel yaklaşımla sunumunun neredeyse tamamen ihmal edildiğini vurgulamaktadır. Tek boyutlu yani formüllere dayanan öğretim anlayışının öğrencileri ezbere sürükleyerek, enerji kavramının içeriğini anlamadan, ezbere dayanan bir yaklaşımla olayları açıklamaya ittiği belirtilmektedir (Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009, 2011; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2011). Anlaşıldığı üzere, enerji kavramının öğretimi sürecinde, öğretim üyesiyle öğrenci

arasındaki iletişimi kolaylaştıracak, anlamlı öğrenmeyi farklı açılardan tamamlayacak alternatif yaklaşım ve ilgili materyallere gereksinim vardır.

Günümüze kadar gerçekleştirilen çalışmalarda enerji kavramının nasıl öğretilebileceğine dair alternatif stratejilerin önerildiği bilinmektedir. Bu çerçevede, enerji kavramının öğretiminin nasıl olması gerektiğine dair ilgili literatürde önerilen yöntemler Kurnaz ve Çalık (2009) tarafından incelenmiştir. Araştırmacılar ERIC, Springer, EBSCOHOST vb. veri tabanlarında enerji kavramının öğretimi, öğrenimi ve ilgili kavramlara ilişkin toplam 132 çalışmaya ulaşmışlardır. Bu çalışmalar arasında, doğrudan enerji kavramının öğretime yönelik alternatif yöntemler öneren 16 uygulamalı çalışma içerik analizinden geçirilmiştir. Elde edilen bulgular yürütülen çalışmalarda araştırmacılarca farklı öğretim yaklaşımlarının önerildiğini göstermekle beraber bu çalışmaların çoğunlukla ilköğretim ve ortaöğretim seviyesinde gerçekleştirildiğini ortaya koymaktadır. Yükseköğretim seviyesindeki öğrencilerinde enerjinin kavramsal doğasını anlamaya yönelik eksikliklerinin veya problemlerinin olduğu ve bunların öğretim yaklaşımlarından kaynaklanabildiği (Kurnaz, 2007; Sağlam Arslan, 2009; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009, 2010, 2011; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2011) gözönüne alındığında yükseköğretim seviyesinde de farklı öğretim stratejilerine ihtiyaç olduğu açıktır.

Yukarıda çizilen çerçeveler doğrultusunda, üniversite seviyesinde enerji kavramının öğretimi için disiplinlerarası ilişkilendirmeler ile çoklu sunumları içeren MTÖ yaklaşımının etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrı ayrı her birinin etkililiği ilgili literatürde vurgulanan bu yaklaşımların bir arada kullanımını esas alacak bütüncül bir bakış açısının öğrenmeye katacağı değerlerin etkililiğinin araştırılması gerekmektedir.

Bu araştırmanın temel problemi, “Enerji konusunun öğretiminde MTÖ yaklaşımına göre tasarlanacak öğrenme ortamının Temel Fizik I dersi alan öğrencilerin ilgili zihinsel modellerinin gelişimi üzerindeki etkisi nedir?” sorusuna çözümler bulmaktır. Bu probleme çözümler bulabilmek için aşağıdaki alt problemler araştırılacaktır:

1. MTÖ yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin enerji kavramıyla ilgili anlama seviyeleri üzerine ne tür bir etkisi vardır?
2. MTÖ yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin enerji kavramıyla ilgili zihinsel modelleri üzerine ne tür bir etkisi vardır?
3. MTÖ yaklaşıma göre geliştirilen öğrenme ortamının öğrencilerin enerji konusuyla ilgili alternatif fikirlerin giderilmesi üzerine nasıl bir etkisi vardır?

4. MTÖ yaklaşımına göre geliştirilen öğrenme ortamının öğrencilerde enerji konusuyla ilgili yeni (öğretim süreci öncesi görülmeyen) alternatif fikirler oluşması üzerine etkisi nasıldır?
5. MTÖ yaklaşımı üniversite seviyesinde etkili bir şekilde uygulanabilmekte midir? Uygulamalar sırasında karşılaşılan temel sorunlar nelerdir?

1.3. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Üniversite öğrencilerinin fiziği anlaşılması zor kavramlarla dolu bir ders olarak tanımlamaları (Odell, 2005; Redish, 1994; Ahtee ve Johnston, 2006; Örnek vd., 2008) ve bu durumun nedenleri arasında öğreten ile öğrenen arasında fizik kavramlarını anlamlandırmada farklılıkların olduğu vurgulanmaktadır (Redish, 1994). Çoğunlukla bir fizik kavramı olarak tanımlanan oysa disiplinlerarası içeriğe sahip olan enerji kavramının öğretiminin ve öğrenimin zorluğu ilgili literatürde sıklıkla dile getirilmektedir (Warren, 1983; Watts, 1983; Boyes ve Stanisstreet 1990; Trumper, 1998; Domenech vd., 2007). Bu nedenle son 30 yılda enerji kavramının nasıl algılandığı, öğretildiği ve öğretilmesi gerektiğine yönelik çalışmaların yoğun bir şekilde gerçekleştirildiği dikkat çekmektedir (bkz. Warren, 1983; Watts, 1983; Huis ve Berg, 1993; Brook ve Wells, 1988; Kirkwood ve Carr, 1988; 1989; Trumper, 1990a; 1990b; 1991; Gürdal vd., 1998; Heuvelen ve Zou, 2001; Fry vd., 2003; Mutimuciuo, 2003; Aydın ve Balım, 2005; Tsagliotis, 2005; Küçük vd., 2005; Papadouris ve Constantinou, 2006; Ünal Çoban vd., 2007).

Enerji kavramının öğretime yönelik ilgili literatürde yer alan çalışmalar irdelendiğinde, ilk çalışmalarda öğrencilerin alternatif fikirlerini temel alan yaklaşımın önerildiği (Kirkwood ve Carr, 1988; Brook ve Wells, 1988; LISP, 1989; Trumper, 1990a; 1990b; 1991) dikkat çekerken son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda 'Resimsel Sunumlar' (Pictorial Representations) (STTIS) (Stylianidou vd., 2000; Boohan vd., 2000; Fry vd., 2003), 'Çoklu Sunumlar' (Multiple Representations) (Zou, 2000; Huevelen ve Zou, 2001; Mutimuciuo, 2003; van der Meij, 2007) gibi öğrenmeyi tamamlayacak dışsal öğeler üzerinde durulduğu görülmektedir. Ancak her ne kadar geliştirilen alternatif öğretim stratejileri enerjinin kavramsal doğasının öğrenilmesine pozitif katkılar yapsa da güncel çalışmalarda öğrenme güçlüklerinin halen devam ettiğinin vurgulanması (Meltzer, 2004; Küçük vd., 2005; Domenech, 2007; Kurnaz, 2007; Hırça vd., 2008; Sağlam Arslan, 2009; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2011) nedeniyle önerilen öğretim aktivitelerinde yeni

stratejilere ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Nitekim enerji ve ilişkili olduğu kavramların öğretildiği Temel Fizik I dersi içeriğinin üniversite sürecinde işlenecek derslere zemin hazırlaması beklenmesine karşın, öğrencilerin alternatif kavramlarla dersi tamamladıklarının belirtilmesi (Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2011) yukarıdaki düşünceyi desteklemektedir. Enerji ve ilişkili olduğu kavramlarla ilgili alternatif fikirlerle üst sınıf derslerine geçen öğrencilerin ise güçlükler yaşayacağı açıktır. Örneğin Meltzer (2004), öğrencilerin sahip oldukları alternatif fikirlerin termodinamik kavramlarının anlaşılmasında güçlüklerle neden olduğunu belirterek öğrencilerin enerji ve ilişkili olduğu kavramlara yönelik algılamalarını artıracak tedbirlerin alınması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca, enerjinin kavramsal içeriğinin disiplinlerarası bir doğaya sahip olması nedeniyle öğretimin bu zemine oturtulması önerilmektedir (Gürdal vd., 1999; Konuk ve Kılıç, 1999). Ancak ilgili literatürde, özellikle ulusal literatürümüzde, bu sorunu giderecek çalışmalara yeterli oranda rastlanmamaktadır.

Yukarıda belirtilen özel durumlar gözönüne alındığında, bu çalışmanın gerekçeleri öğrencilerin enerji kavramını algılamada zorlanmaları, enerji kavramının öğretimine yönelik alternatif öğretim stratejileri üzerinde yeterince çalışmanın gerçekleştirilmemiş olması, üniversite seviyesinde enerji kavramının öğretimine yönelik alternatif öğretim stratejilerin önerilmemesi, öğrencilerin üst sınıflara ait derslere ilişkin kavramları öğrenirken karşılaşılabilecek zorluklara karşı, enerji ve ilişkili olduğu kavramlara yönelik algılamalarını artıracak tedbirlerin alınmasının gerekliliği ve öğretim üyelerinin geleneksel öğretim yaklaşımı yerine kullanabilecekleri alternatif materyallerin yeterince olmaması şeklinde sıralanabilir.

Enerji kavramı için belirlenen temel gerekçelerde sunulan problemleri ortadan kaldırmaya yönelik olarak gerçekleştirilecek çalışmaların enerji kavramının öğretimi ve öğrenimi sürecine yapacağı katkının önemli olduğu açıktır. Diğer yandan fen öğretiminde MTÖ'nün önemi sıklıkla dile getirilerek pek çok çalışma yapılmış olmasına karşın (Cartier vd., 2001; Devi vd., 1996; Gilbert vd., 2000; Gilbert, 1995; Hestenes, 2006; Tiberghien, 2000) bu alanda ulusal literatürümüzde zengin bir zeminin olmadığı dikkat çekmektedir. Özellikle enerji kavramı bazında çalışmaların olmadığı görülmektedir. Bu anlamda araştırma kapsamında öğrencilerin enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili zihinsel modellerinin geliştirmesinin hedeflenmesi nedeniyle araştırma önemli bir boşluğu doldurma noktasında anlamlıdır. Ayrıca MTÖ sürecinin nasıl yürütülebileceğine ilişkin örnek nitelikte az sayıda çalışma bulunmaktadır (Gobert ve Buckley, 2000; Hanke, 2008; Hanke ve Huber, 2010).

Bu araştırmada MTÖ yaklaşımının benimsenmesi nedeniyle tasarlanacak öğrenme ortamının ve elde edilecek sonuçların aynı zamanda fen öğretiminde farklı kavramların öğretimi için tasarlanabilecek öğrenme ortamlarına rehber niteliğinde olacağı düşünülmektedir.

1.4. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, üniversitede Temel Fizik I dersi konularından biri olan enerji konusuna yönelik olarak MTÖ yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamı tasarlama, uygulama ve öğrencilerin alternatif fikirlerini gidermesi, eksik bilgilerini tamamlaması ve bu konudaki zihinsel modellerini geliştirmesi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Çalışma için tasarlanan öğrenme ortamı belirlenen kazanımlarla (bkz. CD'de Ek-1) sınırlıdır.
2. Araştırma doğrultusunda gerçekleştirilen uygulamalar, KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Matematik Öğretmenliği Programı'nda yürütülmüştür.
3. Zihinsel modeller ön ve son başarı sınavlarından elde edilen verilerden hareketle belirlenmiştir.

1.6. Araştırmanın Varsayımları

Bu araştırmada;

1. Çalışma grubu seçiminin çalışmanın hedefleriyle uyumlu olduğu,
2. Kullanılan veri toplama araçlarının adayların anlama seviyelerini ve zihinsel modellerini tespit edebilecek nitelikte olduğu,
3. Kullanılan veri toplama araçlarının amaca uygunluğu doğrultusunda yapılan pilot uygulama ve alınan uzman görüşlerinin yeterli olduğu,
4. Katılımcıların yöneltilen sorulara samimi olarak cevap verdikleri varsayılmaktadır.

1.7. Konu İle İlgili Literatür

Araştırmanın amacı doğrultusunda yapılan literatür taraması (I) araştırmanın yaklaşımları ve (II) araştırmanın konusu olmak üzere iki alanda gerçekleştirilmiştir. İlgili literatüre yönelik çalışmalar belirtilen sınıflama sırasıyla sunulmuştur.

1.7.1. Araştırmanın Yaklaşımları İçin Literatür Taraması

Araştırmanın amacı doğrultusunda enerji ve ilişkili kavramların öğretimi için MTÖ yaklaşımı temelinde bir öğrenme ortamı tasarlanmıştır. Bu başlık altında çalışmanın amacı doğrultusunda modeller ve zihinsel modeller ile tasarlanan öğrenme ortamının temelini oluşturan MTÖ yaklaşımı ile ilgili literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Ayrıca MTÖ yaklaşımı doğrultusunda bu çalışma kapsamında benimsenen MOMBI öğretim modeline ve çoklu sunum stratejisine dair açıklamalar yapılmıştır. Bu çerçevede ilgili literatür aşağıdaki başlıklar doğrultusunda sunulmuştur.

1. Fizik Öğretiminde Modeller
 - Zihinsel Modeller
2. Model Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı ve Öğretim Modelleri
 - Çoklu Sunum Stratejisi

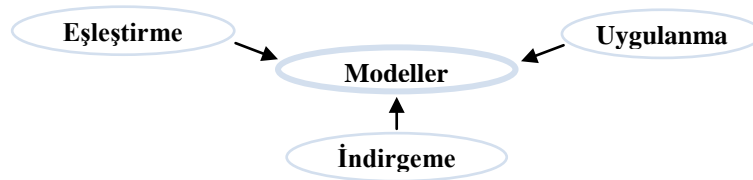
1.7.1.1. Fizik Öğretiminde Modeller

Bu başlık altında modellerle araştırma konusu olan zihinsel modellerin ne olduğu ve modellerin fizik öğretimindeki yerine ait literatür sunulacaktır.

Fizikte, astronomide, ekonomide, mühendislikte kısacası insanın aktif olduğu tüm alanlar modellerle doludur (Cullin ve Crawford, 2002; Hangos ve Cameron, 2001). Bu durum model yapılandırması ve kullanımının bireyler için son derece önemli olduğunu göstermektedir. Hangos ve Cameron'a (2001) göre modellerle dolu bir dünyanın temel sebebi bireylerin sistemlerin davranışlarını anlama, araştırma ve kontrol etme ihtiyaçlarından kaynaklanmaktadır. Etkina vd.'ne (2006) göre bilim insanları modellerden olguyu tanımlama, olguyu açıklama ve yeni bir olguyu tahmin etme olmak üzere başlıca üç şekilde yararlanmaktadır. Gilbert (1995) ise modellerin hem test edilen hipotezlerin formüle edilmesinde hem de bilimsel olguların tanımlanmasında kullanılması açısından oldukça önemli olduğunu belirtmektedir. Buradan hareketle modellerin fiziği anlama ve

öğretmede anahtar bir role sahip olduğu söylenebilir. Modellerin anahtar olma rolü için Gilbert vd. (2000) üç temel gerekçe öne sürmektedir: (I) modeller bir olguya/bilgiye ilişkin algılama sürecinde bireyler için temel araçtır, (II) modellerin yapılandırılması ve test edilmesi süreci bilimsel bilginin gelişimi sürecinde merkezi bir rol oynar ve (III) modeller bilimin en önemli ürünlerindedir. Görüldüğü gibi modelleri doğru anlamlandırmak doğayı anlama ve anlatmada oldukça önemlidir (Hangos ve Cameron, 2001). Özellikle fizikte soyut varlıkları, sistemleri, sistemler arası karmaşık ilişkileri, sistemlerin davranışlarına dair süreçler gibi durumları sunmada önemli bir yeri vardır (Devi vd., 1996; Gilbert vd., 2000; Ogan-Bekiroğlu, 2006).

Hestenes (2006) modellerin ne olduğunun tanımlanabilmesi için öncelikle ‘sistem’ ve ‘yapı’ kavramlarının tanımlanması gerektiğini belirtmektedir. Ona göre sistem, ilişkili objeler kurgusu iken yapı sistem içindeki bazı objeler arası ilişkiyi yansıtmaktadır. Model ise sistem içerisindeki bir yapının basitleştirilmiş sunumudur. Benzer şekilde Hestenes (1987) ve Oğuz’a (2007) göre modeller, gerçeğin belirgin özelliklerine dair basitleştirilmiş gösterimleridir. Cartier vd. (2001) modelleri, doğal bir süreci betimlemek için tasarlanan fikirler kurgusu şeklinde tanımlamaktadır. Gilbert vd.’ne (2000) göre modeller olguların, objelerin veya fikirlerin indirgenmiş sunumlarıdır. Tregidgo ve Ratciff’e (2000 aktaran Örnek, 2008) göre modeller, hedef kavram olarak nitelendirilebilecek olan bir nesnenin, olgunun veya fikrin bilinen tanıdık bir kaynakla temsilinin ürünleridir. Sağlam-Arslan’a (2008) göre ise modeller modelleme sürecinin ürünüdürler. Bu yaklaşıma göre modelleme bir sistemi anlamaya yarayan yapılandırma sürecidir. Bu yapılandırma sürecinin ürünü olan modeller, bir sistemin tipik özelliklerine dikkat çeken ve o sistemin özelleştirilmiş ve indirgenmiş bir sunumudur. Stachowiak’a (1973, aktaran Kühne, 2005) göre modellerin sahip olması gereken üç temel özelliği vardır (Şekil 1).



Şekil 1. Modele ait temel özellikler

Stachowiak’a göre eşleştirme özelliği modelin temsil ettiği gerçeğe dayanmasını, indirgeme özelliği gerçeğin seçilen özelliklerini temsil ettiğini ve uygulanma özelliği

modelin temsil ettiği gerçeğin yerine kullanılma durumunu açıklamaktadır. Buradan hareketle modellerin çok boyutlu bir yapısının olduğunu söylemek mümkündür.

Görüldüğü gibi modelleri tanımlamaya ilişkin kesin sınırları olan belirgin bir algılama yoktur. Bir modele ait kapsam sınırını çizmenin zor olduğu, bu nedenle modelin genel bir tanımlamasının yapılması yerine tüm bilimsel modellerce paylaşılan ortak özelliklerin tanımlanmasının daha açıklayıcı olacağı belirtilmektedir (Gülçiçek ve Güneş, 2004; Güneş vd., 2004). Buradan hareketle fizikçiler modeller hakkında bazı ortak noktalarda birleşmektedirler:

- ✓ Modeller fen ve teknoloji arasında bir köprüdür (Gilbert vd., 2000).
- ✓ Modeller zihin ve gerçek dünya arasındaki köprüdür (Hubber, 2006).
- ✓ Modeller iletişimin kolaylaştırıcı araçlarıdır (Gilbert vd., 2000).
- ✓ Modeller üzerinde çalışılan bir objenin veya sürecin basitleştirilmiş versiyonudur (Abdullah vd., 2004; Booch vd., 1999; Gilbert vd., 2000; Örnek, 2008).
- ✓ Modeller betimleyici veya açıklayıcı olabilirler (Cartier vd., 2001; Etkina vd., 2006).
- ✓ Modeller üzerinde çalışılan obje veya sürecin tüm özelliklerini maksimum düzeyde yansıtmalıdır (Kühne, 2005; Etkina vd., 2006).
- ✓ Modellerin üzerinde çalışılan obje veya sürecin tüm özelliklerini yansıtmada noktasında sınırlılıkları vardır. Bu nedenle modeller obje veya sürecin aynısı olarak görülmezler (Booch vd., 1999; Kühne, 2005; Etkina vd., 2006).
- ✓ Modeller gerçeğin sunumu değil öznel basitleştirmelerdir (Rapp, 2005).
- ✓ Modeller değişime ve gelişime açık dinamik yapıdadır (Coll ve Treagust, 2003; Ünal ve Ergin, 2006).
- ✓ Modeller bireyler için rehberdir (Cartier vd., 2001).

Yukarıda çizilen çerçeveden hareketle modelleri en genel tanımıyla gerçeğin öznel ancak anlamlı bir görünüşü olarak ifade etmek mümkün olacaktır. Ancak modellerin öznel doğası nedeniyle böylesi bir tanımlamanın da modelleri açıklamaya yetmeyeceği açıktır. Buradan hareketle ‘her model incelenen yapıyla ilgili farklı bir bakış açısına sahiptir’ gerçeği bilimsel modellerin ortak özelliklerinden biri olarak değerlendirilmelidir (Kurnaz ve Sağlam-Arslan, 2008). Bu gerçeğin temel mantığı, düşünülen bir yapıyla ilgili olarak farklı modeller geliştirilebileceği ve geliştirilen bu modellerin ilgili yapıya ait farklı özelliklere dikkat çekebileceği, farklı bir şekilde özelleştirebileceği, farklı indirgemeler yapabileceği vb. anlamına gelmektedir. Bu durumun sonucu olarak modellerin ilgili

literatürde sınıflandırıldığı görülmektedir. Gülçiçek ve Güneş'e (2004) göre modelleri sınıflandırma bilimsel modeller arasındaki farklılıkları algılamamızı kolaylaştırmaktadır.

Markman (2003) modelleri kural, benzerlik ve teori temelli modeller olmak üzere üç kategoride düşünmektedir. Kural temelli modeller bireylerin etrafındaki olaylarla ilgili geliştirdikleri basit kurallara dayanan modellerdir. Bu anlamda üç köşesi bulunan cisimlerin üçgen olması sebebiyle üç köşeli herhangi bir cismin üçgen şeklinde modellenmesi örnek olarak verilebilir. Benzerlik temelli modeller bireylerin benzetmelerden yola çıkarak yaptıkları modellerdir. Bu tür modellerin oluşturulabilmesi yani benzetmenin yapılabilmesi için bireylerin zihinlerinde depolanmış yeterli seviyede öncül bilgilerinin olması gerekir. Ancak bu bilgiler bazen yeterli olmayabilir. Bu durumda ise teori temelli modeller ortaya çıkar. Teori temelli modeller benzetmenin yapılamadığı durumlardan tahminlerden hareketle yapılandırılan modellerdir. Etkina vd. (2006) modelleri kullanım durumlarına göre (I) obje modelleri, (II) etkileşim modelleri, (III) sistem modelleri ve (IV) süreç modelleri olmak üzere 4 kategoride sınıflandırmaktadır. Araştırmacılar, obje modellerini incelenen fiziksel olgunun, etkileşim modellerini objeler arası ilişkinin, sistem modellerini sistemin içerdiği objeler ile bunların etkileşimlerinin ve süreç modellerini sistemdeki niceliksel ve niteliksel değişimlerin indirgenmesi-açıklanmasıyla ilişkili olarak tanımlamaktadırlar. Ünal ve Ergin (2006) modelleri açık (benzetme) ve örtük (içsel) modeller olarak iki temel çatıda sınıflandırmışlardır, Örnek (2008) modelleri kavramsal ve zihinsel modeller olarak sınıflandırmıştır. Model kategorilerinin isimlendirilmesi noktasında Ünal ve Ergin ile Örnek arasında farklılık dikkat çekse de bu isimlendirmelerin içeriğinin örtüştüğü görülmektedir. Kavramsal (açık) modeller insanlar tarafından oluşturulan ve paylaşılan ilgili fenomenlerin, objelerin ve fikirlerin dışsal sunumları olup (Franco ve Colinvaux, 2000; Güneş vd., 2004; Ünal ve Ergin, 2006) matematiksel modeller, bilgisayar modelleri, fiziksel modeller ve fizik modelleri olmak üzere alt kategorilere sahiptir (Örnek, 2008). Zihinsel (örtük) modeller ise bireyin zihnindeki içsel/bilişsel sunumlardır (Bower ve Morrow, 1990; Rapp, 2005; Harrison ve Treagust, 1996). Diğer bir ifadeyle zihinsel modeller kendi algılamalarımıza giydirdiğimiz elbiseler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özetle, fizik öğretiminde modellerin yeriyle ilgili olarak yukarıda yapılan açıklamalar, gerçekte araştırma kapsamında zihinsel modellerin nerede sınıflandırıldığını yansıtmaktadır. Bu çalışma kapsamında zihinsel modeller üzerinde durulacağından konuyla ilgili bilgiler aşağıda sunulmuştur.

1.7.1.1.1. Zihinsel Modeller

Zihinsel modeller üzerinde gerçekleştirilen çalışmaların arka planında iki temel gerekçe vardır. Birincisi, zihinsel modellerin bilişsel işlev sürecinde etkin olmasıdır. İkincisi, zihinsel modeller hakkında edinilecek bilgilerin araştırmacılara ve öğretmenlere öğrencilerin bilgi yapıları hakkında önemli bilgiler sunmasıdır (Vasniadou, 1994).

Zihinsel modellerle ilgili çalışmalarda yapılan tanımlamalara bakıldığında, zihinsel modellerin ne olduğu hakkında ortak bir tanımlamanın yapılamadığı dikkat çekmektedir (Borges ve Gilbert, 1999; Van der Veer, 2000). Rapp'e (2005) göre bu durum, zihinsel modellerle ilgili gerçekleştirilen çalışmaların farklı alan ve noktalar üzerine yoğunlaşmış olmasından kaynaklanmaktadır. Van der Veer'e (2000) göre ortak bir tanımlama yapılamasa da zihinsel modeller genellikle bilişsel sunumlar olarak algılanmaktadır.

Örnek'e (2008) göre zihinsel modeller gerçeklerin veya hayallerin öznel sunumlarıdır. Ünal ve Ergin'e (2006) göre günlük yaşamımızın hemen her yerine girmiş ancak farkına varmaksızın kullandığımız içsel sembollerdir. Diğer bir ifadeyle zihinsel modeller kişilerin dünyada olan olayları ve durumları zihinlerinde kavramsallaştırması ve canlandırması ile ilgilidir. Örnek (2008) ve Ünal ve Ergin'e (2006) göre zihinsel modeller söylenmeden anlaşılabilir, geliştirilebilir, sentezlerle oluşturulan ve bağlamsal bir temelle sınırlandırılan modellerdir. Bu anlamda zihinsel modeller, bireylerin yapacaklarına dair kafalarındaki rehberler olup (Clement, 2008) daha önce deneylenmemiş olguların anlaşılmasında ve açıklanmasında bireylerin soyut araçlarıdır (Weller 1970; Hanke, 2008).

Rapp (2005) zihinsel modelleri tanımlamadan önce dikkate alınması gereken dört temel durum olduğunu belirtmektedir:

- Zihinsel modeller gerçek fiziksel varlıklar değildir. Onların varlığı hakkında, gözlemlenebilir davranışlardan yola çıkarak, sadece iddialarda bulunulabilir.
- Zihinsel modeller hafızanın zayıf ve soyut betimlemeleri olup zamanla değişebilen dinamik sunumlardır. Gerçekte bu durum, zihinsel modeller için basit ve somut bir tanımlama yapılamamasının göstergesidir.
- Bireyler açıklayamadıkları durumlarla ilgili kusurlu zihinsel modeller geliştirebilir veya bu durumları kusurlu bir zihinsel modele dayandırabilirler. Örneğin Vosniadou ve Brewer'a (1992; 1994) göre bazı öğrenciler dünyanın yapısını açıklayamadıkları için dünyayı içi boş bir küre olarak tanımlamaktadırlar.

- Zihinsel modeller günümüze kadar gerçekleştirilen pek çok çalışmada farklı şekillerde tanımlanabilmektedir.

Rapp (2005) yukarıda sıralanan maddeleri dikkate alarak zihinsel modelleri, gerçek dünyaya dair bilgi ve deneyimlerin içselleştirilmiş ve yapılandırılmış bilgi yapıları olarak tanımlamaktadır.

Tversky'e (1993) göre zihinsel modeller sadece dış dünyanın içselleştirilmesi değildir. Ona göre zihinsel modeller aynı zamanda bir işi/amacı yerine getirmek için gerekli olan yeni bilgi ile mevcut bilginin bütünleştirme sürecinde kullanılan tamamlanmamış/kısmi parçalardır. Buna göre başarılı veya başarısız bir bütünleştirme sürecinde zihinsel model yapılandırması kaçınılmazdır.

Nersessian (1992) kavramsal modelleri belli bir toplumda paylaşılan dışsal sunumlar olarak tanımlarken, zihinsel modelleri bir kavramsal model olan matematiksel modeller ile gerçek (olgu/süreç) arasındaki ara aşama olarak ifade etmektedir. Ona göre zihinsel modeller olguları/bilgileri anlamak için kestirimci ve açıklayıcı nitelikler ile içsel, kişisel, kendine özgü, tamamlanmamış ve değişken olma özelliklerine sahiptir.

Vosniadou (1994) zihinsel modelleri bilişsel işlemlerle genelleştirilen içsel benzeşimler olarak ifade etmektedir. Bir olguyu/süreci açıklamak üzere geliştirilen bu içsel benzeşimlerin teknik olarak mükemmel ve işlemsel olması beklenmesine karşın, Norman (1983) bireylerin bunları dışa vururken bazen inandıklarından (geliştirdikleri içsel benzeşimlerden) farklı şekilde davranabildiklerini belirtmektedir. Buradan hareketle Norman bireylerin ortaya çıkarılan tüm zihinsel modellerinin aslında ileri sürülen yorumlamalardan ibaret olduğunu söylemektedir.

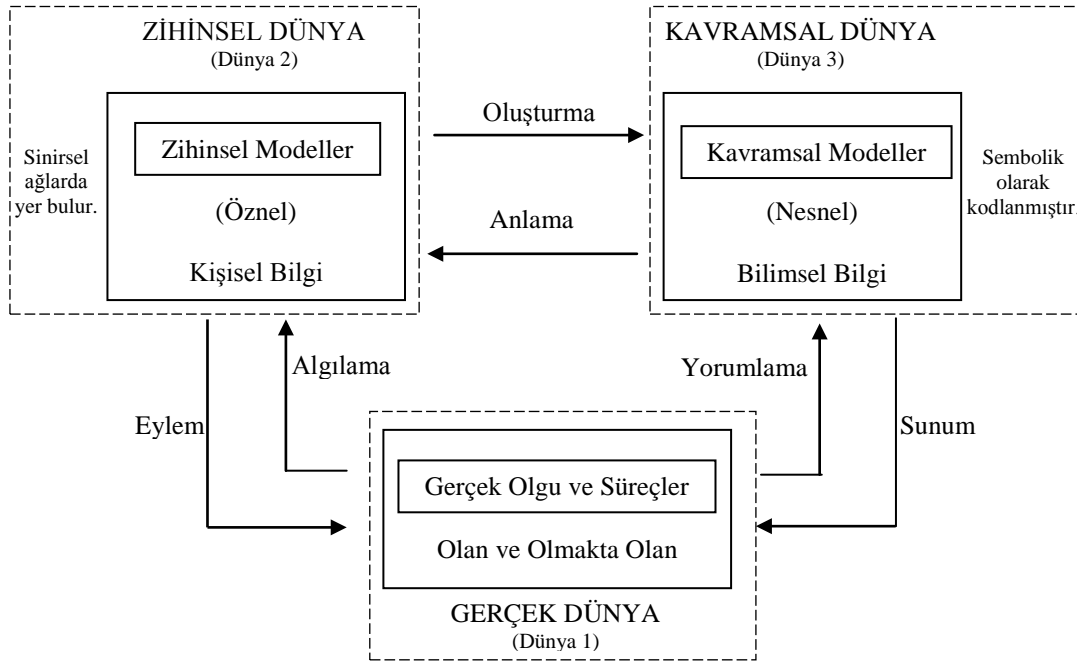
Wittman vd. (1999) zihinsel modelleri içsel sebeplere rehberlik eden kurallar, görüntüler, haritalar veya analogiler gibi çağrışımların desenleri olarak tanımlamaktadır. Bu araştırmacılara göre zihinsel modeller genellikle tamamlanmamış, kendisiyle çelişen ve tutarsız yapıdadır.

Bao ve Redish (2001) zihinsel modellerin oldukça geniş ve kapsamlı olarak düşünülmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Araştırmacılara göre zihinsel modeller, basit veya karmaşık, doğru veya yanlış ve durumlara ilişkin bütüncül veya genel anımsamayı gerektiren yapıdadır.

Greca ve Moreira (2000; 2002) zihinsel modelleri durum veya süreçlerin yapısal benzeşiklerini ortaya çıkarmak için kullanılan içsel sunumlar olarak tanımlamaktadır. Buna göre bireyler gerçek dünyanın davranışlarını açıklama, kestirme ve anlamada zihinsel

modellerden yararlanırlar veya bu doğrultuda yeni zihinsel modeller yapılandırırlar. Bu noktada bir zihinsel modele dair söylenebilecek en önemli şey onu yapılandıran birey için fonksiyonel olmasıdır (Greca ve Moreira, 2000).

Hestenes (2006) zihinsel modelleri anlamlandırabilmek için gerçek olgular/süreçler, bilimsel bilgi ve kişisel bilgi arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde yapılması gerektiğini belirtmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Gerçek olgu/süreçler, bilimsel bilgi ve kişisel bilgi arasındaki ilişki

Şekil 2'de görüldüğü gibi, Hestenes'e (2006) göre zihinsel modeller gerçek dünyada gerçekleştirilen eylemler sonucu edinilen algılamalarla ilgilidir. Bu algılamalardan kodlamalar yaparak kavramsal modeller oluşturulabilir veya oluşturulmuş kavramsal modellere dair kodlar çözülerek anlama gerçekleştirilebilir. Kavramsal modeller gerçek dünyayı yorumlama ve sunmanın araçlarıdır. Özetle, Hestenes'e göre zihinsel modeller, gerçek dünyadaki bir sisteme ait yapının zihinde basitleştirilmiş olarak yer almasıdır.

Borges ve Gilbert (1999), Coll ve Treagust (2003) ve Jansoon vd. (2009) zihinsel modelleri, bireylerin zihinlerinde bulunan ve olguları/süreçleri açıklamak ve tanımlamak için kullanılan yapılar olarak tanımlamaktadırlar. Patrick (2006) bireylerin olguları/süreçleri zihinsel modelleri aracılığıyla yorumladığını ve gerektiğinde yeni modeller geliştirebildiğini belirtmektedir. Aynı durumu işaret eden Gentner ve Stevens'a (1983) göre bireylerin öncül edinimleri ve deneyimleri zihinsel modelleri etkilemektedir.

Norman (1983) zihinsel modellerle ilgili olarak dört özel durumun dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır: hedef sistem (I), hedef sistemin uygun sunumu (II), kullanıcının hedef sisteme dair zihinsel modeli (III) ve hedef durumların bilim insanları tarafından kavramsallaştırılması (IV). Bu sınıflamaya göre Norman zihinsel modelleri, hedef sistemlerle gerçekleştirilen etkileşim sonucu zihinde meydana gelen ve bu etkileşimlerle sınırlı olan zihinsel sunumlar olarak açıklamaktadır. Buradan hareketle Norman, kavramsal modeller ile zihinsel modeller arasında doğrusal ve basit bir ilişki kurmaktadır. Buna göre zihinsel modellerin kavramsal modellerin zihindeki yansımaları olduğu söylenebilir. Norman çalışmasında ayrıca zihinsel modellerin aşağıdaki özelliklerini vurgulamaktadır:

- Zihinsel modeller tamamlanmamış olup sabit sınırları yoktur.
- Zihinsel model bireyin olgu/süreçlere ait inançlarını yansıttığından bilimsel değildir.
- Bireylerin zihinsel modellerini kullanma durumları sınırlıdır.
- Unutma/yeni bilgiyle değişme durumu nedeniyle zihinsel modeller sabit değildir.

Itza-Ortiz vd. (2004) zihinsel modelleri olgu ve süreçleri açıklamak üzere kullanılan içsel sunumlar olarak tanımlamakta ve zihinsel modellerin bireyler için rolünü ön plana çıkarmaktadırlar. Buna göre bireyler gerçek dünyayı anlama ve açıklama eylemlerinde zihinsel modelleri kişisel sebepler olarak kullanılmaktadırlar. Bu bakış açısı çerçevesinde araştırmacılar zihinsel modellerin bazı özellikleri aşağıdaki gibi sıralamaktadırlar:

- Zihinsel modeller durum ve süreçlere ilişkin önerme, görüntü, kurallar ile bunların ne zaman ve nasıl kullanabileceklerini içermektedir.
- Zihinsel modeller çelişkili bakış açıları içermektedir.
- Tamamlanmamış olabilmektedir.
- Belirgin sınırları olmadığından benzer modeller birbiri ile karışabilmektedir.

Holland vd. (1989) zihinsel modellerin dinamik yapısına vurgu yapmaktadırlar. Onlara göre zihinsel modeller zamanla ve yeni bilgilerle değişen geçişli bir yapıdadır. Redish (1994) ise zihinsel modellerin aşağıdaki özelliklere sahip olduğunu belirtmektedir:

- Zihinsel modeller görüntüleri, kurallar dizgisini, önermeleri ve bunların nerede ve nasıl kullanılacaklarına dair durumları içerir.
- Zihinsel modeller çelişkili öğeler içerebilir.
- Zihinsel modeller tamamlanmamış olabilir.
- Zihinsel modellerin nasıl kullanılacağı bireyler tarafından bilinmeyebilir.

- Zihinsel model öğelerinin belli sınırları yoktur. Benzer öğeler karışabilir.

Coll ve Treagust (2003) çalışmalarında ilgili literatüre dair yaptıkları analizden yola çıkarak araştırmacıların zihinsel modellerin aşağıdaki özelliklerini ön plana çıkardığını ortaya koymuşlardır:

- Bazı zihinsel modeller tamamlanmamıştır.
- Zihinsel modellerin açıkça tanımlanmış sınırları yoktur ve değişken yapıdadır.
- Zihinsel modeller genellikle çelişkili, yanlış ve gereksiz kavramlar içerebilen eksik yapıdadır. Bu nedenle genellikle bilimsel değildirler.
- Zihinsel modeller açıklama/hipotez kurma sürecine girmedi sebep gösteren/işlevsel niteliktedir. Bu nedenle sisteme ait davranışı kestirmeye imkan verir.
- Zihinsel modeller bireylere özgü olduğundan kolayca ortaya çıkarılamaz.
- Zihinsel model yapılandırma süreci bireye özgü olsa da öznel yapılandırma süreçlerinde sosyal etkileşim nedeniyle bir uzlaşım vardır.

Johnson-Laird (1983) zihinsel modelleri gerçek dünyanın algılaması ve kavramsallaştırılması için geliştirilen/kullanılan zihinsel benzetimleri olarak açıklamaktadır. Johnson-Laird zihinsel modelleri fiziksel ve kavramsal zihinsel modeller olarak ikiye ayırmaktadır. Bu sınıflamaya göre fiziksel zihinsel modeller gerçek dünyayı betimleyen zihinsel yapılar, kavramsal zihinsel modeller daha soyut durumları (kavramlar veya modeller) betimleyen zihinsel yapılar. Gerçekte Johnson-Laird'in bu sınıflaması, Norman'ın yukarıda belirtilen dördü sınıflamasına göre daha genel bir sınıflamadır. İki sınıflama arasındaki temel fark zihinsel modellerin kararlılığı hakkındadır (Coll ve Treagust, 2003). Johnson-Laird'e göre zihinsel modeller geçici iken Norman'a göre zihinsel modeller daha uzun solukludur.

1.7.1.1.2. Zihinsel Modellerle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar

Zihinsel modellerle ilgili olarak sunulan literatürden hareketle bu çalışma kapsamında zihinsel modellerin hangi özelliklerinin dikkate alındığı dolayısıyla araştırmacının zihinsel modeller ile ilgili kabulleri aşağıda sunulmuştur.

1. Zihinsel modeller, bireylerin görüntüleri, kurallar dizgisini, önermeleri ve bunların nerede ve nasıl kullanılacaklarına dair durumları zihinlerinde kavramsallaştırması ve canlandırması ile ilgili olması nedeniyle zihnindeki içsel/bilişsel sunumlardır.

2. Zihinsel modeller, bireylerin yapacaklarına dair zihinlerindeki rehberler olup daha önce deneylenmemiş olguların anlaşılmasında ve açıklanmasında bireylerin soyut araçlarıdır. Bu nedenle zamanla değişebilen dinamik yapıdadır.
3. Başarılı veya başarısız tüm öğrenme süreçlerinde zihinsel model yapılandırılır.
4. Bir olguyu/süreci açıklamak üzere geliştirilen zihinsel modellerin mükemmel ve işlemsel olması beklenmesine karşın bireyler bunları dışa vururken bazen geliştirdikleri zihinsel modellerden farklı şekilde davranabilir. Bu nedenle bireylerin ortaya çıkarılan tüm zihinsel modelleri aslında ileri sürülen yorumlamalardan ibarettir.
5. Zihinsel modeller genellikle tamamlanmamış, kendisiyle çelişen ve tutarsız yapıdadır.
6. Bireyler açıklayamadıkları durumlarla ilgili genellikle kusurlu zihinsel modeller geliştirebilir veya bu durumları kusurlu bir zihinsel modele dayandırabilirler.
7. Zihinsel modeller öznel değerler içerdiğinden bilimsel olmayıp belirlenmesi zordur.
8. Zihinsel modeller gerçek fiziksel varlıklar değildirler. Bu nedenle onların varlığı hakkında, gözlemlenebilir davranışlardan yola çıkarak, sadece iddialarda bulunulabilir.
9. Zihinsel modellerin yapılandırma süreci bireye özgü olsa da bireylerin öznel yapılandırma süreçlerindeki sosyal etkileşimleri nedeniyle bir uzlaşım vardır.
10. Zihinsel modeller hakkında edinilecek bilgiler araştırmacılara ve öğretmenlere öğrencilerin bilgi yapıları hakkında önemli bilgiler sunar.

Zihinsel modellere ilişkin sunulan özelliklerin bir arada düşünülmesinin araştırma sürecinde yürütülecek uygulamalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Zihinsel modellerin geliştirilmesi ile ilgili literatürde, MTÖ yaklaşımının önerilmesi nedeniyle (Gobert ve Buckley, 2000; Buckley vd., 2002; Hanke, 2008) çalışma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamı MTÖ yaklaşımı çerçevesinde yapılandırılmıştır. MTÖ ile ilgili literatür aşağıda sunulmuştur.

1.7.1.2. Model Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı ve Öğretim Modelleri

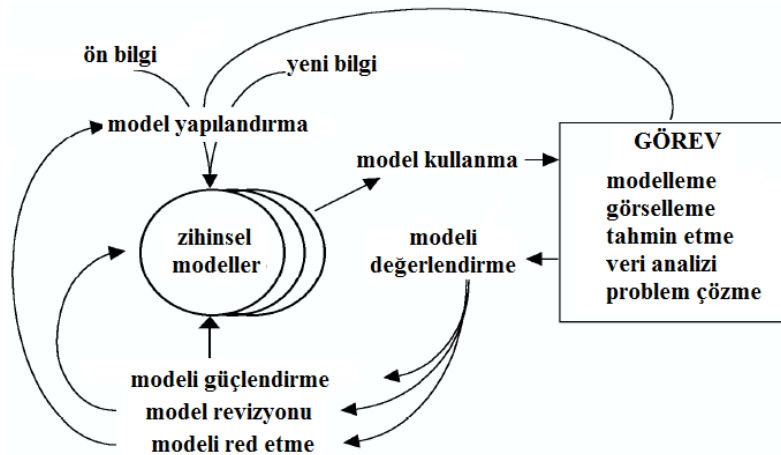
MTÖ bir olguya/bilgiye ait zihinsel modelin yapılandırılma süreci ile ilgilidir. Yani, MTÖ'nün temel kabulleri zihinsel model teorisine dayanmaktadır (Nersessian, 1995; Gobert ve Buckley, 2000). Son yıllarda gerçekleştirilen pek çok çalışma öğrencilerin bir sistemi anlamak için zihinsel model yapılandırmasına gittiklerini göstermiştir (Driver, 1995; Duit ve Treagust, 1998; Taylor, Barker ve Jones, 2003). Bu anlamda Patrick (2006) bireylerin bilgi ve beceri edinimleri sürecinde zihinsel modellerin aktif bir rol üstlendiğini,

Lijnse (2006) bireylerin dünyayı zihinsel modelleri ile deneylediği ve anlamlandırdığını, Coll ve Treagust (2003) bireylerin kendi deneyimlerini ve doğayı yorumlamak için zihinsel sunumlar geliştirdiğini, Greca ve Moreira (2002) bireylerin zihinsel modellerini var olan zihinsel modellerle ilişkilendirerek oluşturduğunu belirterek öğrenmeyle zihinsel model geliştirme arasındaki derin ilişkiye vurgu yapmaktadırlar.

Zihinsel modeller mevcut bilgilere dayanan insan zekâsının ürünleri olması sebebiyle bireye özgüdürler (Greca ve Moreira, 2000; 2002; Coll ve Treagust, 2003; Ünal ve Ergin, 2006; Clement, 2008). Zihinsel modellerin bu özelliği, bireylerin sahip olduğu zihinsel modellerin bilim insanlarının zihinsel modelleri ile örtüşmeme olasılığının olabileceğini gündeme getirmektedir (Çepni ve Keleş, 2005; Hanke, 2008). Bu durum, bireylerin bilgiye/olguya ilişkin algılamalarını yapılandırma süreçlerinin olasılıklara açık olduğunu göstermesi sebebiyle önemlidir. O halde mevcut bilgi ile yeni bilgi bütünleştirme süreçlerinde zihinsel modeller, bilginin anlaşılır kılınmasına ve/veya görsellenmesi durumlarına hizmet etmelidir (Greca ve Moreira, 2002; Clement, 2008; Hanke, 2008). Buna göre bir kavramın öğrenilmeden önce anlaşılması gerektiği gerçeği dikkate alındığında, zihinsel model geliştirmenin yeni bir kavram öğrenmenin temeli olduğu anlaşılır (Oğuz, 2007; Hanke, 2008). Temelleri bu şekilde atılan öğrenmenin anlık bir süreç olmadığı açıktır. Öğrenme bilginin saklanması ve gerektiğinde işe koşulmasını da gerektirir (Senemoğlu, 2009).

Çepni vd. (2000, 2001) göre öğrenme süreci, bireyin bir zihinsel denge durumundan başka bir zihinsel denge durumuna geçmesini içerir. Bireylerin yeni bilgileri/olguları anlama gayretlerinin temelinde zihinsel dengeyi koruma/sürdürme eğilimleri vardır (Özmen, 2004; Çalık, 2006). Buna göre yeni bir bilgi/olgu karşısında zihinsel dengesizlik durumuna giren birey bu yeni bilgiyi/olguyu anlamlandırabilmek, yani yeniden zihinsel dengeyi kurmak, için mevcut bilgileri işe koşmak zorundadır (Çepni vd., 2000; 2001). Yeni bilgi ile mevcut bilgilerin kıyaslanması ve karşılıklı etkileşmesi süreci sonunda birey bir zihinsel model yapılandırır ve yapılandığı bu zihinsel modeli yeni bilgiyi açıklama, genişletme ve/veya mevcut bilgiyi yeniden yapılandırma sürecinde kullanır (Gentner ve Stevens, 1983; Patrick, 2006; Itza-Ortiz vd., 2004). Bu nedenle zihinsel modeller, bilgi edinme sürecinin yani bireyin zihinsel denge sağlama sürecinin ürünüdürler. Bu yüzden bilgi edime süreci aynı zamanda zihinsel model yapılandırma sürecidir (Johnson-Laird, 1983). Bu teoriden hareketle Gobert ve Buckley (2000) bir olguya dair zihinsel model geliştirmeyi MTÖ olarak tanımlamışlardır. Buna göre bireyin anlama işini yerine

getirebilmesi için zihinsel model geliştirmesi ve bu zihinsel modelleri problem çözmeye, etkileşim yapma, yeniden düzenleme gibi çeşitli aktivitelerde kullanması ve kullanım sürecinde veya sonunda geliştirmiş olduğu zihinsel modelleri gerektiğinde gözden geçirerek değiştirilmesi veya derinleştirmesi gerekmektedir (Gobert ve Buckley, 2000; Buckley vd., 2002). Burada model değişimi bireyde var olan zihinsel modelin yeni durumu daha iyi açıklamak ve tanımlamak için kısmen düzenlenmesini, model derinleştirmesiyle mevcut zihinsel modelin üzerine yeni eklemelerle modelin daha da geliştirilmesi anlamını taşımaktadır. Bu anlamda MTÖ yaklaşımının temel felsefesi zihinsel model geliştirme sürecini kolaylaştırmaktır (Gobert ve Buckley, 2000; Hanke, 2008; Hanke ve Huber, 2010). Buckley vd. (2002) bu sürecin dinamik ve tekrarlı olması gerektiğini belirterek MTÖ yaklaşımına dayalı öğretim sürecinin temellerini Şekil 3'te görüldüğu gibi yapılandırmaktadır.



Şekil 3. Buckley vd. (2002) göre MTÖ temelinde öğretim süreci aşamaları

Şekil 3'te görüldüğu gibi, Buckley vd.'ne (2002) göre MTÖ süreci bir görev ile başlamakta ve bu süreç yeni bilgi ile mevcut bilginin sentezlenerek bir zihinsel modelin geliştirilmesiyle devam etmektedir. Geliştirilen zihinsel modeli pekiştirme, geçerliliğini test etme ve güçlendirme amacıyla model kullanılarak süreç tekrarlanmaktadır. Tekrarlanan süreç sonunda model değerlendirilerek öğrenme süreci tamamlanmaktadır.

Bilgi edime sürecinin aynı zamanda zihinsel model yapılandırma süreci olduğunu belirten Hanke'ye (2008) göre bu süreç dört aşamadan oluşmaktadır:

1. Zihinsel model yapılandırma süreci zihinsel dengesizliğe neden olan yeni bir bilgi/olgu ile başlar.

2. Yeni durumu anlaşılır kılmak için mevcut bilgileri işe koşmak gerekir.
3. Daha fazla bilgi edinebilmek için araştırmaya gereksinim vardır.
4. Mevcut bilgi ile yeni durum bir zihinsel modelde birleştirilerek bu zihinsel model yeni bilgi inandırıcı oluncaya kadar detaylandırılır.

Bu dört aşamayla bireyler zihinsel model yapılandırma sürecini tamamlayarak bilginin/olgunun anlamlandırılması, mevcut bilginin genişletilmesi veya yeniden yapılandırılmasını gerçekleştirirler. Fakat zihinsel modeller depolanmadığından (Johnson-Laird, 1983) bu yapılandırmalar kalıcı değildir. Zihinsel modellerin her ihtiyaç duyulduğunda yeniden yapılandırılmaması yani yapılandırma sürecinin sürekli tekrar etmemesi için bir birey o bilgiyi/olguyu birkaç defa tecrübe etmeli ve onu bir şema olarak özümsemelidir (Hanke, 2008). Böylelikle yeni bilgi ve onun kullanımı öğrenilmiş demektir. Hanke'nin MTÖ yaklaşımı yapılan açıklamalardan hareketle Tablo 1'de görüldüğü gibi özetlenebilir.

Tablo 1. Model tabanlı öğrenme sürecinin aşamaları

Süreç	Aşama	Açıklama
Öğrenme	Zihinsel tetikleme	Öğrenme karşılaşılan yeni bir durumla başlar.
	Ön bilgileri işe koşma	Yeni durumu anlamak ve zihinsel dengeyi sağlamak için birey ön bilgilerini işe koşar.
	Yeni bilgiler arama	Yeni durum ile ilgili daha fazla bilgi toplanır.
	Bir zihinsel modelde bütünleştirme	Yeni durum mevcut bilgi ile bir zihinsel modelde birleştirilir.
	Şemalaştırma	Bilginin/olgunun zihinsel model yapılandırma süreci olmadan anlaşılması/hatırlanması için zihinsel model yapılandırma süreci tekrarlı olarak yaşanır ve zihinsel model şema olarak özümser.

Tablo 1'den de anlaşıldığı gibi öğrenme süreci iki aşamadan oluşmaktadır: zihinsel model yapılandırma ve yapılandırılan zihinsel modeli şemalaştırma. Hanke öğrenmeye ilişkin yaptığı bu tanımlamadan hareketle, bu çalışma kapsamında da öğretim modeli olarak benimsenen, 'Model Tabanlı Öğretimin Modelini' (MOMBI, Model of Model Based Instruction) önermektedir.

Öğretim sürecinde temel yaklaşım öğrenme sürecini kolaylaştırmak olmalıdır (Capel vd., 1999). Öğrenmeyi kolaylaştırma, öğretim sürecinin her aşamasında öğrenme sürecinin aşamalarını dikkate almayı gerektirir (Hanke, 2008). O halde öğretim sürecinde yapılması gereken öğrencilerin öğrenme sürecinin aşamalarını sırasıyla dikkate alacak bir yapı oluşturmaktır. Hanke (2008) bu yapıyı, tetikleme/odaklama (provocation), aktive etme

(activation), edinimi sağlama/sunma (presentation), iskelet kurma (scaffolding) ve pratik yapma (schematization) olarak beş aşamalı şekilde sunmuştur. MOMBI'ye ait bu adımların her biri öğrenme sürecinin aşamalarını yerine getirtmek üzere yapılandırılmıştır. MOMBI modelinin içeriği aşağıda sırasıyla açıklanmıştır (Hanke, 2008):

- *Tetikleme/odaklama aşaması*: Bu aşama zihinsel tetiklemenin başlatıldığı, öğrencilerin konuya odaklanmasının sağlandığı aşamadır. Bu aşamanın amacı zihinsel dengesizliği sağlama, kavramsal değişimi başlatma, öğrenci zihnini öğrenme için provoke etme ve motive etmedir. Bu aşama öğrencilere yeni durum sunma, çelişkili bilgiler verme, yeni konuyu gerekçelendirme etkinliklerini içerir.
- *Aktive etme aşaması*: Bu aşamada öğrencilerin öğrenilecek yeni konu ile ilgili ön bilgileri işe koşulur. Bu süreçteki amaç zihinsel model yapılandırma için öznel ihtiyaçları karşılamadır. Öğrencilere soru sorma, hatırlatma veya öğrenilecek konu ile ön bilgileri ilişkilendirebilecek zemin oluşturma bu aşamanın içeriğini oluşturur.
- *Edinimi sağlama aşaması*: Öğrenilecek konuyla ilgili yeni bilgilerin öğrencilere kazandırıldığı aşamadır. Temel amaç öğrencilerin yeni konuyla ilgili edinmeleri gereken bilgiyi edinmelerini sağlamaktır. Yani, zihinsel model oluşumunu kolaylaştırmaktır. Bu nedenle bu aşamada konunun anlaşılması için tüm yollardan faydalanmak esastır. Öğrenilecek yeni konu doğrultusunda öğrenmeyi derinleştirecek veya kavram yanlışlarını gidermeye yönelik etkinlikler verme vb. bu aşamanın içeriğini oluşturur.
- *İskelet kurma aşaması*: Bir önceki aşama sonunda öğrencilerin edinmiş oldukları bilgi ve deneyimleri bir zihinsel modelde birleştirme aşamasıdır. Bu nedenle önceki aşamadan tamamen ayırık olarak algılanmamalıdır. Bu aşamada amaç geliştirilen zihinsel modelin inandırıcı ve kullanışlı olduğunu kontrol etme ve eksiklikleri tamamlamaktır. Öğretmene düşen rol öğrencilere bu süreçte rehber olmaktır. Sorular sorma, ipuçları verme, öğrenci farklılıklarını dikkate alma bu sürecin içeriğini oluşturan temel öğelerdendir.
- *Pratik yapma aşaması*: Bu aşama yeni konuya dair zihinsel şemalaştırmanın sağlandığı aşamadır. Amaç, kaynaklara, arkadaşlara veya öğretmenlere ihtiyaç duymadan yeni durumu açıklama ve kullanmadır. Zihinsel model geliştirme aşamalarının öğrencilere tekrarlı olarak yaşattırılması esastır.

MOMBI aşamalarını ve bu aşamaların genel içeriği ve amaçlarını gösteren özet yapı Şekil 4'deki gibi kurgulanabilir.

Öğrenme Süreci	Öğretme Süreci	İçerik	Amaç
Zihinsel tetikleme	Tetikleme Odaklama	- Yeni durum sunma - Çelişkili bilgiler verme - Gerekçeleştirme	- Kavramsal değişimi başlatma - Provoke etme - Motive etme - Zihinsel dengesizliği sağlama
Ön bilgileri işe koşma	Aktive etme	- Sorgulama - Hatırlatma - Öncül zemin oluşturma	- Zihinsel model yapılandırma sürecinde için ihtiyaçları karşılama
Yeni bilgi arama	Edinimi sağlama	- Dışsal/kavramsal model kullanma - Bilişsel derinleştirmeyi sağlama - Kavram yanlışlarına yönelik etkinlikler verme - ...	- Zihinsel model oluşumunu kolaylaştırma
Bir zihinsel modelde bütünleştirme	İskelet kurma	- Sorular sorma - İpuçları verme - Öğrenci farklılıklarını dikkate alma - Rehber olma	- Zihinsel modelin inandırıcı ve kullanışlı olduğunu kontrol etme - Öğrenci modellerinin özelliklerini ve içeriklerini bilimsel modeller ile örtüşecek şekilde tamamlama
Şemalaştırma	Pratik yapma	- Zihinsel model geliştirme süreçlerini tekrarlatma	- Kaynaklara, arkadaşlarına veya öğretmenlere ihtiyaç duymadan yeni bilgiyi açıklama/kullanma

Şekil 4. MOMBI'nin temelleri

Şekil 4'te görüldüğü gibi Hanke'nin öğrenme süreci için belirlediği aşamalarla öğretme sürecine ilişkin önerdiği aşamalar arasında uyum söz konusudur. Gobert ve Buckley (2000) ile Buckley vd. (2002) tarafından önerilen MTÖ yaklaşımı ile Hanke (2008) tarafından önerilen yaklaşımın temelde örtüşükleri açıktır. Bu noktadaki en önemli uyuşmanın her iki yaklaşımda da zihinsel model oluşturma sürecinin tekrarlı olarak yaşanması gerektiğini benimsemeleridir. Aralarındaki en önemli farklılığın Hanke'nin önerdiği öğretim modeli ile öğrenme süreci arasındaki ilişkilendirmenin Gobert ve Buckley (2000) ile Buckley vd. (2002) tarafından önerilenden daha ayrıntılı ve örtüşük olması olduğu söylenebilir.

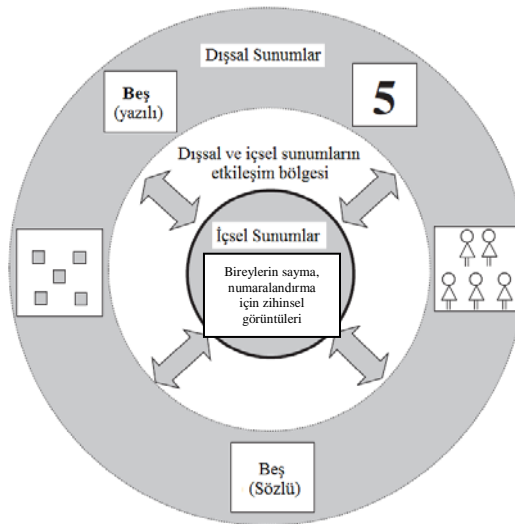
Bu başlık altında, MTÖ yaklaşımı doğrultusunda çalışma kapsamında kullanılan MOMBI öğretim modeliyle ilgili açıklamalar yapılmıştır. Aşağıda MOMBI öğretim modelinin aşamalarının uygulanması sürecinde kullanılan çoklu stratejisiyle ilgili literatüre yer verilmiştir.

1.7.1.2.1. Çoklu Sunum Stratejisi

Gerçek bir sistemin veya sürecin diyagramlar, tablolar, eşitlikler, metinler, grafikler, animasyonlar, ses ve video gibi sunumlarla iki veya daha fazla olacak şekilde sunulması

çoklu sunum olarak ifade edilmektedir (Ainsworth, 2006; Rosengrant vd., 2007). Güncel pek çok çalışmada öğrencilerin bilimsel kavramları anlaması için değişik yollar olduğu vurgulanmakta ve ortama/duruma göre farklı veya çoklu sunumların yapılabileceğine dikkat çekilmektedir (Mortimer, 1995; Rosengrant vd., 2004; 2006; Franco, 2005). Özellikle enerji kavramının öğretimi için son yıllarda çoklu sunum stratejisinin önemi vurgulanmaktadır (Zou, 2000; Mutimucio, 2003; van der Meij, 2007). Burada sunum terimi öğrencilerin mevcut bilgileri üzerine yeni bilgi yapılandırmasına imkân verme anlamında kullanılmaktadır (Hammer, 2004).

Goldin (1998) ve Hwang vd. (2007) sunumları dışsal ve içsel sunumlar olmak üzere iki kategoride sınıflamıştır. İçsel sunumlar gerçeğin zihinde yapılandırılmasında kullanılan öznel sunumlarken dışsal sunumlar gerçeği yapılandırmaya yönelik olarak kullanılan ve bireyin çevresinde yer alan iletişimsel sunumlardır (Cobb vd., 1992). Jonassen (2000) zihinsel modelleri mecazlar, görsel-uzamsal yapılar ile bilgi yapılarından oluşan karmaşık zihinsel sunumların bileşkesi olarak tanımlayarak zihinsel modeller ile zihinsel sunumlar arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır (Hwang vd., 2007). Buna göre zihinsel sunumlar zihinsel modelleri oluşturan bileşgeler olarak görülebilir. İçsel ve dışsal sunumlar arasındaki ilişki Pape ve Tchoshanov (2001) tarafından Şekil 5’de görüldüğü gibi verilmektedir.



Şekil 5. Numaralandırmayı anlamaya çalışan bir öğrenci için içsel ve dışsal sunum arasındaki ilişki

Şekil 5’den de anlaşıldığı gibi Pape ve Tchoshanov (2001) dışsal ve içsel sunumlar arasındaki ilişkiyi bir bireyin numaralandırma eylemini anlaması ile örneklendirmektedir. Şekilde yer alan en dış halka bireyin çevresinde yer alan sunumları içerirken en içteki

halka bireydeki zihinsel sunumları içermektedir. Buna göre dışsal sunumlar tanımlanabilen nesnel yapıda, içsel sunumlar tanımlanamayan öznel yapıdadır.

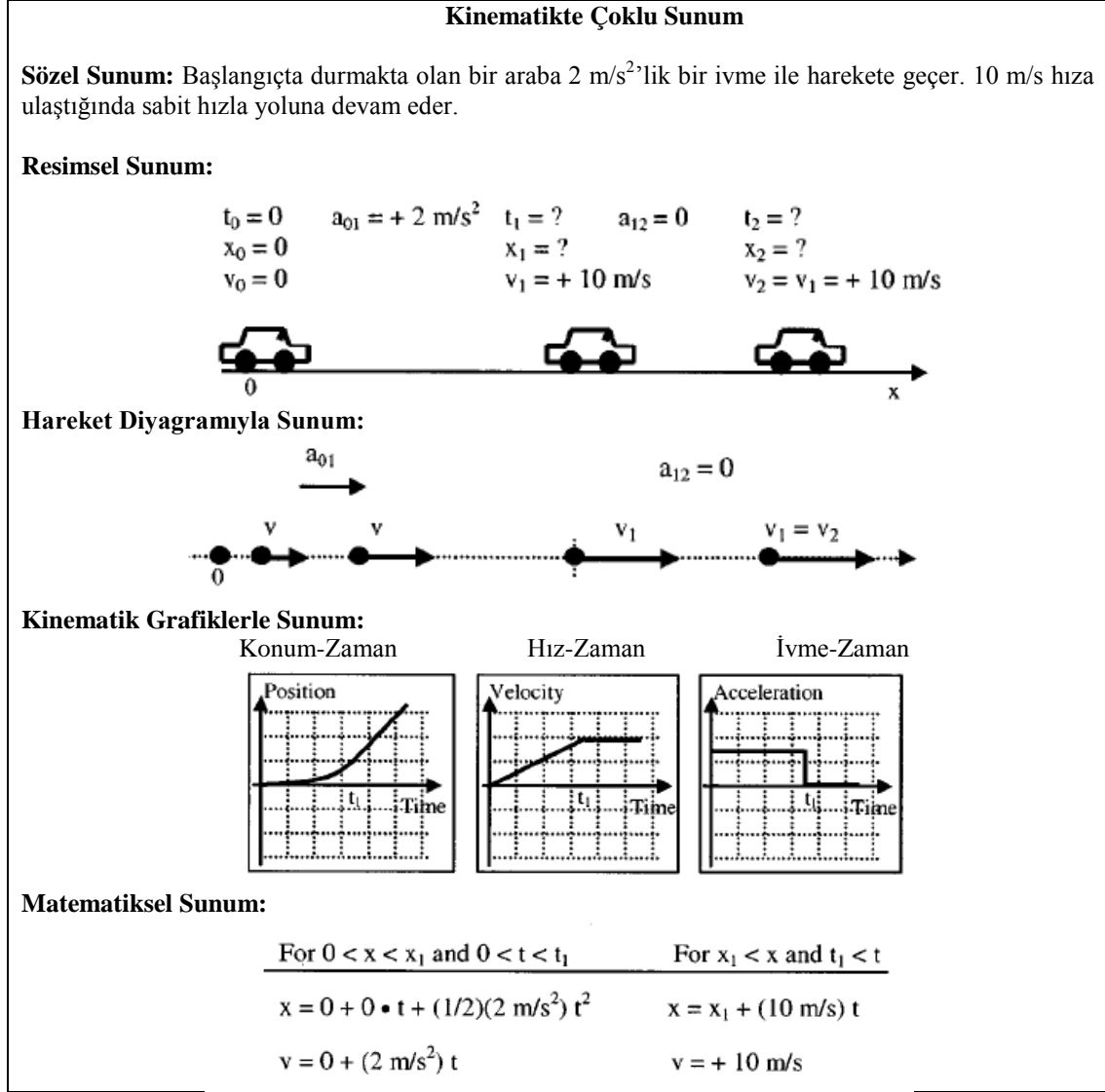
Sunumlarla öğrenme üzerine yapılan araştırmalar, öğrencilerin uygun sunumlarla etkileşime girdiklerinde performanslarının arttığını göstermiştir (Larkin, 1985; Çıkla, 2004; Ainsworth, 2006). Bu durumdan hareketle son yıllarda öğrenme süreçlerinde çoklu sunumlardan sıklıkla yararlanılmaya başlanmıştır (bkz. Van Huevelen, 1991; Dufresne, Gerace ve Leonard, 1997; Van Heuvelen ve Zou, 2001; Mutimucuo, 2003; van der Meij, 2007; Anastasiadou, 2008; Kohl vd., 2007). Çıkla (2004) doktora tezinde bu süreci ‘çoklu sunum temelli öğretim’ olarak tanımlamaktadır.

Çoklu sunumlar bir sistemin veya sürecin farklı durumlarını sunmak için kullanıldığı gibi aynı durumun farklı şekilde sunulması içinde kullanılabilir. Çoklu sunum stratejisi kullanımının temel sebebi öğrencilerin farklı sunumların kendine ait özelliklerinden yararlanabilmesidir (Van der Meij, 2007). Örneğin, öğrenilecek yeni bilgiye dair kullanılacak çoklu sunumlar arasındaki benzerlik ve farklılıklar öğrencilerin konuyu derinlemesine anlamasına yardımcı olacaktır. Buradan hareketle Van der Meij (2007), Ainsworth vd. (1997), Van Heuvelen ve Zou (2001), Mutimucuo (2003) çoklu sunumların öğrencilere derinlemesine bilgi edinebilme şansı tanıdığını belirtmekte ve çoklu sunumların kullanım nedenleriyle ilgili aşağıdaki durumları ön plana çıkarmaktadır.

- Çoklu zekâ: öğrencilerin farklı öğrenme yollarına sahip olması nedeniyle farklı sunumlar etkindir.
- Beyin için görselleme: fiziksel nicelikler veya kavramlar açık/somut sunumlarla daha iyi anlaşılabilir.
- Farklı sunumlar yapılandırma: bazı somut sunumlardan hareketle daha soyut sunumlar gerçekleştirilebilir.

Ainsworth (1999) ise çoklu sunumların tamamlayıcı, zorlayıcı ve yapılandırıcı özelliklerinin öğrenmeyi derinleştirmede önemli rol oynadığını belirtmektedir. Buna göre çoklu sunumlar birbirlerinin eksiklerini tamamlamakta, ilgi çekme ve öğrenmeyi derinleştirme noktasında zorlayıcı bir rol üstlenmekte ve bilginin yapılandırılmasına hizmet etmektedir. Bu sunumların fizikte kullanımı konusunda Larkin vd. (1980), fizik problemlerini bir süreç olarak tanımladıktan sonra, bu sürecin sözel, resimsel, fiziksel (hareket diyagramları) ve matematiksel gösterimlerle sunulabileceğini belirtmektedir. Van Heuvelen ve Zou (2001) ise fiziksel sunumları fiziksel diyagramlar ve grafikler olarak

tekrar sınıflamakta ve bu sınıflamaya hareket diyagramları, serbest cisim diyagramları, kinematik grafikleri, sütun grafikleri vb. dâhil etmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Bir problem durumu için çoklu sunum örneği (Van Heuvelen ve Zou, 2001).

Angell vd. (2007, 2008) öğrencilerin fizikte sıklıkla kullanılan deney, grafik, resim, diyagram, formül gibi farklı tür ve nitelikteki sunumların üstesinden gelme ve bu sunumlar arasında geçiş yapma durumları gözönüne alındığında çoklu sunumlar temelinde MTÖ'nün daha etkin olacağını vurgulamaktadır.

Özetle, bu çalışmanın hedefleri doğrultusunda MTÖ yaklaşımı ve bu yaklaşım çerçevesinde çoklu sunum stratejisini içerecek şekilde uygulanacağı belirtilen MOMBI öğretim modeli dikkate alınacaktır.

1.7.1.2.2. MTÖ Yaklaşımı, MOMBI Öğretim Modeli ve Çoklu Sunum Stratejisiyle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar

MTÖ yaklaşımı, MOMBI öğretim modeli ve çoklu sunum stratejisiyle ilgili literatürden hareketle çalışma kapsamında hangi noktaların dikkate alındığı ve araştırmacının bu konulardaki kabulleri aşağıda sunulmuştur.

1. Zihinsel modellerin öznel olması bireylerin sahip olduğu zihinsel modellerin bilim insanlarının zihinsel modelleriyle örtüşmeme olasılığını gündeme getirir.
2. Mevcut bilgi yeni bilgi bütünleştirme süreçlerinde zihinsel modeller bilginin anlaşılmasına hizmet eder.
3. Öğrenme süreci, bireyin bir zihinsel denge durumundan başka bir zihinsel denge durumuna geçmesini içerir. Bireylerin yeni bilgileri/olguları anlama gayretlerinin temelinde zihinsel dengeyi koruma eğilimleri vardır. Buna göre yeni bir bilgi/olgu karşısında zihinsel dengesizlik durumuna giren birey yeniden zihinsel dengeyi kurmak için mevcut bilgileri işe koşmak zorundadır.
4. Yeni bilgi ile mevcut bilgilerin kıyaslanması ve karşılıklı etkileşmesi süreci sonunda birey bir zihinsel model yapılandırır ve yapılandığı bu zihinsel modeli yeni bilgiyi açıklama, genişletme ve/veya mevcut bilgiyi yeniden yapılandırma sürecinde kullanır.
5. Zihinsel modeller, bilgi edinme sürecinin yani bireyin zihinsel denge sağlama sürecinin ürünü olduğundan bilgi edinme ve anlamlandırma süreci aynı zamanda zihinsel model yapılandırma sürecidir.
6. Anlama bireyin zihinsel model geliştirmesi ve bu zihinsel modelleri problem çözmeye, etkileşim yapma, manipüle etme gibi çeşitli aktivitelerde kullanması ve kullanım sürecinde veya sonunda geliştirmiş olduğu zihinsel modelleri gerektiğinde gözden geçirerek yenileme veya derinleştirmesini gerektirir.
7. MTÖ'nün temel kabulleri zihinsel model teorisine dayanır ve temel felsefesi zihinsel model geliştirme sürecini kolaylaştırmaktır.
8. MTÖ yaklaşımında zihinsel model yapılandırma süreci dört aşamadan oluşmaktadır:
 - Süreç zihinsel dengesizliğe neden olan yeni bir durumla başlar,
 - Yeni durumu anlama mevcut bilgileri işe koşmayı gerektirir,
 - Daha fazla bilgi edinebilmek için araştırmaya gereksinim vardır,
 - Mevcut bilgi ile yeni durum bir zihinsel modelde birleştirilerek, bu zihinsel model yeni bilgi inandırıcı oluncaya kadar detaylandırılır.

9. MTÖ yaklaşımına göre öğrenme sürecinin dinamik ve tekrarlı olması gerekir. Zihinsel modellerin her ihtiyaç duyulduğunda yeniden yapılandırılmaması için bir birey o bilgiyi/olguyu birkaç defa tecrübe etmeli ve onu bir şema olarak özümsemelidir. Buna göre öğrenme, zihinsel model yapılandırma ve onun şemalaştırılmasıdır.
10. Öğretim sürecinde temel yaklaşım öğrenme sürecini kolaylaştırmaktır. Bu, öğretim sürecinin her aşamasında öğrenme sürecinin aşamalarını dikkate almayı gerektirir. MOMBI öğretim modeli öğrenme sürecinin aşamalarını dikkate almaktadır.
11. MOMBI öğretim modelinin uygulanması sürecinde çoklu sunum stratejisinin kullanımı etkilidir.
12. Sunumların öğrenme üzerinde öğrenci performanslarını artııcı etkisi vardır.
13. Öğrenme üzerinde iki veya daha fazla sunum bir sunumdan daha etkilidir.
14. Gerçek bir sistemin veya sürecin diyagramlar, tablolar, eşitlikler, metinler, grafikler, animasyonlar, ses ve video gibi sunumlarla iki veya daha fazla olacak şekilde sunulması çoklu sunum olarak ifade edilir. Çoklu sunumlar farklı durumları sunmak için veya aynı durumun farklı şekilde sunulması için kullanılabilir.
15. Öğrenilecek yeni bilgiye dair kullanılacak çoklu sunumlar arasındaki benzerlik ve farklılıklar öğrencilerin konuyu derinlemesine anlamasına yardımcıdır.
16. Çoklu sunumlar tamamlayıcı, zorlayıcı ve yapılandırıcı özellikleriyle öğrenmeyi derinleştirmede önemli rol oynar.
17. Öğrencilerin fizikte sıklıkla kullanılan deney, grafik, resim, diyagram, formül gibi farklı tür ve nitelikteki sunumların üstesinden gelme ve bu sunumlar arasında geçiş yapma durumları dikkate alındığında çoklu sunumlar temelinde MTÖ daha etkindir.

Yukarıda sunulan özelliklerin dikkate alınmasının MTÖ yaklaşımı ve bu yaklaşımın öğretim modeli olan MOMBI'nin çoklu sunum temelinde yürütülmesi için uygun olduğu düşünülmektedir.

1.7.2. Enerji Konusu İçin Literatür Taraması

Bu başlık altında araştırma konusu olan enerji konusuna yönelik olarak literatür taraması sunulacaktır. Bu anlamda enerji kavramına dayanan çalışmalarda esas alınan konuların ilgili literatürde iki temel noktada birleştiği belirlenmiştir: (I) enerjinin tanımı ve değişimi (bkz. Duit, 1987; Kruger vd., 1992; Kaper ve Goedhart, 2002a; Liu vd., 2002; Fry vd., 2003; Diakidoy vd., 2003; Martinas, 2005; Millar, 2005; Papadouris vd., 2008), (II) enerji öğrenimi ve öğretimi (bkz. Trumper ve Gorsky, 1993; Kaper ve Goedhart, 2002b;

Papadouris ve Constantinou, 2006; Kurnaz, 2007). Buradan hareketle çalışma konusu olan enerji kavramına yönelik literatür derinlemesine irdelemeden geçirilmek üzere ‘Enerji: Tanımı ve Değişimi’ ve ‘Enerji Öğrenimi ve Öğretimi’ başlıkları sırasıyla sunulmuştur.

1.7.2.1. Enerji: Tanımı ve Değişimi

Tek bilmek istediğimiz, öğrencilerimize öğretebileceğimiz basit bir enerji tanımı.

Yeni mezun öğretmen adayları (Jennison ve Reiss, 1991).

Çeşitlerinin varlığı ve nicel olarak ölçülebilirliği bilinmesine karşın, enerji kavramı gizemini hala korumaktadır (URL-1, 2009). Bu gizemin sebebi, enerji konusunun farklı disiplinlerde kullanıma müsait, soyut ve teorik bir kimliğe sahip olmasıdır (Diakidoy vd., 2003; Lemmer ve Lemmer, 2006). Enerjinin farklı disiplinler ve güncel yaşamdaki kullanım farklılığı, soyut ve teorik kimliği kavramsal içeriğinin anlaşılmasını zorlaştırmaktadır (Elkana, 1974; Sefton, 2004). Aslında bu durum, enerjinin pek çok doğa olayını açıklamada kullanılabilirlik potansiyelinin olması ve bunun bireyler tarafından değişik şekillerde (genellikle doğru olarak) anlaşılmaya imkân vermesinden kaynaklanmaktadır (Martinas, 2005; Crowell, 2006; Lemmer ve Lemmer, 2006).

Enerji kavramı günümüzde çoğunlukla bir fizik kavramı olarak algılanmakta ve ‘iş yapabilme kapasitesi’ (Warren, 1982), ‘bir sistemin sahip olduğu iş yapabilme kapasitesi’ (Taber, 1989; Hırça, 2004) veya ‘değişiklik yapabilme kapasitesi’ (Chisholm, 1992) olarak tanımlanmaktadır. Peki, bu tanımlamalar neyi ifade etmektedir? Diakidoy vd. (2003) göre bu tanımlar enerji kavramının kendisini açıklamamaktadır. Diakidoy vd. göre bu tanımlamalar, enerji depo etme ve dönüştürmenin gözlenebilir sonucunu açıklamaktadır. Diğer bir ifade ile tanımlar, kavramın kendisini değil soyut bir süreci işaret etmektedir. Ancak, her ne kadar bu tanımlar enerjiye ilişkin bir süreci ifade etseler de, güneş gibi termonükleer ortamlarda meydana gelen reaksiyonlar örneğinde olduğu gibi mekanik olmayan ortamlarda geçerli değildirler (Duit, 1986). Aynı şekilde, termodinamiğin II. yasası, yani, hiçbir ısı makinesinin herhangi bir kaynaktan soğurduğu ısının tamamını bir çevrimde işe çeviremeyeceği gerçeği dikkate alındığında yukarıdaki tanımların yeterli olmadıkları görülmektedir (Sexl, 1981; Kemp, 1984).

Enerjinin kavramsal içeriğinin ne olduğunu anlamamanın güçlüğüne fark eden Feymann (1963) gibi bilim insanları ise, enerjinin en belirgin özelliği olan korunumunu ön plana çıkararak, enerjiyi operasyonel bir yolla tanımlamaya çalışmıştır (Beynon, 1990; 1994;

Pielou, 2001). Daha açık olarak bu yaklaşım, aslında enerjinin niceliksel miktarını temel almaktadır. Ancak, “enerji niceliksel olarak korunur” şeklinde tanımlama, gerçekte enerjiyi sayılara dayanan daha soyut bir kavram haline getirmektedir (Swackhamer, 2005). Sayılara dayanan bu yaklaşımın, kütle korunumunda olduğu gibi fiziksel bir statüsünün olmaması, enerjiyi anlaşılması zor, hayalet bir kavram haline getirmektedir. Anlaşıldığı üzere temel sorun, enerjinin ne olduğu ile ilgili genel bir tanımın yapılamamasıdır (Driver ve Warrington, 1985; Arons, 1999; Sefton, 2004; Domenech vd., 2007).

Bilim, geçmişi ve birikimine rağmen halen enerjinin ne olduğunu açıklayamamaktadır. O halde, ‘enerji, kavram olarak neden ve nasıl doğmuştur?’ sorusunun cevabı, bugün nasıl öğretilebileceğine ışık tutması açısından önem kazanmaktadır.

Solomon (1992) enerji kavramına yüklenen ortak mananın ne olduğunun anlaşılmasının pek çok yolu olduğunu belirtmekle birlikte üç temel yaklaşımı öne çıkarmaktadır:

- (I) sözlük anlamını inceleme,
- (II) konuşma dilindeki anlamını inceleme,
- (III) geçmiş teorilerden ve metaforlardan gelen anlamları inceleme.

Solomon (1992), sözlük anlamıyla kavramın ne ifade ettiğinin, konuşma dilindeki yerine bakarak nasıl kullanıldığının ve geçmişte kullanılan teoriler ve metaforlar incelenerek enerji kavramının ne zaman ve nasıl doğduğunun ve kullanımının günümüze nasıl geldiğinin belirlenebileceğini belirtmektedir. Ancak araştırmacı, anlamsal bir yorumlama için üç yaklaşımdan ortak bir çıkarım yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bakış açısı çerçevesinde, enerjinin sözlük anlamına bakıldığında, ‘*Maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç, erke*’ (URL-2, 2009), ‘*Organların çalışabilmesi ve vücut ısısının sürdürülebilmesini sağlayan besin öğelerinin oluşturduğu güç*’ (URL-2, 2009), ‘*Canlılığın devamı için gerekli güç ve dirilik*’ (Oxford Dictionary, 1997; URL-3, 2009), ‘*Bir cismin, konumu, hareketi, taşıdığı elektrik yükü, içinde bulunduğu ortamdan daha yüksek sıcaklığa sahip olması sebebiyle iş yapabilme yeteneği*’ (URL-2, 2009), ‘*Fiziksel ve zihinsel aktifliği sağlayan güç, yetenek*’ (Oxford Dictionary, 1997) ve mecazi anlamda ise ‘*Manevi güç*’ (URL-2, 2009) anlamlarına geldiği vurgulanmaktadır. Anlaşıldığı üzere enerji kavramının sözlük anlamları, kavramın doğası gereği tek bir disiplin çerçevesinde kalmamaktadır. Ayrıca tanımlamalar, bilimsel ifadeler içerdiği gibi günlük konuşma dilindeki ifadeleri de içermektedir. Yukarıdaki tanımlamaları daha anlaşılır kılmak için, Türk Dil Kurumu (URL-2, 2009) tarafından yapılan örnek alıntılar dikkate alındığında, kavramın çoğunlukla günlük konuşma dilindeki anlamı ile sunulduğu dikkat çekmektedir.

“Hatçe müthiş bir enerji sarf ederek başını kaldırmak ister gibi bir hareket yapıyor.” -Necip Fazıl Kısakürek, Aynadaki Yalan, 78

“O eksiksiz doyumla kendimi, koca bir tarihi tersine çevirip yeniden yazacak denli enerji dolu, güçlü duyuyordum.” -Adalet Ağaoğlu, Dar Zamanlar-3 Hayır, 142.

“Paran yoksa enerjini, zekâmı kullanırsın.” -Ahmet Hamdi Tanpınar, Sahnenin Dışındakiler, 75.

“Enerjisiyle etkilediği kızı, şiir sağanağıyla sırlıksıklam tutsak etti.” -Buket Uzuner, Şairler Şehri, 24.

Benzer kullanımların günlük konuşma dilinde sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir. Bu durum aslında, bireylerin enerji kavramına ‘cisimsel olmayan kimlik’ (An immaterial agency, Solomon, 1992) vermesinden kaynaklanmakta ve bu görüşün temelleri Aristoteles’e dayanmaktadır (Solomon, 1992; Martinas, 2005; Millar, 2005). Daha yalın bir ifadeyle, Aristoteles’in enerji kavramına yüklediği ‘aktivite, işlem, kuvvet, dinçlik’ anlamlarını içeren kavramsal kimlik ile günümüz konuşma dilinde kullanılan anlamlar örtüşmektedir. Bu durum, enerji kavramına ilişkin, geçmişte kullanılan bilimsel olmayan metaforun halen etkin olarak kullanıldığını göstermektedir. Hernekadar Aristoteles’in yaklaşımı bugün bilimsel tanımlamalarla uyuşmasa da, bilim insanlarının enerjiye dair ilk kullanımları yine onun görüşlerine dayanmaktadır (Solomon, 1992; Millar, 2005; Martinas, 2005).

Enerji kavramının bilimsel anlamdaki içeriğinin oluşumu 16. yüzyılın ilk yıllarından itibaren başlarken, günümüz anlamında kullanımının 18. yüzyılın sonlarından itibaren başladığı dikkat çekmektedir (Elkana, 1974; Warren, 1983; Trumper, 1990; Millar, 2005). Elkana’ya (1974) göre bu süreçte, enerji kavramı bugünkü bilimsel anlamını, korunum kanununun ortaya koyulması ile bulmuştur. Mayer (1842) ünlü çalışmasında, enerji korunum kanununun oluşumuna giden temel adımların ısı ve iş kavramlarının tanımlanması olduğunu belirtmektedir. Mayer, aynı çalışmasında, ısı ve iş kavramlarının tanımlanmasının enerjinin farklı çeşitlerinin oluşturulmasına zemin hazırladığını belirtmektedir. Enerji çeşitlerinin tanımlanması, farklı disiplinlerde mevcut olan çeşitli durumları açıklama ile ilişkilidir (Crowell, 2006). Daha açık bir ifade ile çeşitli durum ve/veya varlıkların sahip olduğu enerjiyi hesaplama/ifade etme farklı şekillerde yapılabilmektedir (Martinas, 2005; Swackhamer, 2005) (Örneğin, sıkıştırılmış bir yayın sahip olduğu esneklik potansiyel enerji ile bir taşın yere göre konumundan dolayı sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjiyi hesaplama/ifade etme). Nitekim okullarımızda da enerji kavramı farklı çeşitleri ve bu çeşitlere ait tanımları ile öğretilmektedir. Aslında yapılan enerji kavramının tanımlanmasından ziyade karakterize edilmesidir. Ancak Swackhamer’e (2005) göre dikkat edilmesi gereken, tek bir enerji kavramı olduğu

gerçeğinin unutulmamasıdır. Papadouris ve Constantinou (2006) da tek bir enerji kavramı olduğunu vurgulayarak enerjiyi fiziksel bir sistemde karşılaşılan değişimleri açıklamada kullanılmak üzere bulunmuş teoriksel bir kavram olarak açıklamaktadır. Buna göre enerji, doğada var olan ve ne olduğunu açıklayamadığımız özel bir şeyi ifade etmek için kullandığımız kavramdır.

1.7.2.1.1. Enerjinin Tanımı ve Değişimiyle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar

İlgili literatürden hareketle enerjinin tanımı ve değişimiyle ilgili olarak bu çalışma kapsamında hangi noktaların dikkate alındığı dolayısıyla araştırmacının bu konudaki kabulleri aşağıda sunulmuştur.

1. Enerji, farklı disiplinlerde kullanıma müsait, soyut ve teorik bir kimliğe sahiptir. Bu nedenle anlaşılması zor bir kavramdır.
2. ‘Enerji, iş yapabilme kapasitedir’ tanımlaması, enerji kavramının kavramsal içeriğini mekanikte karşılaşmasına karşın diğer disiplinlerdeki anlamını ifade etmede yeterli değildir.
3. Enerji korunumu kanunu çerçevesinde sayılara dayanan yaklaşım, enerjinin kavramsal içeriğini açıklamakta yeterli olmamaktadır.
4. Enerjinin ne olduğu ile ilgili genel bir tanımlama yapılamamaktadır.
5. Enerji tanımlanamayan ancak karakterize edilebilen yapıdadır.
6. Günlük konuşma dilinde bireyler enerjiye cisimsel olmayan bir kimlik vermektedirler.
7. Bireylerin enerjiye dair bilimsel tanımlara ulaşması kadar bilimsel olmayan tanımlamalara ulaşması da mümkündür.
8. Enerjiye dair günümüz anlamındaki bilimsel algılamalar ısı ve iş kavramlarıyla korunum kanununun tanımlanması ile başlamıştır.
9. Farklı durumlar için enerjinin varlığını hesaplama veya ifade etme yolları vardır. Bu durum disiplinler tanımlara olanak tanımaktadır. Gerçekte ise tek bir enerji vardır.
10. Enerji, bir sistemde karşılaşılan değişimleri açıklamada kullanılmak üzere bulunmuş teoriksel bir kavramdır.
11. Enerji, gerçekte ne olduğunu bilmediğimiz ancak doğadaki değişimleri açıklamak üzere bilim insanlarınca türetilmiş teorik bir kavramdır. Bu nedenle enerji kavramı sahip olduğu özellikleriyle açıklanmaktadır. Buna göre enerji, özdeği değiştirme ve

hareketlendirme ve bu değiştirme/hareketlendirme süreçlerinde nicel değeri korunma özelliklerine sahip olan ancak gerçekte ne olduğu bilinmeyen soyut bir gerçektir.

Enerjinin tanımı ve değişimi için ilgili literatürden hareketle belirlenen yukarıdaki maddelerin tasarlanacak öğrenme ortamına zemin oluşturacağı düşünülmektedir.

1.7.2.2. Enerji ğrenimi ve ğretimi

Enerji kavramının öğrenimi ve ğretimi ile ilgili yapılan araştırmaları derinlemesine incelemek üzere ilgili çalışmalar, *enerji ile ilgili ğrenci algılamaları ve alternatif ğretim yaklaşımları* başlıkları altında verilmiştir. Ayrıca alışmalar, bu araştırmaya iyi bir zemin oluşturmak ve ilgili literatüre farklı bir açıdan katkı bulunmak üzere içerik analizinden geçirilerek sunulmuştur.

1.7.2.2.1. Enerjiyle İlgili ğrenci Algılamaları

Yapılandırmacı ve MT gibi güncel öğrenme yaklaşımlarına göre öğrenmenin ancak yeni bilginin mevcut bilgilerle ilişkilendirilmesi durumunda gerçekleşeceği ortaya koymaktadır. Bu ğrenme yaklaşımlarına göre öğrenciler, yeni bilgileri ancak deneyim, zihinsel yapı, beceri ve inanç süzgecinden geçirerek genelleyebilirler. Bu nedenle öğrenciler algılamalarını mevcut bilgileri ile uyumlu bir yapıda olacak şekilde yapılandırırılar (Osborne ve Wittrock, 1983; Nakhleh, 1992; Osborne ve Freyberg, 1996). Fakat ğrencilerin mevcut bilgileri bilimsel anlamda ortaya konan tanımlamalarla rtmeyecek olursa, bu durum öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini etkiler (Bodner, 1990; alık, 2006; Özsevgeç, 2006; Kurnaz ve alık, 2008). Diğer bir ifade ile öğretmenler öğretecekleri kavramlarla ilgili öğrencilerin mevcut bilgileri hakkında derin bilgi sahibi olmadıkça, öğrencilerin algılamalarını bilimsel anlamda geliştiremezler (Carey, 1986).

Enerjinin farklı disiplinlerde farklı çeşitlerle farklı amaçlar doğrultusunda kullanılabilmesi ve günlük yaşamda bilimsel anlamdan uzak kullanımları gözönüne alındığında, öğrenciler tarafından enerji kavramına ilişkin farklı algılamaların yapılandırıldığı görülmektedir (Kurnaz, 2007; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009, 2011; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009). Bu gerekçe çerçevesinde öğrencilerin enerji kavramına ilişkin mevcut algılamalarını ortaya çıkarmak üzere pek çok çalışma yapıldığı dikkat çekmektedir (bkz. Watts, 1983; Duit, 1984; Driver ve Warrington, 1985; Finegold ve

Trumper, 1989; Trumper, 1993, 1996, 1997a, 1997b; Trumper ve Gorsky, 1993; Goldring ve Osborne, 1994; Konuk ve Kılıç, 1998; Lin ve Hu, 2003; Papadouris vd., 2004; Küçük vd., 2005; Ünal Çoban, vd., 2007; Hırça vd., 2008; Yuenyong vd., 2008; Boylan, 2008).

İlgili literatürde, enerji kavramının öğrenciler tarafından algılanma durumları ile ilgili olarak ulaşılan çalışmalar *metodoloji (örneklem, veri toplama ve analizi), temel bulgular ve öneriler* kategorilerinde analiz edilmiştir. Bu kapsamda sunulacak literatüre ait analiz sonuçları belirtilen kategoriler doğrultusunda oluşturulan tablolar çerçevesinde verilmiştir.

1.7.2.2.1.1. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Gerekçeler

İlgili çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların farklı noktalara odaklansalar da çoğunluğunun öğrencilerin alternatif fikirlerini ortaya çıkarma gerekçesi ile yapıldığı belirlenmiştir. Watts (1983) enerjinin öğretim programlarında pek çok konu ile ilişkilendirildiğini ve enerji kavramı ile öğrencilerin formal eğitim öncesinde karşılaştıklarını belirtmektedir. Bu çalışmasında araştırmacı öğrencilerin formal eğitim öncesi edinimlerinin alternatif fikirler olarak isimlendirildiğini belirterek bu edinimlerin neler olduğunun ortaya çıkarılması gerektiğini gerekçe göstermektedir. Duit (1984) fizik derslerinden fiziksel enerji kavramını tanıtmalarının beklendiğini, fakat bu konuda bazı problemlerin yaşandığını belirtmektedir. Bu nedenle fizik öğretiminde enerji kavramının tanıtılması ile ilgili olarak hangi bakış açısının anlamayı kolaylaştırdığının analiz edilmesi gerektiğini, bu anlamda da öğrencilerin ne tür algılamalar geliştirdiğinin incelenmesi gerektiğini öne sürmektedir. Benzer şekilde, Papadouris vd. (2004) enerji kavramının ‘sistemdeki değişimi açıklama modeli’ (a model that accounts for changes in certain physical systems) şeklinde tanımlanmasının öğrenci algılamaları üzerindeki etkilerinin neler olabileceğinin sorgulanması gerektiğini ön plana çıkarmışlardır. Driver ve Warrington (1985) öğrenci algılamalarının dikkate alınarak bunların değiştirilmesi veya niteliğinin artırılması ile öğrencilere bilimsel bir bakış açısı kazandırılabilceğini belirtmektedir. Bu anlamda araştırmacılar ilgili literatürde bazı çalışmaların olduğunu ancak çok azının öğrencilerin problem çözümünde enerji korunumundan nasıl yararlandığını incelediğini belirtmektedirler. Finegold ve Trumper (1989) öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili ön bilgileri ile bilimsel algılamalar arasındaki boşluğu kapatmak

amacıyla bir öğretim yaklaşımı geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amacın temellerini oluşturmak için öğrenci alternatif fikirlerini inceleme ihtiyacı duyduklarını belirtmişlerdir.

Trumper (1996) lise seviyesinde öğrencilerin enerji ile ilgili alternatif fikirlere sahip olduklarını belirtmekte ve bu seviyede öğretmenlik yapacak öğretmen adaylarının enerji kavramı ile ilgili doğru algılamalara sahip olup olmadıklarının sorgulanması gerektiğini öne sürmektedir. Benzer şekilde Trumper (1997b) ilköğretim öğretmenlerinin de enerji kavramını öğretecek olmaları nedeniyle onlarında algılamalarının incelenmesi gerektiğini belirtmektedir. Bir başka çalışmasında Trumper (1997a), İsrail'deki biyoloji öğretmenlerinin liselerde fizik öğretileri ve biyoloji derslerinde enerji kavramını kullanmaları nedeniyle onların enerjiye dair algılamalarının araştırılması gerektiğini belirtmektedir. Aynı mantık çerçevesinde Trumper (1998), fizik öğretmen adaylarının görmüş oldukları üniversite öğrenimini sonucunda enerji kavramına dair bilimsel bir algılamaya geliştirip geliştiremediklerinin sorgulanması gerektiğini belirtmiştir. Konuk ve Kılıç (1998) öğretmen adaylarının bitki ve hayvanların enerji kaynağı hakkındaki algılamalarının, Köse vd. (2006) ise öğretmen adaylarının enerji ve enerji kaynakları hakkındaki yanlış algılamalarının yeterliliklerinin ortaya çıkarılması adına gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Odell (1997) ise temel fizik dersini (introductory level science course) alan öğrencilerin enerji ve kütlenin korunumunu öğrenip öğrenemediklerini ve farklı disiplinlerden gelen öğrencilerin edinimlerinin branşlar bazındaki farklılığının irdelenmesi gerektiği vurgulamaktadır. Kurnaz (2007), Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) ve Sağlam Arslan (2009) kavram yanılgılarının tek nedeninin öğrencilerin öğrenme zorlukları olmayabileceğini vurgulayarak bilginin sınıfta öğrencilere sunulmasının araştırılması gerektiğini gerekçe göstermişlerdir. Ayrıca Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) üniversite seviyesinde öğrencilerin enerji ve ilişkili kavramlar hakkındaki görüşlerini içeren yeterince çalışma olmadığını gerekçe göstermişlerdir.

Trumper (1993) çalışmasında pek çok araştırma sonucunda öğrencilerin formal öğretim dönemi öncesinde fizik kavramları ile ilgili bilimsel olmayan algılamalar geliştirdiklerini belirtmektedir. Trumper, bu kavramlar arasında en çok dikkat çekenlerden birinin enerji kavramı olduğunu ve enerji ile ilgili bilimsel olmayan algılamaları önlemek adına enerji kavramının öğretilmesine hangi yaş seviyesinden itibaren başlanması gerektiğinin sorgulanması gerektiğini belirtmektedir.

Trumper ve Gorsky (1993) bazı çalışmalarda öğrencilerin alternatif fikirlerinin araştırıldığını, bazılarında ise bunların nasıl giderileceği üzerinde durulduğunu

belirtmektedir. Ancak araştırmacılar çok az çalışmada yeni bir kavramın algılanmasında bilişsel ve kişisel faktörlerin irdelendiğini belirterek bunların alternatif fikirlerin gelişimi üzerindeki etkilerinin incelenmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Goldring ve Osborne (1994) öğrencilerin enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili temel algılamalarını ve nitel ve nicel değişkenlerle açıklama becerilerinin irdelenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Hırça vd. (2008) enerji kavramı ile ilgili pek çok çalışma olmasına karşın çok azında öğrencilerin teorik bilgilerini yeni durumlara (novel situation) aktarma ve enerjiyi algılama durumlarının araştırıldığını belirtmektedirler.

Küçük vd. (2005) Türk öğrencilerinin enerji ve ilişkili kavramları nasıl algıladıklarının ortaya çıkarılarak ortak problemlerin çözümüne zemin hazırlanması gerektiğini ileri sürmektedirler. Yuenyong vd. (2008) öğrenmenin yalnızca bilgiyi yapılandırma olmadığını aynı zamanda kendi kültürü içinde o bilgi ile ilgili bir duruş sergilemeyi de içerdini belirtmektedirler. Yani, öğrenmenin sosyo-kültürel bir doğası olduğunu belirterek bağlamsal temellere de odaklanılması gerektiğini söylemektedirler. Bu anlamda farklı ülke ve kültürden (örneğin Tayland ve Yeni Zellanda) öğrencilerin enerji ile ilgili görüşlerinin karşılaştırılmasının fen öğretimi ve öğrenimine katkı sağlayacağı vurgulamaktadır.

Ünal oban vd. (2007) ilköğretim süreci sonunda öğrencilerin beklenen şekilde enerjiyi algılayıp algılamadıklarının irdelenmesi gerektiğini ön plana çıkarmışlardır. Boylan (2008) ise çevresel değişimler nedeniyle toplumda enerji ve iklim değişimi kavramlarının önem kazandığını belirterek öğrencilerin bu konudaki algılamalarının ortaya çıkarılması gerektiğini vurgulamaktadır. Yürümezoğlu vd. (2009) Türkiye’de yenilenen Fen ve Teknoloji dersi programının ardından enerji ve ilişkili kavramları, enerjinin kaynağını ve transferini öğrencilerin nasıl algıladığının belirlenmesi gerektiğini belirtmektedirler.

1.7.2.2.1.2. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik alışmalara Ait Metodolojiler

Enerji kavramının öğrenciler tarafından nasıl algıladığını belirlemek üzere gerçekleştirilen çalışmaların metodolojilerine ilişkin analizler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmaların metodolojileri

Çalışmalar	Çalışma Metodolojisi						Örneklem	Ö. Seçim Kriteri				
	Boylamsal	Yaş karşılaştırması	Kültürel karşılaştırma	Tarama metodu	DeneySEL	Örnek olay yöntemi		Belirtilmemiş	Tabakalı örnekleme	Gönüllüler	Rastgele	Ölçüt örnekleme
Watts, 1983						X	Farklı yaşlardan 40 (ilköğretim) öğrenci					X
Duit, 1984					X		6-10 sınıf öğrencileri					X
Driver ve Warrington, 1985						X	13, 16 ve 18 yaşlarında 28 öğrenci					X
Finegold ve Trumper, 1989						X	9-12 sınıfları 175 öğrencisi					X
Trumper, 1993	X						5-9 sınıf 398 öğrenci					X
Trumper ve Gorsky, 1993						X	9. sınıfta 60 öğrenci					X
Goldring ve Osborne, 1994						X	6. sınıfta 75 öğrenci					X
Trumper, 1996	X						68 fizik öğretmen adayı					X
Trumper, 1997a	X						189 biyoloji öğretmen adayı					X
Trumper, 1997b	X						608 sınıf öğretmen adayı					X
Odell, 1997				X			541 üniversite I öğrencisi (fizik, kimya, biyoloji, fen)		X			
Konuk ve Kılıç, 1998				X			345 (fen, fizik, kimya ve biyoloji) öğretmen adayı					X
Trumper, 1998	X						25 üniversite öğrencisi					X
Papadouris vd., 2004						X	7. sınıftan 65 öğrenci 13 yaş					X
Küçük vd., 2005						X	7. sınıftan 6 öğrenci			X		
Köse vd. 2006					X		100 fen bilgisi öğret. adayı					X
Ünal Çoban vd., 2007						X	8. sınıftan 22 öğrenci	X				
Kurnaz, 2007				X			36 fizik öğretmen adayı (I. sınıf)				X	
Yuenyong vd., 2008		X					9. sınıftan 79 öğrenci					X
Boylan, 2008				X			132 ilköğretim öğrencisi					X
Hırça vd., 2008				X			171 sekizinci sınıf öğrencisi					X
Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009					X		36 fizik I. öğretmen adayı					X
Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009					X		56 fizik I. öğretmen adayı					X
Yürümezoğlu vd., 2009					X		6-8. sınıf öğrencileri					X
Sağlam Arslan, 2009	X						169, 9-10. sınıf öğrencisi 69, 4-5. sınıf fizik öğretmen adayı 14 lisansüstü fizik öğrencisi					X

Tablo 2’de görüldüğü gibi öğrencilerin enerji kavramını nasıl algıladıklarını belirlemeye yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda 5 tür metodolojiden yararlanıldığı görülmektedir: tarama (n=5), yaş karşılaştırması (cross-age) (n=5), örnek olay (n=4), kültürel karşılaştırma (cross-cultural comparison) (n=1), deneysel dizayn (n=1) ve boylamsal araştırma (n=1). 7 çalışmada araştırma metodolojisinin belirtilmediği dikkat çekmektedir.

Çalışmaların 10 tanesi (Trumper, 1996, 1997a, 1997b, 1998; Odell, 1997; Konuk ve Kılıç, 1998; Köse vd. 2006; Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009) üniversite öğrencileriyle, 9 tanesi (Watts, 1983; Trumper, 1993; Goldring ve Osborne, 1994; Papadouris vd., 2004; Küçük vd., 2005; Ünal Çoban, vd., 2007; Hırça vd., 2008; Boylan, 2008; Yürümezoğlu vd., 2009) ilköğretim öğrencileriyle, 5 tanesi (Duit, 1984; Driver ve Warrington, 1985; Finegold ve Trumper, 1989; Trumper ve Gorsky, 1993; Yuenyong vd., 2008) lise öğrencileriyle gerçekleştirilmiştir. Bir çalışmada (Sağlam Arslan, 2009) lise, üniversite ve lisansüstü öğrencileriyle çalışıldığı belirlenmiştir.

Çalışmaların çoğunluğunda örneklem seçiminin hangi kriterler doğrultusunda yapıldığı belirtilmemiştir. Ünal Çoban vd. (2007) çalışma örneklemini tabakalı örnekleme yöntemi ile Kurnaz (2007) amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme ve Küçük vd. (2005) rastgele örneklem seçimini tercih etmiştir. Odell (1997) örneklemini gönüllülerden oluşturmuştur.

1.7.2.2.1.3. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Veri Toplama Teknikleri ve Analiz Yöntemleri

Enerjiyle ilgili öğrenci algılamalarını belirlemek üzere gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan veri toplama teknikleri ve analiz yöntemleri Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Öğrenci algılamalarını irdeleyen çalışmaların veri toplama ve analiz yöntemleri

Çalışmalar	Veri Toplama Teknikleri				Analiz Yöntemleri						
	M	ÇSS	AUS	SY	S	K	İ	BY	BA	P	B
Watts, 1983	X										X
Duit, 1984			X								X
Driver ve Warrington, 1985	X				X						
Finegold ve Trumper, 1989	X			X	X						
Trumper, 1993	X	X		X	X						
Trumper ve Gorsky, 1993	X	X		X			X				
Goldring ve Osborne, 1994	X	X	X	X	X						
Trumper, 1996	X	X		X	X						

Tablo 3'ün devamı

Trumper, 1997a	X	X		X	X				
Trumper, 1997b	X	X		X	X				
Odell, 1997		X	X			X	X		
Konuk ve Kılıç, 1998		X					X		
Trumper, 1998	X	X			X				
Papadouris vd., 2004			X		X				
Küçük vd., 2005	X								X
Köse vd. 2006	X	X	X		X		X		
Ünal Çoban, vd., 2007	X				X				
Kurnaz, 2007			X				X		X
Hırça vd., 2008		X					X		
Yuenyong vd., 2008		X					X		
Boylan, 2008		X					X		
Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009			X			X	X		X
Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009			X		X			X	
Yürümezoğlu vd., 2009			X		X	X	X		
Sağlam Arslan, 2009			X		X				

M: Mülakat (n=13); AUS: Açık Uçlu Sorular (n=8); ÇSS: Çoktan Seçmeli Sorular (n=13); SY: Serbest Yazma (cümle yazdırma, tahmin ettirme) (n=7)

S: Sınıflama (n=12); K: Karşılaştırma (n=2); İ: İstatistiksel Analiz (Ki kare testi, yüzde hesaplama, t-testi, vb.) (n=7); BY: Betimsel-Yorumsal Analiz (n=1); BA: Betimsel Analiz (n=1); P: Prakseolojik Analiz (n=2); B: Belirtilmemiş (n=3)

Tablo 3'te sunulan veri toplama teknikleri ve analiz yöntemleri aşağıda sırasıyla tanıtılmıştır.

1.7.2.2.1.3.1. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algulamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Veri Toplama Teknikleri

Tablo 3'e bakıldığında, araştırmacıların mülakatlardan, çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan ve serbest yazma metotlarından yararlanarak veri topladıkları görülmektedir. Çalışmalar arasında 10 tanesinin çoklu veri toplama yaklaşımını tercih ettiği görülmektedir. Araştırmacıların kullanmış olduğu metotlar arasında en sık kullanılan metotlar çoktan seçmeli sorular ve mülakatlardır.

Tablo 2 ve Tablo 3 araştırma yöntemleri ve tercih edilen veri toplama teknikleri açısından karşılaştırıldığında araştırma yöntemleri doğrultusunda araştırmacıların veri toplama metotlarındaki tercihleri ortaya çıkmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. Öğrenci algılamalarıyla ilgili çalışmaların veri toplama teknikleriyle araştırma yaklaşımlarının karşılaştırılması

Araştırma yaklaşımı	Sayısı	M	ÇSS	AUS	SY
Boylamsal	1	1	1	-	-
Yaş karşılaştırması	4	4	4	1	4
Kültürel karşılaştırma	1	-	1	-	-
Tarama yöntemi	5	-	4	2	-
Deneysel	1	-	-	1	-
Örnek olay yöntemi	4	2	1	3	1
Belirtilmemiş	7	6	2	3	2

Tablo 4'e göre en sık kullanılan tarama yöntemini tercih eden araştırmacılar çoktan seçmeli ve açık uçlu sorularla, yaş karşılaştırma çalışmasını tercih edenler mülakat, açık uçlu, serbest yazma ve çoktan seçmeli sorularla ve örnek olay yöntemini tercih eden araştırmacıların tüm metotlardan yararlanarak veri toplamaya odaklandıkları dikkat çekmektedir.

Çoktan Seçmeli Sorular

Çoktan seçmeli metodu kullanan araştırmacılardan Finegold ve Trumper (1989), Trumper ve Gorsky (1993) ve Trumper (1993) öğrencilerden enerji kavramı ile ilgili beş farklı tanımlamadan birini seçmelerini istemişlerdir. Trumper (1996; 1997a; 1997b; 1998) farklı yıllarda gerçekleştirdiği çalışmalarında gerçek durumla ilgili 'doğru, yanlış, anlamadım, emin değilim' seçeneklerini içeren 42 soru yönelmiştir. Hırça vd. (2008) öğrencilerine biri doğru olacak şekilde dört şıklı 20 soru sorarken, Odell (1997) biri doğru olacak şekilde beş şıklı 20 soruyu ön test ve son test (toplamda 40 soru) olarak sormuştur. Goldring ve Osborne (1994) güç ve enerji kavramlarıyla ilgili problemleri çoktan seçmeli olarak sorarken, Konuk ve Kılıç (1998) enerji kaynağı hakkında öğrencilere çoktan seçmeli sorular yönelmişlerdir. Köse vd. (2006) bitki hayvanların enerji kaynakları ile ilgili 5'li likert tipinde çoktan seçmeli toplam 14 soru sormuşlardır. Boylan (2008) öğrencilere dört ve üç şıklı iki soru ve doğru-yanlış şıklı altı soru olmak üzere toplam 8 çoktan seçmeli soru yönelmiştir. Yuenyong vd. (2008) öğrencilerine katılıyorum ve katılmıyorum seçenekleri temelinde gerekçelerini de ortaya çıkaracak şıklar sunmuşlardır. Örneklem grubunun Yeni Zelanda ve Tayland öğrencilerini içermesi nedeniyle ülkeler bazında bazı özel sorulara da yer vermişlerdir. Araştırmacılar tarafından kullanılan örnek bir soru aşağıdaki gibidir:

Tayland'da (veya Yeni Zelanda'da) enerji ile ilgili araştırmalar yapmaya ihtiyaç duymuyoruz. Bunun yerine bilgi ve teknolojiyi Japonya, Amerika veya Avrupa Ülkeleri gibi ülkelerden adapte ediyoruz ve bu durum ülkemiz için faydalıdır. Buna katılıyor musunuz? Niçin?

- (a) Soruyu anlamadım.
 (b) Bu soruyu cevaplamak için yeterince bilgim yok.

Katılıyorum:

- (c) Çünkü çok para harcamak zorunda kalmamıza rağmen ortada toplum yararına birşey yok.
 (d) Çünkü paranın çoğu eğitim, endüstri ve toplumsal araştırmalara harcanmalıdır.
 (e) Çünkü bu çok etkilidir. Tayland (veya Yeni Zellanda) araştırmalar için bütçe ayırmalarda biz gelişmiş ülkelerden hala teknoloji ithal edebiliyoruz.

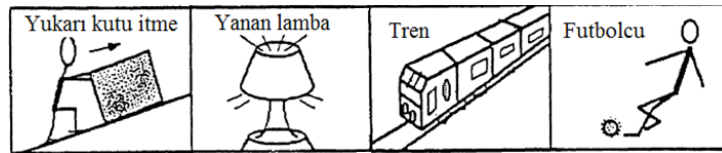
Katılmıyorum:

- (f) Çünkü araştırmalara yatırım yapma başarısız sonuçlar verse de Taylandlı (veya Yeni Zellandalı) bilim insanlarının niteliğini artacaktır.
 (g) Çünkü Tayland (veya Yeni Zellandalı) teknoloji ihraç ederek ithalat-ihracat dengesini kurmalıdır.
 (h) Çünkü kendi gereksinim ve problemlerimizden kaynaklanan enerji teknolojisini kendimiz geliştirmeliyiz.
 (i) Yukarıda seçeneklerden hiç biri benim düşüncemi yansıtmıyor. Bana göre

Çoktan seçmeli soruların öğrencilerin ne algılandığından çok ne hatırladığına odaklanması (Kurnaz ve Çalık, 2009), enerji kavramı ile ilgili öğrencilerin alternatif kavramlarını çoktan seçmeli sorularla ortaya çıkarmaya çalışan araştırmacıların öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili ne algıladığından çok ne hatırladığına odaklandığını göstermektedir. Bu nedenle, Tablo 3'te görüldüğü gibi, çoktan seçmeli sorularla veri toplayan araştırmacıların çoğunluğunun ayrıca mülakatlar, açık uçlu sorular veya serbest yazma metotları ile veri topladıkları dikkat çekmektedir.

Mülakatlar

Örnek bir durum veya olay üzerinden öğrencilerin görüşlerini gözleme ve inceleme alternatif kavramların ortaya çıkarılmasında etkindir (White ve Gunstone, 1992). Watts (1983), Finegold ve Trumper (1989), Trumper (1993; 1996; 1997a; 1997b; 1998), Trumper ve Gorsky (1993) ve Papadouris vd. (2004) gerçek durumlarla ilgili resimlerden hareketle mülakatları gerçekleştirmişlerdir (Şekil 7).



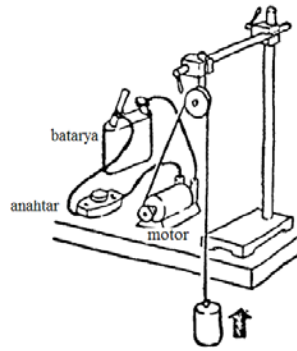
Şekil 7. Finegold ve Trumper (1989) ve Trumper (1993; 1996; 1997a; 1997b; 1998) tarafından çalışmalarda kullanılan gerçek durumlara örnekler.

Osborne ve Gilbert (1980) tarafından geliştirilen durum yaklaşımı ile mülakatta, öğrencilerden sunulan resimlerden yola çıkarak kavramla ilgili ve ilgili olmayan örnekleri vermeleri ve gerekli açıklamaları yapmaları beklenir (Watts, 1983; Finegold ve Trumper,

1989). Driver ve Warrington (1985) öğrencilerinden makara sistemi, kaldıraç, eğik yüzey ve su tribününün görevlerinden hareketle bir sisteme giren/çıkan enerji değerlerini yorumlamalarını istemişlerdir. Küçük vd. (2005) ve Ünal Çoban vd. (2007) öğrencilerin enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili algılamalarını derinlemesine belirlemek için mülakatlardan yararlanırken, Goldring ve Osborne (1994) ve Köse vd. (2006) mülakatlarda diğer veri toplama metotları ile elde ettikleri verileri desteklemeye çalışmışlardır.

Açık Uçlu Sorular

Goldring ve Osborne (1994) öğrencilere iki nitelikte açık uçlu soru yöneltmişlerdir: (I) enerjinin bilimsel ve günlük konuşma dilindeki farkını sorgulayan sorular, örneğin, “*İnsanlar enerji krizinden söz ederken enerjinin faydalı olduğundan söz ederler. Enerjinin ne zaman yararlı olduğunu söyleyebilir misiniz?*” (p. 27), (II) ısınma, iş, enerji ve güç hakkındaki algılamaları sorgulayan sorular, örneğin, “*Bir kap dolusu su ocağa konup altı yakılıyor. Suyu enerji geçişi olur mu? İş yapılır mı? Açıklayınız.*” (s. 27). Odell (1997) öğrencilere enerjinin, enerji korunumunun ve açık/kapalı sistemlerin ne olduğu ile ilgili 6 açık uçlu soru sormuştur. Duit (1984) öğrencilerden iş, güç, kuvvet ve enerji kavramlarının tanımlarını yazarak örnekler vermelerini ve Şekil 8’de görüldüğü gibi anahtar kapatıldığında bataryaya bağlı elektrik motoru tarafından kaldırılan ağırlık sürecini açıklamalarını istemiştir.



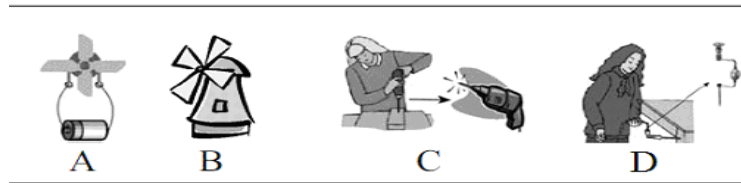
Şekil 8. Duit (1984) tarafından veri toplama sürecinde kullanılan resim

Köse vd. (2006) öğretmen adaylardan enerji vermeyen maddeleri belirleyerek cevaplarını açıklamaları ve enerji hakkındaki görüşlerini belirtmelerini istemiştir. Kurnaz (2007) öğrencilerin hesaplama, açıklama, yorumlama, tanımlama ve sınıflama aktiviteleri yerine getirmesini zorunlu kılan 8 açık uçlu soru, Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) 5 açık uçlu soru yöneltmişlerdir. Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) tarafından kullanılan

sorulardan biri “Dünya ve dünyaya düşen bir göktaşından oluşan bir sistemde potansiyel enerji hesaplanırken dikkate alınması gereken mesafe hangisidir? (Göktaşı ile dünya yüzeyi arasındaki mesafe / Göktaşı ile dünya merkezi arasındaki mesafe) Açıklayınız” şeklindedir. Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) enerji, güç ve kuvvet kavramlarının her birini ayrı ayrı sorgulayan 5 soru sormuşlardır. Araştırmacıların kullandığı sorulardan biri aşağıdaki gibidir:

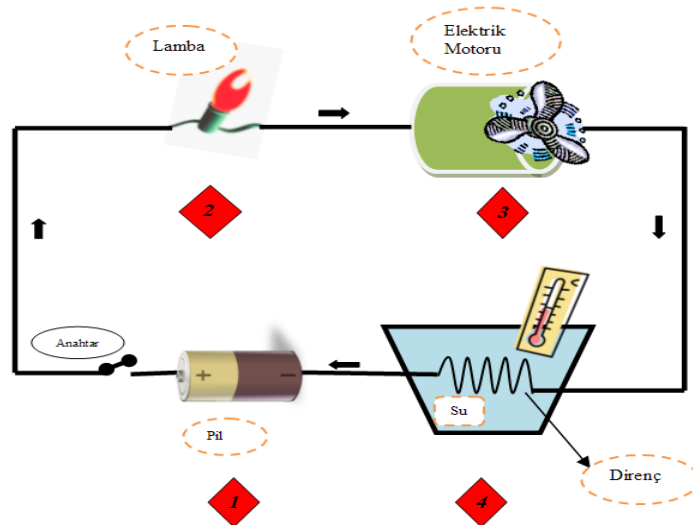
- Soru 5.** Enerji bir objenin özelliği olabilir mi? Niçin?
Güç bir objenin özelliği olabilir mi? Niçin?
Kuvvet bir objenin özelliği olabilir mi? Niçin?.

Papadouris vd. (2004) Şekil 9’da görülen gerçek durumlarla ilgili resimlerden yararlanmışlardır. Araştırmacılar, enerjiden bahsetmeden öğrencilerden resimde görülen dönmenin nasıl gerçekleştiğine dair açıklamalar yapmalarını istemişlerdir.



Şekil 9. Değişimin sebebini belirlemek için enerjiyi modelleme görevi

Yürümezoğlu vd. (2009) öğrencilere enerji kavramı, enerji kaynağı, enerji çeşidi ve enerji transferi ile ilgili açık uçlu sorular yöneltilmişlerdir. Şekil 10’da görüldüğü gibi araştırmacılar günlük hayatla ilişkili resimlerden yararlanmışlardır.



Şekil 10. Numaralandırılmış yerlerdeki enerji dönüşümlerini belirleme

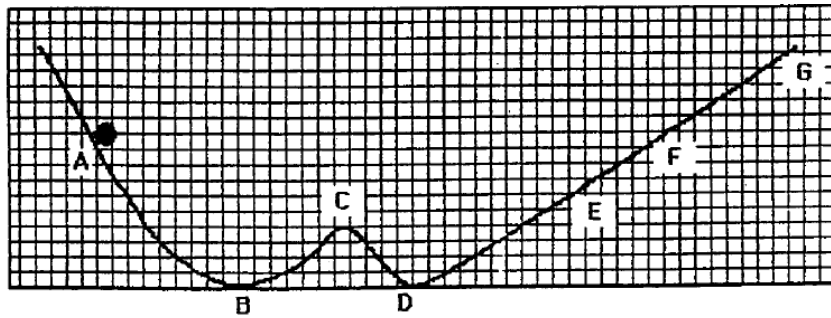
Sağlam Arslan (2009) ise iki aşamalı bir uygulama gerçekleştirerek verilerini toplamıştır. Araştırmacı, birinci aşamada, öğrencilerin enerji kavramını tanımlama becerileri, ikinci aşamada, öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili grafiksel gösterim sunabilme becerilerine dair veri toplamıştır. İkinci kategoride sorular, aşağıda verilen örnekte görüldüğü gibi, öğrencilerin potansiyel ve kinetik enerji formüllerini kullanarak grafik çizmelerini gerektirmektedir.

Problem: Sürtünmesiz bir ortamda, m kütleli cisim V_0 ilk hızı ile düşey doğrultuda yukarı doğru atılmaktadır. Lütfen cismin maksimum noktaya çıkmadan önceki hareketini dikkate alarak aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

- $E_p = m \cdot g \cdot h$ eşitliğini dikkate alarak cismin yükseklikle değişen potansiyel enerji (E_p), kinetik enerji (E_k) ve toplam enerji (E_t) grafiklerini çiziniz.
- $E_k = \frac{1}{2} mV^2$ eşitliğini dikkate alarak cismin hızı ile değişen potansiyel enerji (E_p), kinetik enerji (E_k) ve toplam enerji (E_t) grafiklerini çiziniz.

Serbest Yazma

Tablo 3'te görüldüğü gibi, 7 çalışmada veri toplama aracı olarak serbest yazma metodundan yararlanıldığı dikkat çekmektedir. Finegold ve Trumper (1989), Trumper (1993; 1996; 1997a; 1997b) ve Trumper ve Gorsky (1993) öğrencilerden enerji kavramı ile ilgili üç şey yazmalarını ve yazdıkları şeylerle ilgili örnek cümleler kurmalarını istemişlerdir. Goldring ve Osborne (1994) öğrencilerden 'güç ve enerji', 'enerji ve enerji kaynakları', 'iş ve enerji' gibi temel kavramlarla ilgili cümleler kurmalarını istemişlerdir. Şekil 11'de görüldüğü gibi Trumper (1996; 1997a; 1997b), bazı çalışmalarında eğik düzlemde hareket eden bir cismin enerjisi hakkında öğrencilerinden tahminde bulunarak açıklama yapmalarını istemiştir.



Şekil 11. Eğik düzlemde hareket eden cisim (Trumper, 1996).

1.7.2.2.1.3.2. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Analiz Yöntemleri

Tablo 2 ve Tablo 3 araştırma yöntemleri ve tercih edilen analiz yaklaşımları açısından karşılaştırıldığında araştırma yöntemleri doğrultusunda araştırmacıların hangi analiz metotlarını tercih ettikleri ortaya çıkmaktadır (Tablo 5).

Tablo 5. Öğrenci algılamalarıyla ilgili çalışmaların araştırma yöntemleri ve analiz yaklaşımlarının karşılaştırılması

Araştırma yaklaşımı	Sayısı	S	K	İ	BY	BA	P	B
Boylamsal	1	1						
Yaş karşılaştırması	4	5						
Kültürel karşılaştırma	1			1				
Tarama yöntemi	5		1	4	1		1	
DeneySEL	1							1
Örnek olay yöntemi	4	3	1	1	1	1		
Belirtilmemiş	8	5	1	1	1		1	2
Toplam	23	14	3	7	3	1	2	3

Tablo 5’de analiz yöntemi olarak araştırmacıların çoğunluğunun sınıflama metodunu tercih ettikleri görülmektedir. Sınıflama metodu daha çok yaş karşılaştırma çalışmalarında kullanılmıştır. En çok tercih edilen araştırma yöntemi olan tarama yaklaşımı ile ilgili çalışmalarda veriler çoğunlukla istatistiksel analizlerden geçirilmiştir.

Tablo 3 ve Tablo 5’de görüldüğü gibi, betimsel analiz metodu en az tercih edilen analiz metotlarıdır. Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğrencilerin algılamalarını ortaya çıkarmada betimsel analizden faydalanmışlardır. Kurnaz (2007) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) çalışmalarında betimlemeci ve yorumlamacı analiz yaklaşımı ile praxeolojik analiz yaklaşımından faydalanmışlardır. Araştırmacılar praxeolojik analiz yaklaşımıyla, öğrencilere sundukları problemlerin çözüm yolları (teknikler) ve bu çözüm yollarını doğrulayacak açıklamalardan (teknolojileri) hareketle öğrencilerin enerjiye dair bireysel tanımlarını ortaya çıkarmışlardır. Kurnaz (2007) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) ayrıca enerji ile ilgili öğrencilerin bireysel tanımları ile kurumsal tanımlarını karşılaştırarak aralarındaki farklılıkları irdelemiştir. Yuenyong vd. (2008) Yeni Zelanda ve Tayland öğrencilerinin enerji ve ilişkili konularla ilgili algılamalarını Z-puanlarından hareketle karşılaştırmışlardır. Trumper ve Gorsky (1993) bilişsel ve kişisel faktörler arasındaki ilişkiyi ve öğrencilerin enerji kavramını öğrenmedeki başarı durumlarını belirlemek için katılımcıları başarılı ve başarısız olarak iki grupta değerlendirmiştir. Bu

süreçte araştırmacılar t-testinden yararlanmışlardır. Benzer şekilde, Konuk ve Kılıç'ta (1998) $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde t-testinden yararlanmışlardır. Odell (1997) branşlar arasındaki farklılıkları incelemek üzere t-testinden yararlanan bir başka araştırmacıdır. Bunun için Odell (1997), öğrencilerin algılamalarının gelişimini belirlemek üzere öğretim süreci öncesi ve sonrasında testler kullanılmıştır. Odell (1997) ön ve son testlerden elde ettiği verilerle, öğrencilerin '*ortalama normalleşme artışlarını* <g>' hesaplamıştır. Odell (1997) tarafından ilgili hesaplamalar aşağıdaki formül doğrultusunda yapılmıştır:

$$\langle g \rangle = (\text{ön test ortalaması} - \text{son test ortalaması}) / (100 - \text{ön test ortalaması})$$

Boylan (2008) yaş grupları ile kız ve erkek öğrencilerin enerjiyi algılamaları arasında anlamlı farklılık olup olmadığını Ki-kare testinden faydalanarak incelemiştir. Hırça vd. (2008) ve Köse vd. (2006) doğru ve yanlış cevapların yüzdeleri üzerinden analizlerini gerçekleştirmişlerdir.

Driver ve Warrington (1985) en çok tercih edilen sınıflama metodunu kullanarak öğrenci cevaplarını analiz etmiştir. Finegold ve Trumper (1989), Trumper (1993; 1996; 1997a; 1997b) öğrencilerin enerjiye dair algılamalarını Watts (1983) tarafından belirlenen 7 alternatif fikir (Enerji, insan merkezlidir; bir karışımdaki bileşenlerden biridir; depo edilebilir; transfer edilebilir; üründür; işlevseldir; açık bir aktivitedir) çerçevesinde analiz etmişlerdir. Trumper (1996; 1997a; 1997b; 1998) öğrencilerin çoktan seçmeli sorulara verdiği doğru cevaplardan hareketle, % 0 - % 24 aralığını bilimsel algılaması olmayanlar, % 25 - % 75 aralığını bazen bilimsel algılaması olan ve % 76 üzeri bilimsel algılaması olanlar şeklinde gruplandırmıştır. Goldring ve Osborne (1994) tüm öğrenci cevaplarını 'doğru cevapları 3', 'kısmen doğru cevapları 2', 'yanlış cevapları 1' ve 'ilişkisiz cevapları 0' kodlayarak analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğrenci cevaplarını 'açıklamasız kısa cevapları, anlamsız cevapları, cevapsızları 0', 'bilimsel bilgiden uzak cevapları 1', 'kısmen bilimsel açıklamalar içeren cevapları 2' ve 'bilimsel cevapları 3' şeklinde kodlayarak analiz etmişlerdir. Sağlam Arslan (2009) ise iki aşamalı topladığı verilerin birinci aşamadan elde ettiği öğrenci cevaplarını aşağıda görülen beş aşamalı rubriğe göre sınıflandırmıştır.

[0] Anlama yok: Boş, düzensiz ve anlamsız cevaplar,

[1] Alternatif kavramlar: Bilimsel bilgilerle örtüşmeyen yanlış bilgiler içeren cevaplar,

[2] Alternatif kavramlar içeren kısmi anlamalar: Kavramın anlaşıldığı gösteren ancak alternatif fikirlerde içeren cevaplar,

[3] Kısmen anlama: Bilimsel olarak kabul edilebilecek nitelikte cevaplar,

[4] Bilimsel Anlama: Tamamıyla bilimsel nitelik taşıyan cevaplar.

Sağlam Arslan çalışmasının ikinci aşamasından elde ettiği verileri aşağıda listelendiği gibi yine beş aşamalı bir rubrikten yararlanarak analiz etmiştir.

- [0] Çizim yok: Boş.
- [1] Yanlış grafik: Doğru çizilmeyen grafikler.
- [2] Doğru ve yanlış grafikler: Biri doğru diğerleri yanlış çizilen grafikler.
- [3] Doğru ve yanlış grafikler: İki doğru biri yanlış çizilen grafikler.
- [4] Doğru grafikler: Üçü de doğru çizilen grafikler.

Papadouris vd. (2004) sistemdeki değişimleri açıklamayla ilgili öğrenci cevaplarını ‘enerji ile açıklayanlar’, ‘enerji haricindeki bir kavramla (kuvvet, elektrik, vb.) açıklayanlar’, ‘sistem içinde gerçekleşen bir sürece bağlayanlar’ ve ‘cevapsızlar’ şeklinde sınıflandırmışlardır. Köse vd. (2006) mülakatlardan elde ettikleri verileri ‘benzer, farklı ve bağımsız olma’ durumlarına göre gruplandırarak analiz etmişlerdir. Ünal Çoban vd. (2007) analizlerini öğrenci cevaplarından yola çıkarak oluşturdukları kodlar ve bu kodlarla ilgili oluşturdukları kategoriler çerçevesinde gerçekleştirmişlerdir. Yürümezoğlu vd. (2009) ise öğrenci cevaplarını benzer ifadeler ve ana fikirlere göre sınıflandırmışlardır. Elde edilen sınıflamalar arasında ortak bir noktayı yakalamak içinde sınıflamalar arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Elde ettikleri bulgulara ilişkin ayrıca betimlemelere ve yorumlamalara yer verdikleri belirlenmiştir.

Küçük vd. (2005), Duit (1984) ve Watts (1983) ise analizlerinde kullandıkları metotları belirtmemişlerdir.

1.7.2.2.1.4. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Önemli Bulgular

Araştırmacıların elde etmiş oldukları önemli bulgular Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmalarda elde edilen önemli bulgular

Çalışmalar	Önemli Bulgular
Watts, 1983	Öğrenciler enerjinin üretilebilir olduğunu düşünmektedir.
Watts, 1983	Öğrenciler enerjinin objelerde (kömür, petrol, kitap, vb.) depo edilemeyeceğine inanmaktadır.
Watts, 1983; Trumper, 1997a; 1998	Öğrencilere göre hareket/aktivite enerji anlamına gelmektedir.
Watts, 1983; Ünal Çoban vd., 2007; Hırça vd. 2008	Öğrenciler sadece canlı varlıkların enerjisi olduğunu düşünmektedir.
Watts, 1983; Ünal Çoban vd., 2007; Hırça vd. 2008	Öğrenciler cansız varlıkların hareket etmediği için enerjiye sahip olmadığını düşünmektedir.

Tablo 6'nın devamı

Duit, 1984; Driver ve Warrington, 1985	Öğrenciler enerjiyi bilimsel anlamından ziyade günlük konuşma dilindeki anlamı ile tanımlamaktadırlar.
Duit, 1984; Trumper, 1996; 1997a; 1997b; 1998	Öğrenciler çoğunlukla enerji indirgemesi (degradation) fikrini benimsemekte zorlanıyorlar.
Duit, 1984; Driver ve Warrington, 1985; Trumper, 1993; 1996; 1997a; 1997b; 1998; Küçük vd., 2005; Papadouris vd., 2004; Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009; Sağlam Arslan, 2009	Öğrenciler enerji kavramını iş, güç, kuvvet gibi kavramlarla karıştırmaktadır.
Finegold ve Trumper, 1989	Öğrenciler, 'ürün, sebep ve insan odaklı' sınıflamaları öğretim süreci öncesinde sıklıkla kullanılırken süreç sonunda daha az sıklıkta kullanmıştır.
Finegold ve Trumper, 1989	Enerjinin 'bir etkileşimin bileşenlerinden olması; işlevsel (kaynak) olması; akışkan olması' sınıflamaları öğrenciler tarafından nadiren kullanılmaktadır..
Finegold ve Trumper, 1989	Öğrencilerin enerjinin 'açık bir aktivite olması ve bir süreç veya durumun ürünü olması' sınıflamalarını kullanımı öğretim süreci sonunda artmıştır.
Finegold ve Trumper, 1989	Öğrenciler enerjinin dönüşümünü, bilimsel bir değere sahip olmasına karşın öğretim öncesi ve sonrasında nadiren kullanılmıştır.
Trumper, 1993	6-9. sınıf öğrencilerinin enerjiye ilişkin alternatif fikirleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.
Trumper ve Gorsky, 1993	Öğrencilerin ön fikirleri arasında belirgin anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır.
Trumper ve Gorsky, 1993	Öğretim süreci sonunda bilişsel seviyesi yüksek öğrenciler için daha anlamlı öğrenme çıktıları elde edilmiştir.
Trumper, 1993; 1996	Öğrenciler çoğunlukla enerjiyi 'sebep' ve 'insan odaklı' olarak düşünmektedir.
Goldring ve Osborne, 1994	Öğrencilere göre her enerji transferinde iş yapılıır.
Goldring ve Osborne, 1994; Duit, 1984; Trumper, 1997a; 1997b	Öğrenciler enerji korunumunun ne anlama geldiğini açıklayamamaktadırlar.
Goldring ve Osborne, 1994; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009	Öğrenciler enerji ve gücün birimini belirlemede başarısızdırlar.
Trumper, 1996; 1997a; 1997b; 1998; Papadouris vd., 2004; Küçük vd., 2005; Hırça vd., 2008	Öğrenciler enerjinin gözle görülebilir somut varlık olduğunu düşünmektedir. (Enerji bir çeşit maddedir)
Trumper, 1997a; 1998	Öğrencilere göre enerji, bir şey yapabilmek için ihtiyaç duyulandır.
Odell, 1997	Biyoloji ve kimya öğrencilerinin algılamaları fizik ve fen bilgisi öğrencilerine göre daha başarılıdır.
Konuk ve Kılıç, 1998; Köse vd. 2006	Öğrenciler bitki ve hayvanların enerjilerini su, hava veya topraktan sağladığını düşünmektedir.
Küçük vd., 2005	Öğrenciler enerjinin depolanamaz olduğunu düşünmektedir
Köse vd. 2006; Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009	Öğrenciler çoğunlukla fizikteki enerji kavramı üzerine yoğunlaşmaktadır.

Tablo 6'nın devamı

Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009	Öğrenciler potansiyel enerjinin sadece yerin yüzeyine bağlı olarak hesaplanabileceğini düşünmektedirler.
Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009	Öğrenciler problemlerin çözümü için karmaşık formülleri kullanabilmelerine karşın niçin kullandıklarını açıklayamamaktadırlar.
Kurnaz, 2007	Öğrenciler sabit hızlı hareket eden cisimlerin iş yaptığını düşünmektedir.
Ünal Çoban, vd., 2007; Kurnaz, 2007; Hırça vd., 2008; Boylan, 2008	Öğrenciler enerji formları hakkında yeterince bilgi sahibi değiller.
Hırça vd., 2008	Öğrenciler potansiyel enerjinin proton, nötron veya elektronda depolandığını düşünmektedir.
Boylan, 2008	Öğrenciler vücudumuzun enerji kaynağının uyku olduğunu düşünmektedir Öğrencilere göre vücudumuzun enerji kaynağı sudur. Öğrencilere göre insanlar için yiyecekler yenilenemez enerji kaynaklarıdır.
Boylan, 2008	Bazı öğrencilere göre doğal gaz ve nükleer enerji yenilenebilir enerji kaynağıdır. Öğrenciler ses enerjisi ile ilgili bilimsel olmayan algılamalara sahiptir. Öğrenciler odunun yanması ile ışık enerjisi ortaya çıkmayacağını düşünmektedir.
Hırça vd., 2008	Öğrencilerden bazılarının göre bir çocuk ve bir adam aynı kutuyu aynı yüksekliğe hareket ettirdiklerinde farklı enerji harcarlar. Öğrenciler, hayvanların yaşamlarını devam ettirebilmek için fotosentez, fermantasyon veya terleme ile enerji elde ettiğine inanmaktadır. Öğrenciler enerji dönüşümü sürecinde enerjinin bir kısmı kaybolduğunu belirtmektedir.
Yuenyong vd., 2008	Öğrencilerin enerji ile ilgili bilgilerini yapılandırmasında çevresel şartların ve kültürel inanış ile sosyal değerlerin etkisi vardır. Öğrenciler politik görüşler ile enerji çalışmaları arasındaki ilişkiyi anlamakta zorlanmaktadırlar.
Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009	Öğrenciler hareket ile enerji arasındaki ilişkiyi açıklamakta zorlanmaktadırlar. Öğrenciler, enerji ve madde arasındaki ilişkiyi açıklayamamaktadırlar.
Yürümezoğlu vd., 2009	Öğrencilerin zihinlerindeki enerji fikri enerjinin kaynağı, transferi ve formu durumlarıyla ilişkili değildir. Öğrencilerin enerjinin kaynağı ile enerjinin farklı formları arasındaki değişikliği ayırt edememektedirler.
Yürümezoğlu vd., 2009	Enerji dönüşümleri sırasında eğer gözlemlenen/algılanan nitelik varsa (ışık, termometre ve pervane gibi) öğrenci dönüşümü kavrayabilmekte yoksa algılayamamaktadırlar.
Sağlam Arslan, 2009	Öğrenciler farklı yaş seviyesinden de olsa onlar için ortak tanımlama enerjinin iş yapabilme yeteneği olduğudur. Öğrenciler edinimlerini grafiksel olarak ifade etmekte zorlanmaktadırlar.

Öğrenciler yeni bilgilerinin mevcut deneyimlerinin, yeteneklerinin, inançlarının üzerine yapılandırdıklarından (Çepni vd., 2000; Çepni vd., 2001; Kurnaz ve Çalık, 2008), anlamlı öğrenme için yeni bilginin mevcut bilgilerle örtüşmesi gerekmektedir (Çalık, 2006; Özsevgeç, 2007). Tablo 6 incelendiğinde pek çok araştırmadan öğrencilerin enerjiyi tanımlama ile ilgili öğrenme güçlüklerinin veya alternatif fikirlerinin olduğu

görülmektedir. Trumper ve Gorsky (1993) çalışmalarında öğretim süreci öncesinde öğrencilerin ön bilgileri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığını ortaya koyarken öğretim süreci sonunda bilişsel seviyesi yüksek öğrencilerin lehine daha anlamlı öğrenme çıktılarının olduğunu tespit etmişlerdir. Trumper (1993) 6-9. sınıf öğrencilerinin enerjiye ilişkin fikirleri arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını belirlemiştir. Trumper (1996; 1997a; 1997b; 1998), Papadouris vd. (2004), Küçük vd. (2005) ve Hırça vd. (2008) bazı öğrencilerin enerjiyi gözle görülebilir somut bir varlık olarak algıladıklarını belirlemiştir. Driver ve Warrington (1985) ve Duit (1984) çalışmalarında öğrencilerin enerjiyi bilimsel anlamından ziyade günlük konuşma dilindeki anlamı ile tanımladıklarını, Yuenyong vd. (2008) öğrencilerin enerji ile ilgili bilgilerini yapılandırma sürecinde çevresel şartları, kültürel inanışları ve sosyal değerleri dikkate aldığını ve politik görüşler ile enerji çalışmaları arasındaki ilişkiyi anlamakta zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Köse vd. (2006), Kurnaz (2007) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) enerjiyi bilimsel anlamda tanımlayan öğrencilerin sadece fizikteki enerji kavramı üzerine yoğunlaştığını belirtmektedirler. Sağlam Arslan (2009) farklı öğrenim seviyelerinde olmalarına karşın öğrencilerin ‘enerjiyi iş yapabilme yeteneği’ olarak tanımladıklarını göstererek öğrencilerin sadece fizikteki enerji kavramı üzerine odaklandığı doğrulamıştır. Odell (1997) ise biyoloji ve kimya bölümü öğrencilerinin enerjiye dair algılamalarının fizik ve fen bilgisi öğrencilerine göre daha başarılı olduklarını tespit etmiştir. Duit (1984), Driver ve Warrington (1985), Trumper (1993; 1996; 1997a; 1997b; 1998), Küçük vd. (2005), Papadouris vd. (2004), Kurnaz (2007), Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) ve Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğrencilerin enerji kavramı ile iş, güç, kuvvet gibi kavramlarını karıştırdıklarını belirlemiştir. Goldring ve Osborne (1994) ile Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğrencilerin enerji ve güç kavramlarının birimlerini belirlemede başarısız olduklarını tespit etmişlerdir. Kurnaz (2007) ile Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) ise öğrencilerin problem çözümünde gerekli karmaşık formülleri kullanabilmelerine karşın bu formülleri niçin kullandıklarını açıklayamadıklarını vurgulamaktadır.

Finegold ve Trumper (1989) enerji ile ilgili olarak ‘ürün, sebep ve insan odaklı’ sınıflamalarının öğretim süreci öncesinde öğrenciler tarafından sıklıkla kullanılırken süreç sonunda daha az sıklıkta kullanıldığını, ‘bir etkileşimin bileşenlerinden olması, işlevsel (kaynak) olması, akışkanlığı ve enerjinin dönüşüm özelliği’ sınıflamalarının nadiren kullanıldığını ve ‘açık bir aktivite olması ve bir süreç veya durumun ürünü olması’ sınıflamalarının kullanımının öğretim süreci sonunda arttığını belirlemiştir. Trumper

(1993; 1996; 1997a; 1998) çalışmalarında öğrencilerin enerjiyi bir şey yapabilmek için ihtiyaç duyulan (sebeup) veya insan odaklı (anthropocentric) olarak tanımladıklarını vurgulamaktadır. İnsan odaklı tanımlama ile ilgili benzer bulgular Boylan (2008) ve Hırça vd. (2008) tarafından da ortaya konmaktadır. Boylan (2008) öğrencilerin vücudumuzun enerji kaynağı olarak uykuyu veya suyu düşündüklerini ve yiyeceklerin yenilenemez enerji kaynağı olarak değerlendirildiğini tespit etmiştir. Hırça vd. (2008) ayrıca öğrencilerin bir çocuk ve bir adamın aynı kutuyu aynı yüksekliğe hareket ettirmeleri durumunda farklı enerji harcayacaklarına inandıklarını tespit etmişlerdir. Enerji aktarımı ile ilgili olan bu durumla ilgili olarak Duit (1984), Goldring ve Osborne (1994), Trumper (1996; 1997a; 1997b; 1998) ve Kurnaz (2007) benzer bulgulara ulaşmışlardır. Goldring ve Osborne (1994) öğrencilerin her enerji transferinde iş yapılması gerektiğine inandıklarını, Duit (1984) ve Trumper (1996; 1997a; 1997b; 1998) çoğunlukla enerji indirgenmesi (degradation) fikrini benimsemekte zorlandıklarını, Kurnaz (2007) sabit hızla harekette iş yapıldığını düşündüklerini ve Hırça vd. (2008) enerji dönüşümü sürecinde enerjinin bir kısmını kaybaldığına inandıklarını tespit etmişlerdir. Enerjinin vardan yok yoktan var olamayacağı açıktır. Öğrenciler tarafından enerjinin kaybolacağına belirtilmesi, enerji korunumunun doğru algılanmadığını düşündürmektedir. Bu durum Goldring ve Osborne (1994), Duit (1984) ve Trumper (1997a; 1997b) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen bulgularda da ortaya konmuştur. Diğer canlılarla ilgili olarak Köse vd. (2006) ve Konuk ve Kılıç (1998) öğrencilerin bitki ve hayvanların enerjilerini su, hava veya topraktan sağladığını belirttiklerini ifade ederken, Hırça vd. (2008) öğrencilerin hayvanların yaşamlarını devam ettirebilmek için ihtiyaç duydukları enerjiyi fotosentez, fermantasyon veya terleme ile elde ettikleri belirtmektedir.

Yürümezoğlu vd. (2009) öğrencilerin enerjinin kaynağı ile enerjinin farklı çeşitleri arasındaki değişikliği ayırt edemediklerini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca enerji dönüşümleri sırasında eğer gözlemlenen/algılanan nitelik varsa öğrencilerin enerji dönüşümünü algılayabildiklerini yoksa algılayamadıklarını ortaya çıkarmışlardır. Kurnaz (2007), Ünal Çoban vd. (2007), Hırça vd. (2008), Boylan (2008) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) öğrencilerin enerji çeşitleri hakkında yeterli bilgi sahibi olmadıklarını, öğrencilerin çoğunlukla potansiyel ve kinetik enerji formlarını bildiklerini tespit etmişlerdir. Ünal Çoban vd. (2007) ve Kurnaz'a (2007) göre bu durum enerji kavramının öğretiminin mekanik temelinde ele alınmasından kaynaklanmaktadır. Kinetik ve potansiyel enerji çeşitleri öğrenciler tarafından bilinse de açıklanmaları konusunda öğrencilerin

yeterince bilgi sahip olmadıkları dikkat çekmektedir (Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009). Hırça vd. (2008) bazı öğrencilerin potansiyel enerjinin proton, nötron veya elektronda depolandığına inandıklarını belirlemişlerdir. Kurnaz (2007) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) öğrencilerin potansiyel enerjinin sadece yerin yüzeyine bağlı bir değer olduğuna inandıklarını belirlemişlerdir. Boylan (2008) ise öğrencilerin doğal gaz ve nükleer enerjiyi yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımladıklarını ve ses enerjisi ile ilgili bilimsel olmayan algılamaları olduğunu belirtmektedir.

Watts (1983), Ünal Çoban vd. (2007) ve Hırça vd. (2008) öğrencilerin sadece canlı varlıkların enerjisi olduğuna ve cansız varlıkların hareket etmemeleri nedeniyle enerjiye sahip olmadığına inandığını belirlemişlerdir. Watts (1983) ve Küçük vd. (2005) öğrencilerin enerjiyi depo edilemez ve hareket ile özdeş olarak algıladıklarını vurgulamaktadır. Trumper (1997a; 1998) öğrencilerinin hareket olduğu takdirde enerjinin var olduğuna inandıklarını, Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) hareket/aktivite ile enerji arasındaki ilişkiyi öğrencilerin açıklamakta zorlandıklarını tespit etmiştir. Boylan (2008) öğrencilerin odunun yanması olayında ışık enerjisinin ortaya çıkmayacağını belirttiklerini ifade ederken, Watts (1983) öğrencilerin enerjiyi üretilebilir (yoktan var edilebilir) olarak algıladıklarını vurgulamaktadır. Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğrencilerin enerji ve madde arasındaki ilişkiyi açıklamakta yetersiz olduklarını belirlemişlerdir.

1.7.2.2.1.5. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Önemli Sonuçlar

Araştırmacıların ulaştığı önemli sonuçlar Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmalarda elde edilen önemli sonuçlar

Çalışmalar	Sonuçlar
Watts, 1983	Öğrenciler enerji ile ilgili farklı alternatif görüşlere sahiptir.
Duit, 1984; Trumper, 1998	Fizik öğretimi enerji kavramının öğreniminde yeterince etkin değildir.
Driver ve Warrington, 1985	Fiziksel durumların yorumlanması ile ilgili durumlarda enerji korunumu öğrencilerce nadiren tercih edilmektedir.
Finegold ve Trumper, 1989	Öğrencilerin öğretim öncesi fikirlerinin öğretim sonrası devam etmesi öğretmenlerin başarılarının düşük seviyede olduğunu göstermektedir.
Trumper, 1993	Öğrenciler enerji formları, dönüşümü ve korunumu ile 5. sınıftan itibaren karşılaşmalıdır.
Trumper, 1993	Öğretim süreci, öğrencilerin ‘enerji insan odaklıdır, enerji bir sürecin ürünüdür veya sebebidir’ alternatif fikirleri dikkate alınarak yapılandırılmalıdır.

Tablo 7'nin devamı

Trumper ve Gorsky, 1993	Öğretimin öğrencilerin ön bilgileri üzerine yapılandırılması öğrenmeye kolaylaştırmaktadır.
Goldring ve Osborne, 1994	Öğrencilerin nitel cevapları ile nicel cevapları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.
Trumper, 1996; 1997a; 1997b	Öğrenciler bilimsel olmayan ve birbirlerinden farklılık gösteren algılamalara sahiptir.
Odell, 1997	Fizik, kimya, biyoloji ve fen bilgisi öğrencilerinin enerji ile ilgili algılamalarında temel dersler öncesi ve sonrasında farklılıklar mevcuttur.
Konuk ve Kılıç, 1998; Köse vd., 2006	Öğrenciler üniversiteye kavram yanlışları ile gelmekte ve bu yanlışlar bu süreçte de devam etmektedir.
Küçük vd., 2005; Ünal Çoban vd., 2007; Hırça vd., 2008; Yürümezoğlu vd., 2009	İlköğretim süreci sonunda enerji kavramı ile ilgili olarak öğrenciler bilimsel olmayan zihinsel yapılandırmalar geliştirmektedirler.
Yuenyong vd., 2008	Öğrenciler toplumu ilgilendiren durumlar ile enerji çalışmaları arasında ilişkilendirme yapmakta zorlanmaktadır.
Boylan, 2008	Öğrencilerin yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları hakkında alternatif fikirleri mevcuttur.
Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009	Öğrenciler iş ve enerji arasındaki ilişki ve enerji formları hakkında yeterli bilgi sahibi değildirler. Öğrencilerin açıklama ve yorumlama gerektiren uygulamaları yerine getirmedeki bireysel becerileri son derece düşüktür.
Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009	Öğrenciler, problemlerin çözümünde kullandıkları formülleri niçin kullandıklarını açıklayamayarak formüllerin kullanımı konusunda otomatikleştiklerini göstermişlerdir.
Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009	Öğrenciler günlük hayatta karşılaştıkları durumları enerji ve ilişkili kavramlarla açıklayamamaktadırlar.
Sağlam Arslan, 2009	Farklı yaş seviyelerindeki öğrencilerin enerjiyi benzer nitelikte tanımlaması öğrenmeleri arasında benzerliklerin olduğunu göstermektedir. Öğrenciler farklı sunumlar arasında geçiş yapmakta zorlanmaktadır. Farklı yaş seviyelerindeki öğrenciler enerjiyi otonom bir şekilde tanımlayamamasında kurumsal öğretimin derin izleri vardır.

Tablo 7'de görüldüğü gibi Watts (1983) öğrencilerin enerji ile ilgili sahip olduğu alternatif fikirlerinin olduğunu belirterek onları 7 başlıkta sınıflamıştır: 'enerji insan odaklıdır, enerji depo edilebilirdir, enerji oluşumdaki bileşenlerden biridir, enerji açık bir aktivitedir, enerji bir sonuçtur, enerji akışkandır, enerji işlevseldir'. Trumper (1993) öğrencilerin enerji formları, dönüşümü ve korunumu ile 5. sınıftan itibaren karşılaşması gerektiği ve öğretim sürecinin öğrencilerin 'enerji insan odaklıdır, enerji bir sürecin ürünüdür veya sebebidir' alternatif fikirleri dikkate alınarak yapılandırılması gerektiği sonucuna varmıştır. Trumper (1996; 1997a; 1997b) öğrencilerin bilimsel olmayan ve birbirlerinden farklılık gösteren algılamalara sahip olduğunu belirtmektedir. Boylan (2008) öğrencilerin yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları hakkında alternatif fikirleri olduğu, Yuenyong vd. (2008) toplumu ilgilendiren durumlarla enerji çalışmaları arasında

ilişkilendirme yapmakta zorlandığı sonucuna varmıştır. Driver ve Warrington (1985) fiziksel durumların yorumlanmasıyla ilgili durumlarda enerji korunumunun nadiren tercih edildiğini, Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları durumları enerji ve ilişkili kavramlarla açıklayamadıklarını ve Goldring ve Osborne (1994) nitel ve nicel cevapları arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı sonucunu ortaya koymuşlardır. Kurnaz (2007) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) ise öğrencilerin iş ve enerji arasındaki ilişki ile enerji çeşitleri hakkında yeterli bilgi sahibi olmadığı, öğrencilerin açıklama ve yorumlama gerektiren uygulamaları yerine getirmede son derece düşük becerilere sahip olduğu ve problemlerin çözümünde formüllerin kullanımı konusunda otomatikleştikleri sonuçlarına varmışlardır. Sağlam Arslan (2009) öğrencilerin formül kullanma ve kavramsal açıklama becerileri arasında paralellik olmadığını yani öğrencilerin farklı sunumlar arasında geçiş yapamadıklarını belirlemiştir.

Trumper ve Gorsky (1993) enerji kavramının öğretiminde öğrencilerin ön bilgileri üzerine yapılandırılmasının öğrenmeye kolaylaştıracağını vurgulamaktadır. Duit (1984) ve Trumper (1998) fizik öğretiminin enerji kavramının öğreniminde yeterince etkin olmadığı sonucuna varırken Küçük vd. (2005), Ünal Çoban vd. (2007), Hırça vd. (2008) ve Yürümezoglu vd. (2009) öğrencilerin ilköğretim süreci sonunda bilimsel olmayan zihinsel yapılandırmalar geliştirdiklerini ortaya çıkarmışlardır. Konuk ve Kılıç (1998) ve Köse vd. (2006) ise öğrencilerin üniversiteye kavram yanılgıları ile geldiğini ve bu yanılgıların öğretim süreçlerinde de devam ettiği sonucuna varmışlardır. Odell (1997) farklı bölümlerden öğrencilerle gerçekleştirdiği çalışmasında, öğrencilerinin enerji ile ilgili algılamalarında temel dersler öncesi ve sonrasında farklılıklar olduğu sonucuna varmıştır. Buna karşın Sağlam Arslan (2009) farklı yaş seviyelerindeki öğrencilerin öğrenmeleri arasında ciddi benzerlikler olduğunu belirlemiştir. Ayrıca araştırmacı öğrencilerin enerjiyi otonom bir şekilde tanımlayamamalarının temelinde kurumsal öğretimin derin izlerinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Finegold ve Trumper'a (1989) göre öğrencilerin öğretim öncesi fikirlerinin öğretim sonrası devam etmesi enerji kavramının öğretimi konusunda öğretmenlerin başarılarının düşük seviyede olduğunu göstermektedir.

1.7.2.2.1.6. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Ait Önemli Öneriler

Araştırmacıların tarafından verilen önemli öneriler Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Öğrenci algılamalarıyla ilgili araştırmalarda elde edilen önemli veriler

Çalışmalar	Öneriler
Watts, 1983	Öğrencilerin ön bilgileri değerlidir ve yapılandırılabilir. Bu nedenle kavramsal değişim yaklaşımını ön plana çıkarılmalıdır.
Duit, 1984	Enerji indirgenmesini dikkate alan öğretim enerji korunumunun daha iyi algılanmasına yardımcı olacaktır.
Driver ve Warrington, 1985	Öğrencilere fiziksel durumlarla ilgili sadece alıştırmalar yaptırılmamalı bunun yerine düşündürücü alternatif problemlerde sunulmalıdır.
Finegold ve Trumper, 1989	Küçük çalışma grupları ile keşfedici öğretimin enerji kavramının öğreniminde başarılı olabileceği düşünülmekte ve önerilmektedir.
Trumper, 1993	Öğrencilerin algılamalarını bilimsel şekilde yapılandırmak üzere enerji öğretiminin 5. sınıftan itibaren yapılması, öğrencilere mümkün olduğunca farklı formları hakkında bilgilendirmeler yapılması önerilmektedir.
Trumper ve Gorsky, 1993	Öğrenci öğrenmelerinin nasıl gerçekleştiği üzerine farklı çalışmaların gerçekleştirilmesi gerektiği önerilmektedir.
Goldring ve Osborne, 1994	Enerji kavramının öğretiminde kavram haritalarından ve tartışma gruplarından yararlanılmalıdır.
Trumper, 1996; 1997a; 1997b	Öğrencilerin ön öğrenmelerini dikkate alan yapılandırmacı yaklaşım önerilmektedir.
Trumper, 1998; Ünal Çoban vd., 2007	Alternatif öğretim yöntemleri geliştirilmelidir.
Küçük vd., 2005	Öğretim öncesi öğrencilerin enerji ve ilişkili olduğu kavramlarla ilgili alternatif kavramları belirlenmelidir.
Küçük vd., 2005; Hırça vd., 2008; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009	Enerji ve ilişkili olduğu kavramlar bütünlük içinde farklılıkları ortaya koyularak verilmelidir.
Köse vd., 2006; Hırça vd., 2008	Probleme dayalı öğretim, modelleme, bilgisayar simülasyonları, kavram haritaları, kavramsal değişim metinlerinden yararlanılan alternatif öğretim yöntemleri geliştirilmelidir.
Yuenyong vd., 2008	Fen müfredatlarının çok kültürlü (cross-cultural) bir bakış açısına sahip olması gerektiği önerilmektedir.
Boylan, 2008	Enerji kaynakları ve iklim değişimi gibi konuların gerçek yaşamla ilişkilendirilerek anlatılmasını önermektedir.
Kurnaz, 2007	Enerji kavramının öğretiminde nitel ve nicel işlemlerde dengeli ve sıralı bir bakış açısı önerilmektedir.
Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009	Enerji kavramının öğretimi sadece hesaplama gerektiren aktivite durumları ile sınırlandırılmamalı, daha farklı aktivite çeşitleri üzerinde de durulmalıdır.
Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009	Enerjinin iş kavramına dayalı tanımlanması yerine daha geniş bir perspektifte tanımlanması önerilmektedir.
Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2009	Öğretim sürecinde kavram haritaları, kavramsal değişim metinleri gibi materyallerden yararlanılmalıdır.
Yürümezoğlu vd., 2009	Öğretim sürecinde günlük hayattan çok sayıda örneğe, değişik deney ve etkinliklere yer verilmelidir.
Sağlam Arslan, 2009	Enerji kavramının öğretiminde etkinliği ortaya konan grafiklerden de yararlanılmalıdır.

Watts (1983) öğrencilerin ön bilgilerinin değerli olduğu ve öğretim sürecinin bu ön bilgiler üzerine kurularak kavramsal değişimin sağlanması gerektiğini önermektedir.

Bunun için Watts öğretmenlerin öğrencilerin alternatif fikirleri hakkında bilgi sahibi olması gerektiğini belirtmektedir. Trumper (1993) öğrencilerin algılamalarını bilimsel şekilde yapılandırmak üzere enerji öğretiminin 5. sınıftan itibaren yapılmasını ve mümkün olduğunca enerjinin farklı çeşitleri hakkında bilgilendirmeler yapılmasını önermektedir.

Öğrencilerin enerji kavramının içeriğini algılayamamalarının temelinde belirgin bir tanımlamanın yapılamaması yatmaktadır (Driver ve Warrington, 1985; Arons, 1999; Domenech vd., 2007). Bu durumla ilişkili olarak Kurnaz (2007) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) enerji kavramının iş kavramına dayanmayan, disiplinlerarası anlamı yansıtacak daha genel bir bakış açısı ile tanımlanmasını önermektedir. Duit (1984) öğretim sürecinde enerji indirgenmesinin dikkate alınmasının öğrencilerin enerjinin korunumunu anlamasına yardımcı olacağını belirtmektedir. Duit'e göre günlük deneyimler öğrenciler için enerjinin kaybolduğunu işaret ederek enerji korunumu kanununu yalanlamaktadır. Bu nedenle enerji indirgenmesi bilimsel anlam ile günlük anlam arasındaki farklılığı kapatmaya yardımcı olacaktır. Yuenyong vd. (2008) müfredatlarının çok kültürlü bir bakış açısına sahip olması gerektiğini ifade etmektedirler. Boylan (2008) ise enerji kaynakları ve iklim değişimi gibi konuların gerçek yaşamla ilişkilendirilerek anlatılmasını önermektedir.

Finegold ve Trumper (1989) küçük çalışma grupları ile keşfedici öğretimin enerji kavramının öğreniminde etkili olabileceğini, Goldring ve Osborne (1994) enerji kavramının öğretiminde kavram haritalarından ve tartışma gruplarından yararlanılmasını, Trumper ve Gorsky (1993), Trumper (1998) ve Ünal Çoban vd. (2007) enerji kavramının öğrenilmesini kolaylaştıracak alternatif öğretim yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar. Driver ve Warrington (1985), Kurnaz (2007) ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) öğrencilerle fiziksel durumlarla ilgili sadece matematiksel işlem gerektiren alıştırmalar yapılmamasını, düşündürücü alternatif aktivite çeşitlerine yer verilmesi gerektiğini ifade etmektedirler. Bu anlamda Kurnaz (2007) enerji kavramının öğretiminde nitel ve nicel işlemlerde dengeli ve sıralı bir bakış açısının olması gerektiğini vurgulamaktadır. Küçük vd. (2005) öğretim öncesinde öğrencilerin enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili alternatif fikirlerinin belirlenmesini gerektiğini önermektedir. Bu anlamda, Trumper (1996; 1997a; 1997b) öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alan yapılandırmacı yaklaşımı önermektedir. Köse vd. (2006) ve Hırça vd. (2008) probleme dayalı öğretim, modelleme, simülasyonlar, kavram haritaları, kavramsal değişim metinlerinden yararlanılan alternatif öğretim yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Benzer şekilde, Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğretimin sürecinde

kavram haritaları, kavramsal değişim metinleri gibi materyallerden yararlanılmasını önermektedirler. Sağlam Arslan (2009) enerji kavramının öğretiminde etkinliği ortaya konan grafiklerden de yararlanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Küçük vd. (2005), Hırça vd. (2008) ve Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) enerji ve ilişkili olduğu kavramların öğretiminde karşılaştırılmalı yaklaşımlara yer verilmesini önermektedir. Yürümezoğlu vd. (2009) ise öğretim sürecinde günlük hayattan çeşitli örneklere, değişik deney ve etkinliklere yer verilmesi gerektiğini tavsiye etmektedirler.

1.7.2.2.1.7. Enerjiyle İlgili Öğrenci Algılamaları Konusundaki Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar

Bu başlık altında yukarıda sunulan öğrenci algılamalarıyla ilgili literatür doğrultusunda çalışmada dikkate alınması düşünölen noktalarla araştırmacının bu konulardaki kabulleri sırasıyla verilmiştir.

1. Öğrenme yeni bilginin mevcut bilgiyle ilişkilendirilmesi durumunda gerçekleşir. Mevcut bilginin bilimsel tanımlamalarla örtüşmesi veya örtüşmemesi anlamlı öğrenmeyi etkiler.
2. Öğretmenler öğrenci algılamalarını bilimsel anlamda geliştirebilmek için enerjiyle ilgili öğrencilerin mevcut bilgileri hakkında derin bilgi sahibi olmalıdır.
3. Öğrenciler, enerjinin farklı disiplinlerde farklı çeşitlerle ve amaçlar doğrultusunda kullanımı ve günlük yaşamda bilimsel anlamdan uzak kullanımı nedenleriyle, enerji kavramına ilişkin farklı algılamalar yapılandırabilmektedir.
4. Enerjinin kavramsal doğasının karmaşıklığı ve bireye özgü algılamalar dikkate alındığında öğrenci algılamalarının nitel bir yaklaşımla irdelenmesinin daha anlamlıdır.
5. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda veri toplama tekniği olarak çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan ve mülakatlardan faydalanılmıştır.
6. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen verilerin analizlerinde farklı analiz yaklaşımların varlığı dikkat çekmektedir.
7. İlköğretim, ortaöğretim ve yüksek öğretim öğrencileri arasında benzer nitelikte yanlış algılamalar vardır.
8. Öğrenciler enerjiyi ilişkili olduğu iş, kuvvet, güç gibi kavramlarla karıştırmaktadır.
9. Öğrenciler problem çözümünde gerekli formüllerin kullanımında başarılı olmalarına

rağmen bu formülleri niçin kullandıklarını açıklamada başarısızdır.

10. Öğrenciler enerjiyi gözle görülebilir somut bir varlık olarak algılamaktadır.
11. Öğrenciler enerjiyi günlük konuşma dilindeki anlamı ile algılamaktadır.
12. Öğrencilerin enerji ile ilgili bilgilerini yapılandırmasında çevresel şartlar, kültürel inanışlar ve sosyal değerler önemli rol oynamaktadır.
13. Öğrenciler her enerji transferinde veya sabit hızlı harekette iş yapıldığına inanmaktadır.
14. Öğrenciler çoğunlukla enerji indirgenmesi (degradation) fikrini benimsememektedir.
15. Öğrenciler enerji dönüşümü sürecinde bir kısmının kaybolduğuna inanmaktadır.
16. Öğrenciler enerjinin çeşitleri hakkında yeterli bilgiye sahip değildir.
17. Öğrenciler potansiyel enerjinin yerin yüzeyine bağlı bir değer olduğuna inanmaktadır.
18. Öğrenciler enerjiyi depo edilemez ve hareket ile özdeş olarak algılamaktadır.
19. Öğrencilerin ön bilgileri değerlidir ve yapılandırılabilir. Bu nedenle öğrencilerin öğretim öncesi enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili alternatif kavramları belirlenmelidir.
20. Enerji korunumunun öğretiminde enerji indirgenmesi dikkate alınmalıdır.
21. Enerji kavramının öğretiminde farklı sunumlardan yararlanılmalıdır.
22. Enerji aktarımının nasıl gerçekleştiğini ortaya koyan öğretim anlayışı benimsenmelidir.
23. Enerji kavramının öğretimi sadece hesaplama gerektiren aktivite durumları ile sınırlandırılmamalı farklı aktivite çeşitleri üzerinde de durulmalıdır.
24. Enerji iş kavramına dayanmayan daha geniş bir perspektifte tanımlanmalıdır.

İlgili literatürden hareketle yukarıda sunulan durumların öğrenme ortamının hazırlanmasında dikkate alınmasının önemli bir zemin oluşturacağı düşünülmektedir.

1.7.2.2.2. Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları

İlgili literatürden enerji kavramının öğretimi için alternatif bir yaklaşım öneren çalışmalardan ulaşılanları *odak konular, gerekçeler, metodoloji (örneklem, veri toplama ve analizi), temel bulgular ve öneriler* alt kategorileri dikkate alınarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda sunulacak literatüre ait analiz sonuçları yukarıda belirtilen kategoriler doğrultusunda oluşturulan tablolar çerçevesinde verilmiştir.

1.7.2.2.1. Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmaların Odak Konuları

Enerji öğretimiyle ilgili ulaşılan çalışmaların odak konuları Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Enerji kavramı ile ilgili öğretim çalışmaları

Odak	Strateji	Kavram	f	Çalışmalar
Alternatif yaklaşım	Yapılandırmacı yaklaşıma dayalı öğretim	İnsan odaklı (anthropocentric) tanımlamadan bilimsel bakış açısına kavramsal değişim süreci	2	Trumper, 1990a; 1991
		İnsan odaklı, sebep ve sonuç bakış açılarını dikkate alarak enerji kavramının öğretimi	1	Trumper, 1990b
		İş, güç, enerji, enerji korunumu ve enerji dönüşümü	1	Aydın ve Günay Balım, 2005
		enerji korunumu ve enerji dönüşümü	1	Brook ve Wells, 1988
		Enerji formları, enerji değişimi ve enerji kaynakları	2	Kirkwood ve Carr, 1988; 1989
	Diyagramlar, sütun grafikleri, grafiksel sunumlarla desteklenen öğretim yaklaşımları	Enerji korunumu, enerji değişimi ve enerji türleri	3	Huis ve Berg, 1993; Fry vd., 2003; Horner, Jeng ve Lindell, 2006
		İş-enerji süreci	2	Heuvelen ve Zou, 2001; Mutimuciuo, 2003
Entegre öğretim	Enerji ile ilişkili fizik, kimya ve biyoloji konularının entegrasyonu	1	Gürdal, Bayram ve Şahin, 1998	
Uygun yaş seviyesi	Hangi yaş seviyesinin uygun olduğunu belirleme.	Enerji kavramı	1	Trumper, 1993
Enerjinin doğası ve türleri	Müdahale etme	Mekanik enerji	1	Tsagliotis, 2005
	Enerjiyi nitel olarak tanımlama	Enerjinin doğası	1	Papadouris, ve Constantinou, 2006

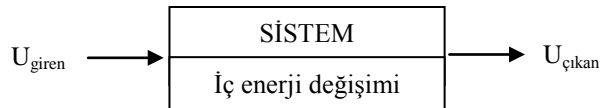
Tablo 9’da görüldüğü gibi, enerji öğretimi ile ilgili çalışmalarda alternatif öğretim yaklaşımları dikkat çekmektedir. Enerji kavramının kavramsal doğasının net olarak ortaya konulamaması, fen eğitimi araştırmacılarını etkin öğretiminin nasıl yapılması gerektiği ile ilgili alternatif arayışlara sürüklemiştir. Trumper (1990a; 1990b; 1991) enerji kavramının öğretimi için yapılandırmacı yaklaşıma dayalı alternatif bir öğretim yaklaşımı benimsemiştir. Öğretim stratejisi ile ilgili örnek bir alıntı “Öncelikle, öğrenciler (enerji kavramı ile ilgili) insan merkezli düşüncelerinden haberdar olmalıdırlar. Sonra, öğrenciler karşılaştırmalı durumlarla (analojiler) ilgili analizlere dayalı olarak yeni ve daha genel zihinsel yapılar kurmalıdırlar (Trumper, 1990b)” şeklindedir. Benzer şekilde Aydın ve

Balim (2005) enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili olarak yapılandırmacı yaklaşımı temel alan disiplinlerarası yaklaşımı geleneksel öğretim yaklaşımıyla karşılaştırmışlardır.

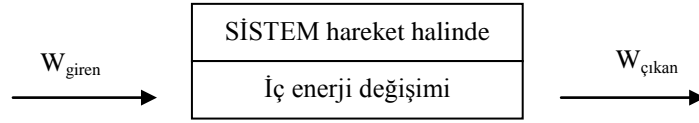
Enerji öğretimi ile ilgili öneri sunan üç çalışma ise proje temellidir. CLIPS projesinin ürünü olan Brook ve Wells'in (1988) çalışması, LIPS projesinin ürünü olan Kirkwood ve Carr'ın (1988; 1989) çalışmaları dikkat çekmektedir. Brook ve Wells (1988) öğrencilerin enerji korunumu, transferi, dağılımı ve verimsizliği ile ilgili fikirlerini yapılandırmalarını cesaretlendirecek bir 'enerji gösterisini' tanıtmaktadır. Kirkwood ve Carr (1988) beyin fırtınası, küçük grup tartışması, öğrenci posterleri ve sınıf tartışması gibi tekniklerle öğrencilerin enerji çeşitleri, enerji değişimi ve enerji kaynakları ile ilgili algılamalarını geliştirme imkânı sunan bir yaklaşımı benimsemiştir. Kirkwood ve Carr (1989) bir önceki çalışmalarından elde ettikleri deneyimlerinden hareketle beyin fırtınası ve öğrencilerce poster geliştirmek üzere yapılan grup tartışmaları tekniklerini kullanarak araştırmalarını yürütmüşlerdir. Beyin fırtınası aşaması enerji çeşitleri hakkındadır. Bu süreçte her hangi bir yargılamada bulunulmadan öğrencilerin bildiği enerji formları hakkındaki fikirleri alınmıştır. Grup çalışması aşamasında, öğrencilere enerji değişimi ve enerji kaynakları hakkında poster hazırlattırılmıştır. Grup çalışmaları esnasında öğrencilere, enerji değişimi hakkında fikirlerini geliştirebilecekleri belirli durumlar sunulmuştur.

Fry vd. (2003) öğrenci algılamalarını kolaylaştırmak için 'soyut resim dili' yaklaşımı tercih etmişlerdir. Araştırmacılar enerjiyi, değişimin kaynağı olarak tanımlamak yerine diyagramlar kullanarak öğrencilerin enerji değişim süreçlerini algılamalarına yardımcı olmaya çalışmışlardır. Heuvelen ve Zou (2001) sözel, 'sütun süreç grafikleri' ve matematiksel ifadelerden oluşan sunumların birlikte kullanımıyla iş-enerji sürecine dair bir öğretim stratejisi geliştirmişlerdir. Horner vd. (2006) üç farklı öğretim yaklaşımını (görsel sunumsuz, sütun grafikli, sütun süreç grafikli) enerji korunumu, enerji türleri ve enerji değişimi konularının öğretimi için kullanmışlar ve etkilerini karşılaştırmışlardır. Aynı kavramlarla ilgili olarak Huis ve Berg (1993) ise aşağıdaki gibi beş aşamalı sistematik bir yaklaşım kullanmışlardır.

- i. Sistemi seçme ve sınırlarını tanımlama
- ii. Termodinamiğin birinci yasasını sisteme giren ve çıkan enerjileri, $\sum U_{giren} - \sum U_{çikan} = \Delta U_{iç}$, göstererek uygulama.



- iii. İş-kinetik enerji teoremini $\sum W_{giren} - \sum W_{çikan} = \Delta U_K$ şeklinde yazma ve aşağıdaki gibi gösterme.

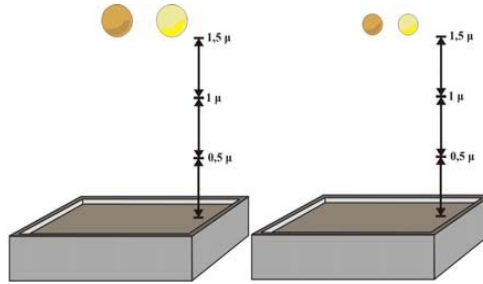


- Bu aşamada öğrenci iş kavramını iş-kinetik enerji teoremi aracılığıyla öğrenir.
 iv. Giren, çıkan ve iç enerjiyi tanımlama. Örnekler verme.
 v. Öğrencileri farklı durumlarla ilgili sistem yaklaşımını kullanmak için yönlendirme (S, 147).

Mutimuciuo (2003) ‘iş-enerji süreci’ için üç aşamalı çoklu sunum stratejisi tasarlamış ve bunun etkililiğini incelemiştir. Mutimuciuo yaklaşımı ile ilgili alıntı “Öncelikle, sözel olarak anlatılan görsel sunuma çevirme. Sonra, sistem için ideal bir diyagram, bilimsel sunum olarak adlandırılan, oluşturma. Son olarak bilimsel sunumda tanımlanan etkileşimlerin hepsini yansıtacak matematiksel sunumu oluşturma (S, 1)” şeklindedir.

Gürdal, Bayram ve Şahin (1998) fizik, kimya, biyoloji gibi disiplinlerin entegre olduğu bir öğretim yaklaşımı geliştirmişler ve bu yaklaşımının öğrencilerin anlamlı öğrenmeleri ve öğrenmenin kalıcılığı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Enerjinin hangi yaş seviyesinde öğretilmeye başlanması ile ilgili tek çalışma Trumper (1993) tarafından gerçekleştirilmiştir. Tsagliotis (2005) mekanik enerji ile ilgili pratik uygulamalardan yola çıkan model oluşturma stratejisini tasarlamıştır. Örnek alıntı Şekil 12’de verilmiştir:

Öğrenciler ıslak kum üzerine değişik ağırlık ve yükseklikteki kumları bırakarak ağırlık ve yükseklikle ilişkisinden yola çıkarak toplarin enerjileri hakkında çıkarımlarda bulunmaktadır.



Şekil 12. Tsagliotis tarafından kullanılan ıslak kum üzerine düşen top etkiliği

Papadouris ve Constantinou (2006) enerji kavramını kendi doğasına özgü olacak şekilde nitel olarak tanımlamakta ve üç aşamalı öğrenme yaklaşımı önermektedirler: (i) gözlem, teori ve model arasındaki farklılıkları ayırt etme, (ii) her birinin bilimdeki yerini anlama ve (iii) aralarındaki ilişkiyi tanımlama (S. 2).

1.7.2.2.2. Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Gerekçeler

Enerji öğretimi ile ilgili ulaşılan çalışmaların gerekçeleri Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10. Enerji kavramının öğretimi için yapılan çalışmaların gerekçeleri ve frekansı

Gereke	Çalışmalar
Enerji kavramının soyutluğunu anlama ihtiyacı	Brook ve Wells, 1988; Kirkwood ve Carr, 1988; 1989; Trumper, 1993
Alternatif fikirleri de içerecek alternatif stratejiler geliştirme ihtiyacı	Trumper, 1990b; Aydın ve Günay Balım, 2005
Öğrencilerin enerji kavramıyla ilgili algılamalarının bilimsel olarak yapılandırmak için oldukça karmaşık olması nedeniyle sistematik bir öğretim yaklaşımına ihtiyaç olması	Huis ve Berg, 1993
Ders kitaplarında gerekli değişikliklerin yeterli oranda olmaması nedeniyle daha profesyonel bir duruşa ihtiyaç olması	Fry vd., 1993
Öğrencilerin enerji kavramını nitel bir perspektifte algılayabilmelerin gerekliliği	Papadouris ve Constantinou, 2006
Bazı öğretim metotlarının etkililiğinin incelenmesinin gerekliliği	Gürdal, Bayram ve Şahin, 1998; Horner, Jeng ve Lindell, 2006
Hangi yaş seviyesinin enerji öğretimi için uygun olduğunu ortaya koyacak tartışmaya olan ihtiyaç	Trumper, 1993
İş-enerji problemlerini çözmek için basit sunumlar geliştirmeye olan ihtiyaç	Heuvelen ve Zou, 2001; Mutimucuo, 2003

Makroskobik seviyede (gerçek yaşamda) sadece enerji transferinin ürünlerinin varlığından bahsedileceğinden, enerjinin soyut bir kimliğe sahip olduğunu anlamaya ihtiyaç vardır (Brook ve Wells, 1988; Kirkwood ve Carr, 1988; 1989; Trumper, 1993). Yani, öğrenciler makroskobik seviyedeki (gerçek dünya) deneyimlerini mikroskobik seviyedeki (bilimsel dünya) teorik bilgilerle örtüştürmekte zorluk çekmektedirler. Bu durumun alternatif fikirlerin gelişmesine neden olabileceği açıktır. Alternatif fikirlerin ileriki öğrenmeler için engel teşkil edebileceği (Coll ve Treagust, 2001; Çalık ve Ayas, 2005; Nakhleh, 1992; Taylor ve Coll, 1997) gerçeği dikkate alındığında öğrencilerin ön fikirlerinin temel alan alternatif stratejilerin geliştirilmesinin gerekli olduğu açıktır. Bu anlamda Trumper (1990a; 1990b; 1991) ve Aydın ve Günay Balım'ın (2005) çalışmalarının öğrencilerin ön fikirlerini temel alan alternatif stratejileri geliştirme gereksinimi üzerine odaklandıkları görülmektedir. Enerjinin ne olduğunu bilimsel olarak açıklayan net bir tanımlamanın henüz yapılamamış olması nedeniyle, öğrencilerin enerji hakkındaki algılamalarını yeterli seviyeye taşıyacak sistematik bir stratejiye ihtiyaç vardır

(Huis ve Berg, 1993). Ders kitaplarında öğrencilerin ön bilgilerinin ihmal edilmesi nedeniyle onların kavramsal anlamayı kolaylaştırmada yeterli olmadıkları belirtilmekte ve daha profesyonel bir bakış açısına ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Kim ve Van Dusen, 1998; Spilich vd., 1979). Algoritmaların, nicel çıkarımların veya formüllerin kullanımları istismar edildiğinde öğrenciler kavramsal öğrenme yerine ezberleme eğilimine girerler (Nakhleh, 1993; Nurrenbern ve Pickering, 1987). Bu nedenle enerji kavramını nitel bir bakış açısı temelinde öğretmek kavramsal öğrenmenin gerçekleşmesi için önemli bir katkı sağlayabilir (Papadouris ve Constantinou, 2006).

Öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili öğrenme güçlüklerinin ve özelliklerinin tespiti öğretmen ve fen eğitimcilerine öğrenci algılamalarını kullanma ve enerjinin öğretimi için etkili stratejiler geliştirme fırsat verebilir (Fry vd., 2003). Öğrencilerin iş ve enerji kavramları arasındaki ilişkiyi kavramakta zorlanmaları nedeniyle onların ilgili problemleri çözmekte zorlanabileceğini belirten Heuvelen ve Zou (2001) ve Mutimucio (2003) bu sürecin kolaylaştırılması gerektiğini belirtmektedirler. Enerjinin disiplinlerarası bir zemini olması sebebiyle, öğrenciler enerji kavramı ile okul öncesinde karşılaşabilirler. Eğer öğrencilerin enerji ile ilgili algılamaları erken yaşlardan itibaren karakterize edilmezse, öğrenciler enerjiyi günlük konuşma dilindeki gibi formal olmayan bir şekilde öğrenebilirler. Çalışmasında bu durumu irdeleyen Trumper (1993) enerjinin hangi yaş seviyesinden itibaren öğretilmesi gerektiğinin sorgulanması gerektiğini belirtmektedir.

1.7.2.2.2.3. Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Metodolojiler

Tablo 11'den enerji öğretimi üzerine gerçekleştirilen çalışmaların dört tür metodolojiye dayalı olarak yürütüldüğü görülmektedir: deneysel dizayn (n=10), aksiyon araştırması (n=2), sınıf araştırması (n=2) ve özel durum çalışması (n=1). Çalışmalar arasında sadece 1 tanesinin (Brook ve Wells, 1988) araştırma metodolojisinin belirtilmediği dikkat çekmektedir. Yürütülen çalışmalar arasında deneysel dizaynın ağırlık kazandığı görülmektedir. Deneysel dizaynın tercih edilmesi, araştırmacıların tercih ettikleri öğretim yaklaşımının etkililiğini test etmeleri ve deneysel dizaynın öğretim yaklaşımının etkililiğini test etmek için en iyi metodoloji olmasıdır (Çepni, 2005; Çalık vd., 2008). Enerji öğretimi çalışmalarında Kirkwood ve Carr (1988; 1989) aksiyon araştırması yönteminden yararlandığı dikkat çekerken, Huis ve Berg (1993) ve Tsagliotis (2005) sınıf araştırmalarını

tercih etmişlerdir. Trumper (1990b) çalışmasını belirli değişkenlerin ötesine taşıyarak daha geniş durumlara ulaşmak için özel durum çalışmasını tercih etmiştir.

Tablo 11. Enerji kavramının öğretimi için yapılan çalışmalarının metotları

Çalışma	Deneysel	Aksiyon araştırması	Sınıf araştırması	Özel durum çalışması	Belirtilmemiş	Örneklem	Örneklem seçimi			
							Amaçlı	Rastgele	Belirtilmemiş	Gönüllü
Kirkwood ve Carr (1988)	X					Üç fen öğretmeni				X
Brook ve Wells (1988)					X	11-15 yaş arası öğrenciler, öğretmenler				X
Kirkwood ve Carr (1989)		X				14 ve 15 yaş öğrencileri ve öğretmenleri	X			
Trumper (1990a)	X					9-11. sınıf öğrencileri				X
Trumper (1990b)				X		9-11. sınıf öğrencileri				X
Trumper (1991)	X					9-11. sınıf öğrencileri				X
Trumper (1993)	X					5-9. sınıf öğrencileri				X
Huis ve Berg (1993)			X			15 ve 16 yaş öğrencileri				X
Gürdal vd., (1998)	X					4-5. sınıf öğrencileri		X		
Heuvelen ve Zou (2001)	X					Üniversite öğrencileri	X			
Mutimuciuo (2003)	X					Üniversite 1. sınıf öğrencileri				X
Fry vd., (2003)	X					8. sınıf öğrencileri				X
Aydın ve Balım (2005)	X					7. sınıf öğrencileri	X			
Tsagliotis (2005)			X			6. sınıf öğrencileri				X
Papadouris ve Constantinou (2006)	X					11-14 yaş arası öğrenciler				X
Horner vd., (2006)	X					Üniversite 1 ve 2. sınıf öğrencileri				X

Tablo 11 aynı zamanda enerji öğretim çalışmalarına ait örnek gruplarını da göstermektedir. Buna göre çalışmaların ilköğretim öğrencilerinden öğretmen adaylarına geniş bir yelpazede yürütüldüğü görülmektedir. Bu çalışmalar arasında Brook ve Wells (1988) ve Trumper'ın (1990b; 1991; 1993) çalışmaları sınıf seviyeleri arası karşılaştırmayı içermektedir. Bu tür çalışmaların aynı zamanda öğretmenlere/araştırmacılara enerjinin hangi yaş seviyesinde öğretilmesi gerektiğine de ışık tutabileceği açıktır.

1.7.2.2.4. Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Veri Toplama Metotları

Enerji öğretimiyle ilgili çalışmaların veri toplama metotları Tablo 12’de sunulmuştur.

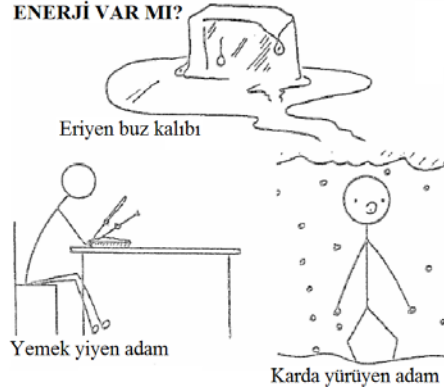
Tablo 12. Enerji öğretimi çalışmalarının veri toplama metotları

Çalışma	Veri Toplama Metotları						
	M	Tarama		SY	G	EÖ	Ç
		AUS	ÇSS				
Kirkwood ve Carr (1988)	X				X		
Brook ve Wells (1988)	X				X		
Kirkwood ve Carr (1989)					X		
Trumper (1990a)	X			X			
Trumper (1990b)	X						
Trumper (1991)	X						
Trumper (1993)			X	X			
Huis ve Berg (1993)	X		X			X	X
Gürdal vd., (1998)			X				
Heuvelen ve Zou (2001)		X					
Mutimuciuo (2003)	X					X	
Fry vd., (2003)	X				X		
Aydın ve Balım (2005)			X				
Tsagliotis (2005)	X						
Papadouris ve Constantinou (2006)		X					
Horner vd., (2006)		X	X	X			

M: mülakat (n=9); AUS: açık uçlu sorular (n=4); ÇSS: çoktan seçmeli sorular (n=5); SY: serbest yazma (n=5); G: gözlem (n=4); EÖ: ev ödevi (n=2); Ç: çalışma yaprakları (n=1).

Tablo 12’ye bakıldığında çalışmaların çoğunluğunda çoklu veri toplama metodundan yararlanmaya odaklanıldığı ve bu metotlar arasında mülakatların en sık kullanılan ortak metot olduğu görülmektedir. Kirkwood ve Carr (1988) öğrencilerin enerji öğretimi ve öğrenimi ile ilgili düşüncelerini belirlemek üzere mülakat metodundan yararlanmışlardır. Aynı şekilde Fry vd.’de (2003) kullanmış oldukları öğretim yaklaşımının öğrencilerin bilimsel becerilerine etkisini ortaya çıkarabilmek için mülakatlardan yararlanmışlardır. Brook ve Wells (1988) ve Mutimuciuo (2003) mülakat metodunu kullanarak kendi öğretim yaklaşımlarının öğrencilerin kavram öğrenimine ne kadar etki ettiğini belirlemeye çalışmışlardır. Huis ve Berg (1993) mülakat metodunu, enerji kavramının öğretiminde kullanmış oldukları ‘sistem yaklaşımının’ öğrenciler tarafından kullanılma durumlarını tespit etmek amacıyla tercih edilmiştir. Benzer şekilde, Trumper (1990a; 1990b; 1991)

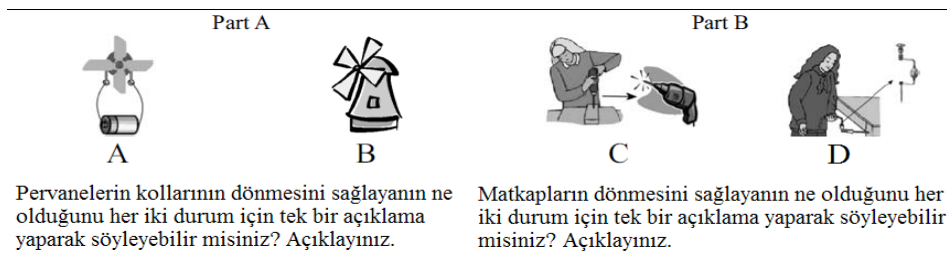
çalışmalarında grup mülakatlarından yararlanarak öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak üzere onlara Şekil 13’de örneği görülen bazı resimler sunmuştur.



Şekil 13. Trumper tarafından kullanılan örnek resim

Tsagliotis (2005) ise ‘ağır bir kutuyu iten adam’ gibi günlük hayattan bazı durumlar içeren 10 adet görüşme kartından yararlanmıştır.

Tablo 12’de görüldüğü gibi 7 araştırmacı tarama metodundan (açık uçlu sorular ve çoktan seçmeli sorular) yararlanarak veri toplamışlardır. Bu araştırmacılar arasında sadece Horner vd. (2006) tarafından açık uçlu ve çoktan seçmeli sorular birarada kullanılmıştır. Huevelen ve Zou (2001) ile Papadouris ve Constantinou (2006) veri toplamada açık uçlu sorulardan yararlanan diğer araştırmacılarıdır. Huevelen ve Zou (2001) çalışmalarında kullandıkları iş-enerji süreçlerinde kullanılan sütun-süreç grafikleri içeren çoklu sunum yaklaşımına karşı öğrencilerin bakış açılarını belirlemiştir. Araştırmacılar bunun için öğrencilere “Sütun süreç grafikleri enerji kavramını öğrenmenizde ve iş-enerji problemlerini çözmenizde yardımcı oldu mu? Niçin yararlı olduğunu ve olmadığını açıklayınız?” (s. 191) temel sorusunu yöneltmişlerdir. Papadouris ve Constantinou (2006) ise Şekil 14’te verilen örnek sorulardan yararlanmışlardır.



Şekil 14. Değişimin sebebini belirlemek için enerjiyi modelleme görevi

Aydın ve Balım (2005) yapılandırmacı yaklaşıma dayalı öğretimi benimsemiş ve sadece çoktan seçmeli sorularla veri toplamayı tercih etmişlerdir. Trumper (1993), Huis ve Berg (1993), Gürdal vd. (1998) ve Horner vd. (2006) çoktan seçmeli sorularla veri toplayan diğer araştırmacılarıdır.

Tablo 12’de görüldüğü gibi, 3 çalışmada veri toplama yöntemi olarak serbest yazmadan yararlanılmıştır. Trumper (1990b; 1993) çalışmalarında öğrencilerinden öncelikle enerji kavramı ile ilişkili üç şey yazmalarını ve bunları açıklamalarını istemiştir. Horner vd. (2006) ise çalışma sürecinde yapılan ortak sınavda öğrencilerin yazdıkları serbest cevaplarından yararlanmışlardır. Trumper (1990b; 1993) öğrencilerin cevaplarını Duit’in (1981) kriterleri (süreç, olgu, kavram) doğrultusunda analiz ederken Horner vd. (2006) topladıkları verileri nasıl analiz ettiklerini belirtmemişlerdir.

Öğretim çalışmalarının sınıf ortamında nasıl gerçekleştiğini belirlemek veya ne tür problemlerle karşılaşıldığını tespit etmek üzere 4 araştırmacının gözlem metodu ile veri topladığı görülmektedir. Kirkwood ve Carr (1988; 1989) gözlem metodunu enerji kavramının öğretiminde ve öğreniminde yer alan sorunları tespit etmek için kullanırken Brook ve Wells (1988) önerdikleri öğretim yaklaşımının etkililiğini belirlemek için gözlem bu metottan yararlanmıştır.

Huis ve Berg (1993) ev ödevleri ve çalışma yapraklarından yararlanarak veri topladıklarını belirtmelerine rağmen bu sürecin detaylarına ilişkin açıklama yapmamışlardır. Yani, bu veri toplama tekniklerini nasıl kullandıkları belirsizdir. Mutimucio (2003) nitel açıklamalar ve nicel hesaplamalar gerektiren 6 soruyu ev ödevi olarak vermek suretiyle veri toplamıştır.

1.7.2.2.5. Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Önemli Bulgular

Enerji kavramının öğretiminde alternatif yaklaşımlara odaklanan çalışmaların ulaştığı temel noktalar Tablo 13’te sunulmuştur.

Tablo 13’te görüldüğü gibi çalışmaların çoğunluğu alternatif yaklaşımların etkinliğini ön plana çıkarmaktadır. Aslında bu durum, tüm alternatif girişimlerin geleneksel öğretim yaklaşımından daha iyi olması nedeniyle, şaşırtıcı değildir (Çalık vd., 2008). Ancak Huis ve Berg (1993) ve Papadouris ve Constantinou (2006) çalışmalarının etkin yönlerinin yanısıra bazı dezavantajları olduğunu belirtmektedirler.

Tablo 13. Enerji öğretimi çalışmalarının temel bulguları

Temel Bulgu	Çalışma
Enerji kavramının öğretimi ve öğreniminde yedi temel nokta vardır.	Kirkwood ve Carr, 1988
Alternatif yaklaşımlar öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini geliştirme oldukça etkilidir. Ayrıca alternatif yaklaşımlar öğrencilerin deneyimlerini, motivasyonlarını ve becerilerini artırmada önemli katkısı vardır.	Kirkwood ve Carr, 1988; 1989; Brook ve Wells, 1989; Trumper, 1990a; 1990b; 1991; Huis ve Berg, 1993; Gürdal vd., 1998; Heuvelen ve Zou, 2001; Mutimucchio, 2003; Fry vd., 2003; Aydın vd., 2005; Tsagliotis, 2005; Horner vd., 2006; Papadouris ve Constantinou, 2006
Öğrencilerin ön bilgileri bir model oluşturmak için kullanılır.	Brook ve Wells, 1989
Öğretmen kullanılan stratejiyi (LISP) öğrencilerin fikirlerini geliştirmede ve kendi öğretim-öğrenme sürecine dâhil etmede yararlı buldu.	Kirkwood ve Carr, 1989
'Sebep' ve 'sonuç' alternatif fikirleri için dört temel çıkarım söz konusudur.	Trumper, 1993
Sistem yaklaşımı uygulanabilir kapasitesinin yanı sıra bazı sınırlılıklara sahiptir. örneğin öğrenciler giren, çıkan ve iç enerjileri belirlemede zorlanıyorlar.	Huis ve Berg, 1993
Öğrenciler mekanik enerjinin transferi ve dönüşümünü algılamayı başarsalar da, çoğunluğu enerji zincirinin küçük bir bölümünü tanımlamaya yönelmektedirler.	Papadouris ve Constantinou, 2006

Trumper (1993) enerji kavramının öğretimi için hangi sınıf seviyesinin uygun olduğunu cevaplayabilmek için dört temel çıkarımda bulunmuştur (s. 146):

- (1) 7-9 sınıflar arası öğrencilerde enerji kavramını anlamaya dair farklılık bulunmamıştır.
- (2) 6-9 sınıflar arasında enerji kavramıyla ilgili resimleri seçme ve alternatif fikirleri konusunda anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.
- (3) 'Sebep' ve 'sonuç' alternatif fikirlerini öğrenciler 5. sınıftan itibaren geliştirmektedirler. Bu alternatif fikirler 6. sınıftan itibaren öğrencilerin yarısından fazlasında görülmektedir.
- (4) 5. sınıf öğrencilerinde enerji kavramı ile ilgili dikkate değer bir oranda 'insan merkezli' (anthropocentrism) bir ilişkilendirme görülmektedir.

Kirkwood ve Carr (1988) enerji öğretiminin ve öğreniminin niçin zor olduğuyla ilgili yedi temel sebep tanımlamıştır. Bunlar (1) mevcut müfredatdaki enerji, (2) öğrencilerin enerji hakkındaki fikirleri, (3) fen eğitimcilerinin enerji ile ilgili algılamaları, (4) enerji kavramı hakkında güncel öğretme ve öğrenme, (5) enerji kavramının öğretiminde ve öğrenimindeki alternatif yaklaşımlar, (6) profesyonel gelişme ve (7) kaynak materyal şeklindedir.

1.7.2.2.2.6. Enerjiyle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları Öneren Çalışmalara Ait Önemli Öneriler

Öğrencilerin enerji kavramına ilişkin net bir tanımlama beklemesine karşın, henüz net bir tanımlama yapılamamıştır. Bu nedenle, bazı araştırmacılar enerji kavramını kaygan bir

kavram olarak tanımlamaktadırlar (Kruger, 1990; Sefton, 2004; Küçük, Çepni ve Gökdere, 2005). Bireysel, sosyal ve çevresel durumlarda enerji kavramının önemli bir rolü olması nedeniyle (Domenech vd., 2007; Sefton, 2004; Martinas, 2005) bu kavramı anlama öğretim sürecinin kaçınılmaz bileşenidir. Eğer öğrenciler enerji kavramı ile üst sınıflarda karşılaşsarsa, öğrenme ortamına enerji kavramı ile ilgili ön bilgilerle gelmesi muhtemeldir (Brook ve Wells, 1988; Kirkwood ve Carr, 1989; 1988; Trumper, 1990a; 1990b; 1991; 1993; 1997; Aydın ve Günay Balım, 2005). Bu ön bilgiler öğrencilerin bilimsel (kavramsal) öğrenmelerine engel olabilir (Trumper, 1990b). Bu nedenle enerji kavramının ne zaman öğretilmesi gerektiğine ilişkin bir karar vermeye gereksinim vardır (Trumper, 1991; 1993). Bunun için Trumper (1990a; 1993), enerji kavramının 5. sınıftan itibaren öğretilmeye başlanmasını önermektedir. Trumper'a (1991) göre ortaöğretim öğrencileri için hazırlanacak müfredatların aşağıdaki durumları dikkate alması gerekmektedir (s. 9):

- Öğretim faaliyetleri öğrencilerin ön bilgilerini dikkate almalı ve onlar üzerine inşa edilmelidir. Bu ön bilgiler: insanı merkeze alan bakış açısı ile enerjiyi algılama, bir sürecin sebebi olarak enerjiyi algılama, bir sürecin sonucu olarak enerjiyi algılama.
- Enerji kavramı ve enerjinin korunumu prensibi mekanik dersi paralelinde öğretilmelidir.
- Enerjinin 'iş yapabilme kapasitesi/yeteneği' tanımlaması tamamen terk edilmelidir.

İncelenen çalışmaların çoğunluğunda kullandıkları yaklaşımların enerji öğretimi için etkin olduğu vurgulanmakta ve öğretme-öğrenme süreçlerinde kullanımı önerilmektedir (Gürdal vd., 1998; Huis ve Berg, 1993; Aydın ve Günay Balım, 2005; Papadouris ve Constantinou, 2006). Heuvelen ve Zou (2001) öğrencilerin iş-enerji süreçlerini anlamalarını kolaylaştıran sütun-süreç grafiklerinin ve çoklu sunum yaklaşımlarının etkilerinin nitel perspektiflerle incelenmesini önermektedir. Heuvelen ve Zou (2001) ve Mutimucio (2003) farklı çalışmalarla önerdikleri öğretim yaklaşımlarının diğer öğretim yaklaşımları ile karşılaştırmasını önermektedirler.

1.7.2.2.7. Enerji Kavramının Öğretimiyle İlgili Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar

Bu başlık altında yukarıda sunulan öğrenci algılamalarıyla ilgili literatür doğrultusunda bu çalışmada dikkate alınması düşünülen noktalar ve araştırmacının bu konulardaki kabulleri sırasıyla verilmiştir.

1. Öğretim sürecinde öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alma, enerjiyi nitel bir

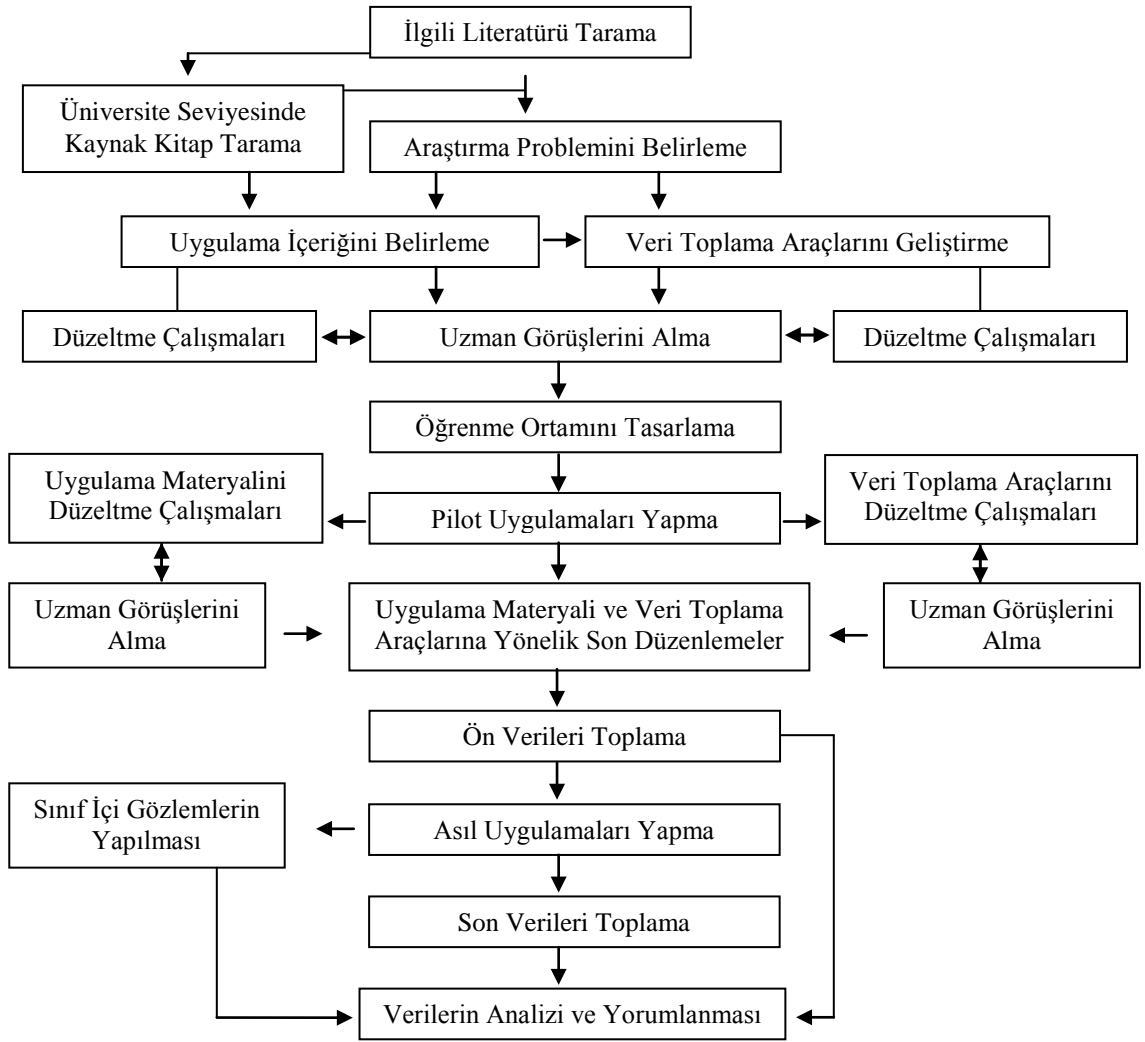
perspektifte tanımlayarak öğretme, diyagramlar, sütun grafikleri ve grafiksel sunumlarla desteklenen öğretim yaklaşımları, çoklu sunum yaklaşımları ve entegre öğretim yaklaşımı incelenen çalışmalarda kullanılan alternatif öğretim stratejileridir.

2. Enerji konusunun soyutluğu alternatif fikirleri de içerecek farklı ve sistematik stratejiler geliştirmeyi gerektirmektedir.
3. Ders kitaplarında gerekli değişikliklerin yeterli oranda olmaması nedeniyle daha profesyonel bir yaklaşıma ihtiyaç vardır.
4. Öğrencilerin enerji kavramını nitel olarak algılayabilmelidir.
5. İş-enerji problemlerini çözmek için basit sunumlar geliştirmeye ihtiyaç vardır.
6. Öğretim faaliyetleri ön bilgileri dikkate almalı ve onlar üzerine inşa edilmelidir.
7. Enerjinin 'iş yapabilme kapasitesi/yeteneği' tanımlaması kavramsal anlama için tek başına yeterli değildir.
8. Öğrencilerin iş-enerji süreçlerini anlamalarını kolaylaştıran sütun-süreç grafiklerinin ve çoklu sunum yaklaşımlarının etkileri incelenmelidir.

Bu bölümde araştırmanın problem durumu, gerekçesi, önemi, amacı, sınırlılıkları, varsayımları ve ilgili literatüre yer verilmiştir. Bir sonraki yapılan çalışmalar bölümünde araştırmanın yöntemi, çalışma grubu, veri toplama araçları, analiz yöntemleri ve öğretim materyali hakkında açıklamalar sunulmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Temel Fizik I dersi konularından biri olan enerji konusuna yönelik olarak MTÖ yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamının tasarlanıp uygulanması ve hazırlanan ortamın etkililiğinin (öğrencilerin alternatif fikirlerinin giderilmesi, eksik bilgilerinin tamamlanması ve zihinsel modellerinin geliştirilmesi üzerindeki etkilerinin) incelenmesi hedeflenmiştir. Bu bölümde çalışmanın yöntemi, örneklemi, öğrenme ortamının ve bu ortamda kullanılacak uygulama materyali, veri toplama araçları ve elde edilen verilerin analizinde kullanılan yöntemlerin ayrıntılı tanıtımına yer verilmiştir. Yapılan çalışmaların genel bir bakış açısıyla irdelenebilmesi için gerçekleştirilen işlemler öncelikle akış diyagramında özetlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Araştırma akış şeması

2.1. Yöntem

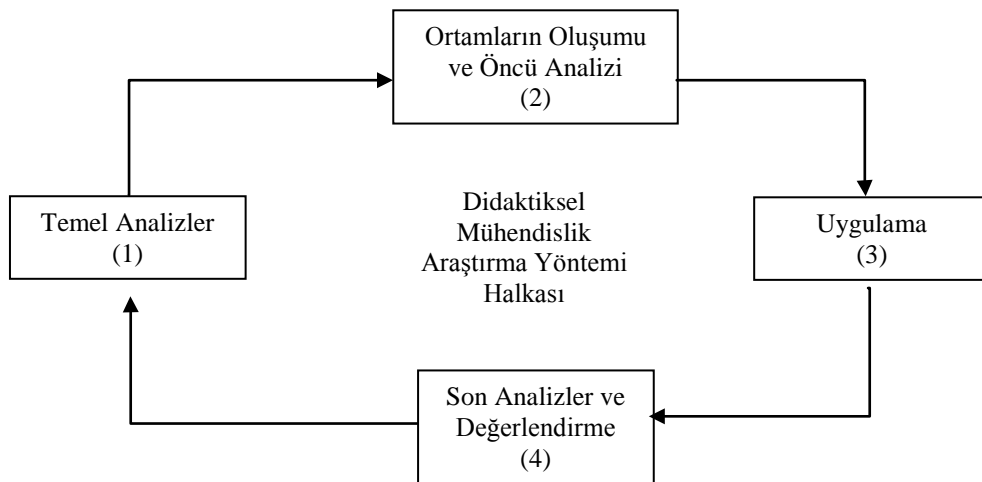
Bu çalışmada, enerji kavramına ilişkin öğrenci zihinsel modellerinin belirlenmesi ve bu zihinsel modellerin bilimsel olacak şekilde geliştirilmesinin hedefleniyor olması nedeniyle, çalışmanın belirleme ve geliştirme boyutları olduğu açıktır. Literatüre dayalı olarak hazırlanan Tablo 2 ve Tablo 11 incelendiğinde, öğrenci algılamalarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda tarama, öğrenci algılamalarını geliştirmeye yönelik yapılan çalışmalarda deneysel yöntemin çoğunlukla kullanıldığı görülmektedir. Diğer yandan enerjinin kavramsal doğasının karmaşıklığı, ilgili literatürde açıkça dile getirilmektedir (bkz. ‘1.7.2.1. Enerji: Tanımı ve Değişimi’ başlığı). Bu anlamda çalışmanın amacı dikkate alındığında bireyler bazındaki öznelliklerin ortaya çıkarılması için çalışmanın nitel bir yaklaşımla irdelenmesinin daha anlamlı olacağı düşünülmüştür. Nitel araştırmalarda bireylerin incelenen konu ile ilgili kanaatleri, tecrübeleri, algıları ve duyguları gibi öznel veriler ele alındığından (Ekiz, 2003; Çepni, 2005; Yıldırım ve Şimşek, 2006; Kurnaz ve Alev, 2009) çalışmanın doğasının nitel yaklaşıma uygun olduğu söylenebilir.

Araştırmada düşünülen ve yukarıda çizilen çerçeveler dikkate alındığında çalışmanın uygulamalı olarak yürütülmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu anlamda M. Artigue tarafından 1980’li yıllarda geliştirilmeye başlanan didaktiksel mühendislik, araştırma yöntemi olarak benimsenmiştir. Didaktiksel mühendislik, temel dayanaklarını G. Brousseau tarafından 1970’li yıllarda geliştirilen Öğrenme Ortamları Teorisinden (Theory of Didactical Situations) ve 1980’lerin başlarında Y. Chevallard tarafından geliştirilen Transpozisyon Teorisinden (Theory of Transposition) alan bir araştırma teorisidir (Artigue, 1994). Didaktiksel mühendislik kavramı, öğretimsel bir çalışmayı adlandırmak amacıyla ortaya atılmıştır. Buradaki temel yaklaşım öğretim sürecini, kendi alanındaki bilimsel bilgilerden hareketle, bir projeyi gerçekleştirmek için yürütülen mühendislik çalışması gibi yürütmektir. Artigue’ye (1990) göre didaktiksel mühendislik, bilimsel bilgilere dayanan, bilimsel kontroller içeren, bununla birlikte bilimin yanlışlardan arıtılmış objelerinden daha karmaşık objeler ile de ilgilenmek zorunda olan ve buna bağlı olarak da bilimin dikkate almadığı veya alamadığı problemleri sahip olduğu tüm imkânları kullanıp pratik olarak ele alan bir çalışmadır (Arslan, 2009).

Artigue (1994; 2009) didaktiksel mühendislik teorisinin temel uğraşı noktalarını ‘Öğretim sisteminde, araştırma ve uygulama arasındaki ilişkinin boyutu ve içeriği nedir?’ ve ‘sınıfta gerçekleştirilen öğretim performanslarında/pratiklerinde araştırma

metodolojisinin yeri nedir?’ sorularının belirlediğini vurgulamaktadır. Aslında bu sorulardan öğretim materyallerinin araştırmalara ve araştırmalarında sınıf deneyimlerine dayandığı anlaşılmaktadır. Buna göre didaktiksel mühendislik, yalnızca deney gruplarının n ve son karakteristiklerinin karşılaştırılmasına dayanan yaklaşım yerine öncül analizi temel alan bir yaklaşımı benimsemektedir (Artigue, 2009). Buna göre didaktiksel mühendislik, tasarlanan öğrenme ortamı temelindeki ğretim uygulamalarının pratiklerinden yola çıkararak yeniden yapılandırılmaya ve eksikliklerin giderilmesine imkân veren bir araştırma yaklaşımıdır. Tüm bu özellikler ilk bakışta deneysel yöntemle benzerlik gösterdiği düşünülebilecek didaktiksel mühendisliğin farklılığını ortaya koymaktadır. Bu noktada didaktiksel mühendislik, araştırma bakış açısı ile geliştirilen pratikler arasında köprü olma rolünü üstlenmektedir. Daha açık ifadeyle, tasarlanan hedeflerin uygulanmasında doğan aksaklıklar yine uygulama sürecinde belirlenir ve yine uygulama süreci içerisinde bu aksaklıkları giderici çalışmalar yapılır. Bunun için araştırmacı, ortamın katılımcı gözlemcisi olmalı ve nitelikli sonuçlar elde edebilmek için tasarladığı bu yeni ortamın eksikliklerini belirleme ve tamamlama noktasında sorumluluk almalı (Brousseau, 1999) ve öğrenme ortamını ve ürünlerini geliştirmelidir (Artigue, 1994). Buna göre araştırma için veriler, örneğin kullanılan bir materyale ait pratiğin öncesinde, sürecinde ve sonrasında belirlenen hipotezi test etmek için toplanır ve bu veriler çalışmanın zayıf ve gcl yanları ile düzenlemeleri içerir (Artigue, 2009).

Didaktiksel mühendislik araştırma teorisi, Şekil 16’da görüldüğü gibi araştırmacıya kendi özgürlük alanını tanımlamasına yardım eden dört temel aşamadan oluşmaktadır (Arslan, 2009).



Şekil 16. Didaktiksel mühendislik araştırma yöntemi halkası

Temel analizler aşaması, araştırmanın bilimsel amaçlarına bağlı olarak yürütülecek ortamı hazırlamak amacıyla, çalışılan alanla ilgili bilgileri ortaya koymak için yürütülür. Bu süreçte öğretilmesi hedeflenen içeriğin epistemolojik analizi, var olan öğretim durumlarının ve etkilerinin değerlendirilmesi, etkili bir öğretimin önünde duran etkenlerin tespiti ve öğrenen algılamalarının, güçlüklerinin ve engellerinin belirlenmesi gerekmektedir (Artigue 1990 aktaran Arslan, 2009; Artigue, 1994). Bu çalışma kapsamında temel analizler, enerji kavramıyla ilgili literatürde yer alan çalışmaların içerik analizleri yapılarak derinlemesine incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir.

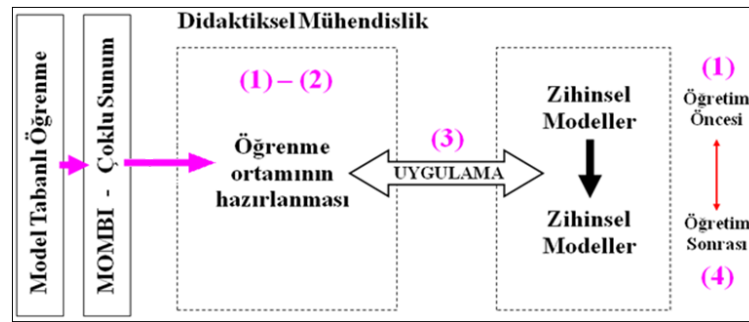
Ortamların oluşumu ve öncü analiz aşaması, hazırlanan didaktiksel mühendisliğin genel organizasyonu ile ilişkili olan makro didaktik değişkenlerinin ve lokal organizasyonu (her bir seans/ders) ilişkili olan mikro didaktik değişkenlerinin analizini içerir (Artigue 1990 aktaran Arslan, 2009). Didaktiksel mühendisliğin genel organizasyonu ile ilişkili olan makro didaktik değişkenler, mühendislik sürecine rehberlik yapacak en genel tercihlerdir. Lokal organizasyonla ilişkili olan mikro didaktik değişkenlerse belirlenen makro didaktik değişkenler kapsamında kullanılan her bir faza/seansa/derse özgü tercihlerdir (Artigue, 1994). Bu anlamda MTÖ yaklaşımı çerçevesinde MOMBI öğretim modelini benimsemiş ve bu kapsamda çoklu sunum yaklaşımı kullanma, gerektiğinde farklı disiplinlerle tamamlama, enerjinin kavramsal tanıtımı için iş kavramına dayanmayan stratejik bir yaklaşımı kabul etme araştırmanın makro didaktik değişkenleri olarak kabul edilmiştir. Araştırmanın mikro değişkenleri ise MOMBI öğretim modeli kapsamında öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak üzere derslere özgü olarak kullanılan aktiviteler, öğrencilerin konuyla ilgili alternatif fikirlerini bilimsel olarak değiştirmek için kullanılan kavramsal değişim metinleri, çürütme metinleri kavram haritaları, anlam çözümleme tabloları vb. belirlenmiştir.

Uygulama aşaması, hazırlanan öğrenme ortamının uygulanarak araştırma problemiyle ilişkili farklı kaynaklardan veri toplanması sürecidir (Artigue 1990 aktaran Arslan, 2009; Artigue, 1994). Araştırma sürecinde uygulamalar, tasarlanan öğrenme ortamı etkinliğini belirlemek üzere ara sınavlar, başarı sınavları, mülakatlar ve gözlemler çerçevesinde yürütülmüştür.

Son analiz ve değerlendirme aşaması, uygulama aşamasında toplanan verilerin analizinin gerçekleştirildiği aşamadır. Bu aşamada öğretim sürecinde gerçekleştirilen gözlemlerden ve öğrenci ürünlerinden elde edilen verilere odaklanılır. Bu veriler genellikle farklı zamanlarda gerçekleştirilen testler, bireysel ve/veya grup mülakatlarıyla

desteklenmektedir (Artigue 1990 aktaran Arslan, 2009). Bu araştırma kapsamında uygulama öncesi, süreci ve sonrasında olmak üzere üç farklı zamanda veri toplanmıştır. Uygulama sürecinde toplanan veriler zihinsel modellerinin niteliklerinin geliştirilmesinde kullanılırken, uygulama öncesi ve sonrasında toplanan veriler zihinsel modellerdeki değişim durumlarını belirlemek üzere kullanılmıştır.

Araştırma yöntemi doğrultusunda izlenen aşamaların genel yapısı Şekil 17’de sunulmuştur. Şekilde temel analizler aşaması (1), ortamların oluşumu ve öncü analizi aşaması (2), uygulama aşaması (3) ve son analiz ile değerlendirme aşaması (4) şeklinde kodlanmıştır.



Şekil 17. Araştırmanın genel yapısı

Şekil 17’de görüldüğü gibi didaktiksel mühendislik araştırma yöntemi kapsamında bu çalışmada öncelikle temel analizler ve buna göre öğrenme ortamı tasarlanması ve öncül analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonrasında ise öğretim öncesi ve sonrası verileri karşılaştırılarak öğrencilerin zihinsel model gelişimleri incelenmiştir.

2.2. Araştırmanın Çalışma Grubu

Çalışma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamının pilot uygulamasında 2009-2010 öğretim yılında KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Matematik Öğretmenliği Programında Temel Fizik I dersini alan bir grup öğrenci (II. Öğretim öğrencileri) yer almıştır. Temel Fizik I dersine katılan diğer öğrenci grupları arasından bu grubun seçilmesine, dersi yürüten öğretim üyesi ile yapılan görüşme sonucu karar verilmiştir. Pilot uygulama 38 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın asıl uygulamaları için 2010-2011 öğretim yılında KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Matematik Öğretmenliği Programında Temel Fizik I (pilot uygulamayı yürüten öğretim üyesinin) dersine katılan iki öğrenci grubu (I ve II. Öğretim

öğrencileri) çalışma grubu olarak seçilmiştir. Çalışma grubuyla araştırmada yapılan uygulamalar ve uygulama zamanları Tablo 14’de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 14. Araştırmada yapılan çalışmalar, çalışma grubu ve uygulama zamanı

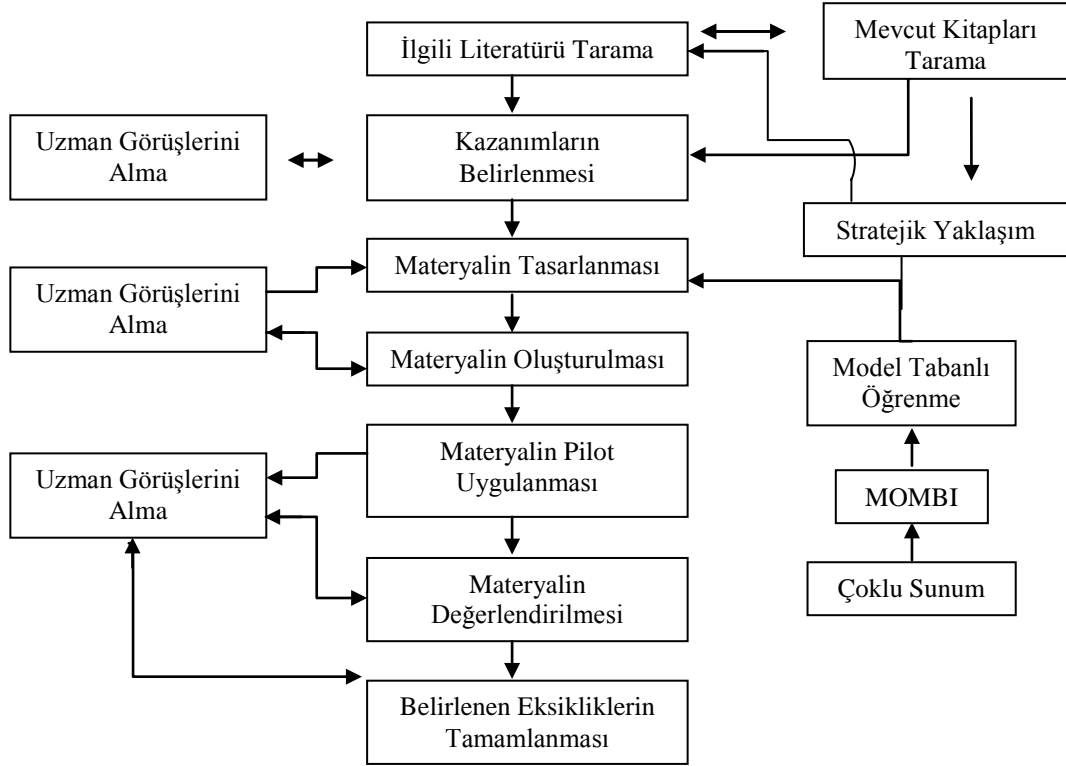
Süreç	Yapılan Çalışmalar	Çalışma grubu	Uygulama Zamanı
Pilot Çalışma	Başarı sınavının ön uygulanması	II. Öğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencileri (N=38)	12 Ekim 2009
	Uygulama çalışmaları ve öğrenme ortamının gözlenmesi	II. Öğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencileri	16 Kasım – 10 Aralık 2009
	Başarı sınavının son uygulanması	II. Öğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencileri (N=38)	17 Aralık 2009
	Başarı sınavının ikinci pilot uygulaması	Fen Bilgisi Öğretmenliği Öğrencileri (N=45)	24 Eylül 2010
	Mülakat sorularının pilot uygulamasının yapılması	Fen Bilgisi Öğretmenliği Öğrencileri (N=2)	27-28 Eylül 2010
Asıl Uygulama	Başarı sınavının ön uygulanması	I. ve II. Öğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencileri (N=73)	1 Ekim 2010
	Ön mülakatların gerçekleştirilmesi	I. ve II. Öğretim Matematik Öğretmenliği (N=15)	16-24 Ekim 2010
	Uygulama çalışmaları ve öğrenme ortamının gözlenmesi	I. ve II. Öğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencileri	04 Kasım – 03 Aralık 2010
	Başarı sınavının son uygulanması	I. ve II. Öğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencileri (N=68)	10 Aralık 2010
	Son mülakatların gerçekleştirilmesi	I. ve II. Öğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencileri (N=11)	12-26 Aralık 2010

2.3. Araştırmada Kullanılan Araçlar

Bu başlık altında araştırmada kullanılan uygulama materyali ve veri toplama araçlarının geliştirilmesi, temel dayanakları, içeriği, geçerlilikleri ve güvenilirlikleri ile ilgili yürütülen çalışmalar tanıtılmıştır.

2.3.1. Araştırmada Kullanılan Materyal

Çalışma doğrultusunda Temel Fizik I dersi konularından biri olan enerji konusuna yönelik olarak MTÖ yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamının tasarlanması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda öğrenme ortamında kullanılmak üzere bir öğretim materyali geliştirilmiştir. Hazırlanan materyalin geliştirilmesi sürecinde izlenen adımlar Şekil 18’de sunulmuştur.



Şekil 18. Materyal geliştirilme sürecinde izlenen adımlar

Materyal geliştirme sürecinde yürütülen çalışmalarla ilgili olarak Şekil 18’de belirtilen uygulamalar aşağıda açıklanmıştır.

2.3.1.1. Literatür ve Mevcut Kitapların İncelenmesi - Kazanımların Belirlenmesi

Enerji konusuyla ilgili geliştirilmesi planlanan materyalin içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan incelemelerde üniversitelerde kullanılan Temel Fizik I dersi için (ortaöğretimde olduğu gibi) yapılandırılmış bir öğretim programına rastlanmamıştır. Ancak enerji konusuyla ilgili nelerin öğretilmesi gerektiğine yönelik ortak bir anlayışın olması gerektiği düşüncesinden hareketle Temel Fizik I dersinde kullanılmak üzere önerilen ulusal ve uluslararası mevcut ders kitaplarında enerji üniteleri kapsamında nelerin yer aldığını belirlemek üzere incelemeler yapılmıştır (bkz. CD’de Ek-2). Ayrıca ilgili literatürde enerji konusunun öğrenimi ve öğretimi için yapılan çalışmalarda belirtilen sonuç ve öneriler incelenmiştir (bkz. ‘1.7.2.2.’ başlığı). Elde edilen verilerden hareketle, öğretim üyeleriyle informal görüşmeler yapılarak materyalin hangi kazanımlar çerçevesinde yapılandırılması gerektiği belirlenmiştir (bkz. CD’de Ek-1). Buna göre materyal, ‘Enerji ve etkileşimleri’,

‘Enerji ve korunumu’, ‘Enerji aktarım yolları’ olmak üzere üç başlık altında yapılandırılmıştır.

2.3.1.2. Materyalin Tasarlanması ve Oluşturulması

Materyalin temel konu başlıklarına ait içeriği, gerçekleştirilen literatür taraması sonucu belirlenen (bkz. ‘1.7.2.1.1.’, ‘1.7.2.2.1.6.’ ve ‘1.7.2.2.2.7.’ başlıkları) temel noktalar dikkate alınarak ve CD’de Ek-2’de inceleme sonuçları sunulan ders kitapları sentezlenerek oluşturulmuştur.

Materyalin tasarlanmasında nasıl öğretilmeliyiz sorusunun yanıtı yine ilgili literatürde yapılan çalışmalar ve mevcut ders kitaplarında yer alan yaklaşımlar doğrultusunda belirlenmiştir. Buna göre iş kavramına dayanmayan stratejik bir yaklaşım (bkz. CD’de Ek-2), son yıllarda enerji kavramının öğretimi ile ilgili olarak kendini gösteren çoklu sunum stratejisinin benimsenmesi (bkz. ‘1.7.2.2.2.7.’ başlığı) ve gerektiğinde konuları farklı ve ilgili disiplinlerle tamamlama temel ölçüt olarak kabul edilmiştir. Bu stratejilerin yukarıda belirtilen MTÖ’nün öğretim modellerinden biri olan MOMBİ öğretim modeli ile öğretilmesinin enerjiyle ilgili belirtilen öğrenme/öğretme güçlüklerini ortadan kaldıracak ve enerjinin kavramsal doğası ile örtüşeceği düşünülmüştür. Bu süreçte öğretim üyelerinin de görüşleri alınarak materyalin temelleri Tablo 15’de görüldüğü gibi şekillendirilmiştir.

Tablo 15. Materyalin temel kabulleri

Materyalin Tasarımı için Temel Kabuller		Konu Alanları
Felsefesi	- öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alma - enerji kavramını teorik bir kavram olarak algılama ve tanıma - enerji korunumu ve aktarımına dayanma - iş ve ısı kavramlarını sırasıyla makro ve mikro boyutta enerji aktarım yolu olarak algılama	Enerji ve Özellikleri
Vizyonu	- enerji kavramını doğru algılayan ve tanımlayan öğrenciler yetiştirme	Kazanımlar
Misyonu	- literatürde belirtilen alternatif öğrenci fikirlerini dikkate alma - öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili zihinsel modellerini bilimsel olacak şekilde yapılandırma	Enerji Korunumu
Yaklaşımı	- MTÖ yaklaşımı - MOMBİ öğretim modeli - stratejik yaklaşım - çoklu sunum - disiplinler öğretimi farklı disiplinlerle destekleme	Enerji Aktarımı

Tablo 15’de özetlenen ve materyalin tasarımı için tespit edilen temel çerçeveler göz önüne alınarak belirlenen kazanımlar doğrultusunda öğretim materyali geliştirilmiştir. Buna göre öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alma, enerji kavramını teorik bir kavram olarak algılama ve tanıma, enerji korunumu ve aktarımına dayanma ve iş ile ısı kavramlarını sırasıyla mikro ve makro boyutta enerji aktarım yolu olarak algılama materyalin temel felsefesini yansıtmaktadır. Temel alınan felsefe çerçevesinde, enerji kavramını doğru algılayan ve tanımlayan öğrenciler yetiştirme materyalin vizyonunu oluşturmaktadır. Bu anlamda, literatürde belirtilen alternatif öğrenci fikirlerini dikkate alma ve öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili zihinsel modellerini bilimsel olacak şekilde yapılandırma materyalin misyonu olarak belirlenmiştir. Belirlenen hedeflere ulaşmak içinse, MTÖ yaklaşımının öğretim modellerinden biri olan MOMBİ öğretim modelinin çoklu sunum stratejisi ile desteklenecek şekilde kullanılması hedeflenmiştir.

Geliştirilen materyalin ilk taslağı, pilot uygulama öncesinde fizik ders kitabı yazma deneyimine sahip üç fizik öğretmenine inceletirilerek eksiklikleri tamamlanmıştır. Yapılan düzenlemelerin ardından taslağın yeni hali, alanında uzman iki öğretim üyesi tarafından incelenmiştir. Bu süreçte fizik öğretmenlerinden ve öğretim üyelerinden özellikle taslak materyalin CD’de Ek-1’de belirtilen kazanım listesini yansıtıp yansıtmadığı yönünden incelemeler yapılması istenmiştir. Öğretim üyelerince belirlenen eksiklikler tamamlandıktan sonra materyal pilot uygulamada kullanılmıştır. Pilot uygulama sürecinde görülen eksiklikler belirlenerek materyalde uzman görüşleri doğrultusunda düzenlemeler yapılmıştır. Bu süreçte özellikle pilot uygulamalarını gerçekleştiren öğretim üyesinin görüşleri doğrultusunda düzenlemeler yoğunluk kazanmıştır.

2.3.1.3. Materyalin Pilot Uygulaması

Materyalin ilk uygulaması, tasarlanan öğrenme ortamı kapsamında 10 ders saati süresince uygulanmış olup araştırmacı tüm derslere gözlemci olarak katılmıştır (dersler blok işlendiğinden 90’ar dakikalık 5 uygulama gerçekleştirilmiştir). Benimsenen yöntem gereği her ders, o derse ait kazanımların öğrenciler tarafından edinilip edinilmediğini kontrol eden başarı sınavlarının uygulanması ile sonlandırılmıştır. Ders sonu başarı sınavlarına ait değerlendirmeler, bir sonraki derse yansıtılmıştır. Örneğin birbirini takip eden iki uygulamadan ikincisi, birinci uygulama sonunda yapılan başarı sınavından elde edilen veriler doğrultusunda belirlenen öğrenme eksikliklerini giderecek düzenlemelerle

başlatılmıştır. Böylelikle birbirleriyle ilişkili bilgilerden ilki öğrenilmeden ikincisine geçilmeyerek öğrencilerin öğrenmelerinin eksiksiz bir şekilde yapılandırılması hedeflenmiştir.

Yukarıdaki gibi yapılandırılan öğrenme ortamında materyalin eksikleri; gözlemler, uygulamayı yürüten öğretim üyesi ile yapılan görüşmeler ve ders sonu başarı sınavları sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bu anlamda yapısal ve içeriğe yönelik değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Yapısal değişiklikler kapsamında materyalde kullanılan görseller nitelikleri artırılmak amacıyla iki uzmana yeniden çizdirilirken materyalin tamamı InDesign CS4 adlı program kullanılarak yeniden tasarlanmıştır. İçerik bazındaysa, MOMBI öğretim modelinin aşamalarına göre içeriği geliştirilmiştir. Pilot uygulaması sonucunda materyalde yapılan değişiklikler aşağıdaki gibidir:

- Materyalde daha çok sayıda aktivite durumlarıyla ilgili sorulara yer verilmiştir. Özellikle gösterim değişimi, grafiğin yorumlanması gibi aktivitelere dikkat edilmiştir.
- Enerji sistem ilişkisine yönelik örnek sorulara yer verilmiştir.
- Enerjinin tanımının verildiği bölüm daha dikkat çekici bir şekilde tasarlanmıştır. Bu anlamda enerjinin tanımı kavramsal değişim metni içerisinde verilmiş ve oluşturulan kavram ağı ile desteklenmiştir.
- Enerji, iş, hız ve kuvvet kavramlarının nasıl büyüklükler olduğuna yönelik bilgi sunulmuştur.
- Potansiyel enerjinin negatif değer alabileceği, nicel değerinin tamamen referans noktasının seçimi ile ilgili olduğuna yönelik düzenlemeler yapılmıştır.
- Enerji indirgenmesine yönelik açıklamalar yapılmıştır.
- Materyalde edinimi sağlama basamağı ile ilgili yeni düzenlemelere gidilmiştir. Bu anlamda kavramsal değişim metinleri, anlam çözümleme tabloları, kavram haritaları, yürütücü metinler kullanılmıştır.
- Materyalin iskelet kurma aşamasıyla ilgili düzenlemeler yapılmıştır. Bu anlamda sütun süreç grafikleri ile ilgili alternatif sorulara ve örneklere yer verilmiştir. Ayrıca, problem çözümlerinde sistemin enerji değişimlerini görsel olarak sunması amaçlanan ‘Resimsel Sunumlar’ ile ilgili düzenlemeler öğrenci ve öğretim üyesinin ilgisini çekmemesi nedeniyle çıkarılmıştır.
- Materyalde kullanılan çizimlerin niteliklerini geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır.

2.3.1.4. Materyalin Değerlendirilmesi

Öğretim materyali için gerçekleştirilen tüm çalışmaların ardından, hedeflenen niteliklere ulaşmış olup olmadığını kontrol etmek adına uzman görüşlerine başvurulmuş ve toplam 12 uzmandan görüş alınmıştır. Bu anlamda materyal, 8 öğretim üyesi, doktora ünvanına sahip 1 uzman ve fizik ders kitabı yazım deneyimine sahip 3 fizik öğretmeni tarafından hazırlanan ölçekler aracılığıyla incelenmiştir. Materyalin yoğun bir içeriğe sahip olması sebebiyle yapılan incelemenin niteliğini artırmak adına, materyalde yer alan üç bölüm için ayrı ayrı inceleme yapılması sağlanmıştır. Bu doğrultuda, her bölümün yapısal temeline ve içerik sunumuna yönelik olarak 3 öğretim üyesi ve 1 ölçme değerlendirme uzmanının görüşleriyle hazırlanan, ‘Yapısal Temel Ölçeği’ ve ‘İçerik Sunum Ölçeği’ isimli iki ayrı ölçek kullanılmıştır.

‘Yapısal Temel Ölçeği’ geliştirilen materyalin MOMBİ öğretim modelinin aşamalarına sahip olup olmaması (ilk beş madde) ve materyalin yazım dili ile görsel öğelerini (son iki madde) değerlendirmeyi gerektirmekte ve materyalin tüm bölümleri için ortak niteliktedir. ‘İçerik Sunum Ölçeği’ enerji kavramının öğretimi için hazırlanan içeriğin istenilen hedeflerle ilişkili olup olmadığıyla ilgilidir. Her bölümde farklı kazanımlara odaklanması sebebiyle içerik sunum ölçeğinin maddeleri bölümlere göre farklılık göstermektedir. Uzmanlardan, ölçeklerde yer alan maddeleri ‘Evet’, ‘Kısmen’ ve ‘Hayır’ şeklinde değerlendirmeleri istenmiştir. Ayrıca ‘Kısmen’ ve ‘Hayır’ olarak değerlendirdikleri maddeleri niçin bu şekilde değerlendirdiklerini belirlemek için ‘Anlaşılmıyor’, ‘Geliştirilmeli’ ve ‘Tekrar Yazılmalı’ seçeneklerinden birini işaretleyerek gerekçelendirmeleri istenmiştir. Uzmanların Yapısal Temel Ölçeğinden hareketle materyalin yapısına yönelik olarak yaptıkları değerlendirmeler Tablo 16’da sunulmuştur.

Tablo 16. Yapısal temel ölçeği için uzman değerlendirmeleri

YAPISAL TEMEL	Bölüm	Evet		Kısmen		Hayır		KHDS*		
		f	%	f	%	f	%	Anlaşılmıyor	Geliştirilmeli	Tekrar yazılmalı
		Bu bölüm								
öğrencilerin ön bilgilerini harekete geçirecek, motivasyonlarını artıracak nitelikte başlatılmıştır	A	12	100	-	-	-	-	-	-	-
	B	11	92	1	8	-	-	-	-	-
	C	11	92	1	8	-	-	-	-	-

Tablo 16'nın devamı

öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmaya imkân verecek niteliktedir	A	10	83	2	17	-	-	-	-	-
	B	12	100	-	-	-	-	-	-	-
	C	12	100	-	-	-	-	-	-	-
öğrenci edinimlerini, kavramsal değişim metni, kavram haritası, anlam çözümleme tablosu vb. aracılığıyla geliştirecek niteliktedir	A	12	100	-	-	-	-	-	-	-
	B	10	83	2	17	-	-	-	1	-
	C	12	100	-	-	-	-	-	-	-
öğrenci edinimlerini pekiştirmek üzere hazırlanmış örnek etkinlikler (örnek sorular ve alıştırmalar) içermektedir	A	11	92	1	8	-	-	-	-	-
	B	10	83	2	17	-	-	-	-	-
	C	11	92	-	-	-	-	-	-	-
öğrencilerin kendi edinimlerini kontrol edebilecekleri etkinlikleri (farklı tür ve nitelikte soruları) içermektedir	A	12	100	-	-	-	-	-	-	-
	B	12	10	-	-	-	-	-	-	-
	C	12	100	-	-	-	-	-	-	-
görseller bakımından yeterlidir	A	10	83	2	17	-	-	-	2	-
	B	11	92	1	8	-	-	-	1	-
	C	10	83	2	17	-	-	1	-	-
dili açısından anlaşılırdır	A	10	83	2	17	-	-	-	2	-
	B	11	92	1	8	-	-	-	1	-
	C	11	92	1	8	-	-	-	1	-

* KHDS: Kısmen/Hayır Değerlendirme Sebebi

Tablo 16 incelendiğinde, uzmanların ölçekte yer alan maddeler için büyük bir çoğunlukla evet seçeneğini seçtikleri dikkat çekmektedir. Ayrıca az da olsa bazı uzmanlar bazı görsellerin değişimi veya düzenlenmesi, noktalama işaretlerinin kontrol edilmesi, uygun kelime kullanılması gibi sözlü eleştiriler yapmışlardır. Buradan hareketle uzmanların, materyalin hedeflenen yapıda olduğu yönünde görüş birliğine vardıkları belirlenmiştir.

Uzmanların İçerik Sunum Ölçeğinden hareketle, materyalin içeriğine yönelik olarak yaptıkları değerlendirme sonuçları Tablo 17, 18 ve 19'da sunulmuştur.

Tablo 17. A bölümü içerik sunum ölçeği için uzman değerlendirmeleri

İÇERİK SUNUMU	KHDS*								
	Evet		Kısmen		Hayır		Anlaşmıyor	Geliştirilmeli	Tekrar yazılmalı
	f	%	f	%	f	%			
Bu bölüm									
enerji kavramının tanımlanması için stratejik bir yaklaşıma (iş kavramına dayanmayan ve disiplinlerarası bir yapıya) yer verilmiştir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
sunulan enerji madde ilişkisi ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 17'nin devamı

sunulan enerji türleri ve çeşitleri ile ilgili açıklamalar yeterlidir	10	83	2	17	-	-	-	-	-
yer alan enerji dönüşümü ile ilgili açıklamalar yeterlidir	9	75	3	25	-	-	-	-	-
gerektiğinde disiplinlerarası ilişkilendirmeler yapılmıştır	10	83	2	17	-	-	-	-	-
öğrencilerin olası alternatif fikirlerini bilimsel olacak şekilde geliştirecek düzenlemelere yer verilmiştir	12	100	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 18. B bölümü içerik sunum ölçeği için uzman değerlendirmeleri

İÇERİK SUNUMU	Evet		Kısmen		Hayır		KHDS		
	f	%	f	%	f	%	Anlaşılmıyor	Geliştirilmeli	Tekrar yazılmalı
yapılan enerji sistem ilişkisi ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
yapılan bir sisteme ait enerji türlerinin mikroskobik ve makroskobik boyutta incelenmesi gerektiği ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
enerjinin hangi şartlarda korunduğu ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
yapılan termal enerji ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
yapılan kinetik enerji ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
yer alan yerçekimi potansiyel enerjisi ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
yer alan esneklik potansiyel enerjisi ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
yapılan mekanik enerji ve korunumu ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
öğrencilerin olası alternatif fikirlerini bilimsel olacak şekilde geliştirecek düzenlemelere yer verilmiştir	12	100	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 19. C bölümü içerik sunum ölçeği için uzman değerlendirmeleri

İÇERİK SUNUMU	Evet		Kısmen		Hayır		KHDS		
	f	%	f	%	f	%	Anlaşılmıyor	Geliştirilmeli	Tekrar yazılmalı
mikro boyuttaki enerji aktarım yolu olan ısı ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
ısı ve sıcaklık kavramları arasındaki ilişkiye dair sunulan açıklamalar yeterlidir	11	92	1	8					
makro boyuttaki enerji aktarım yolu olan iş ile ilgili açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-

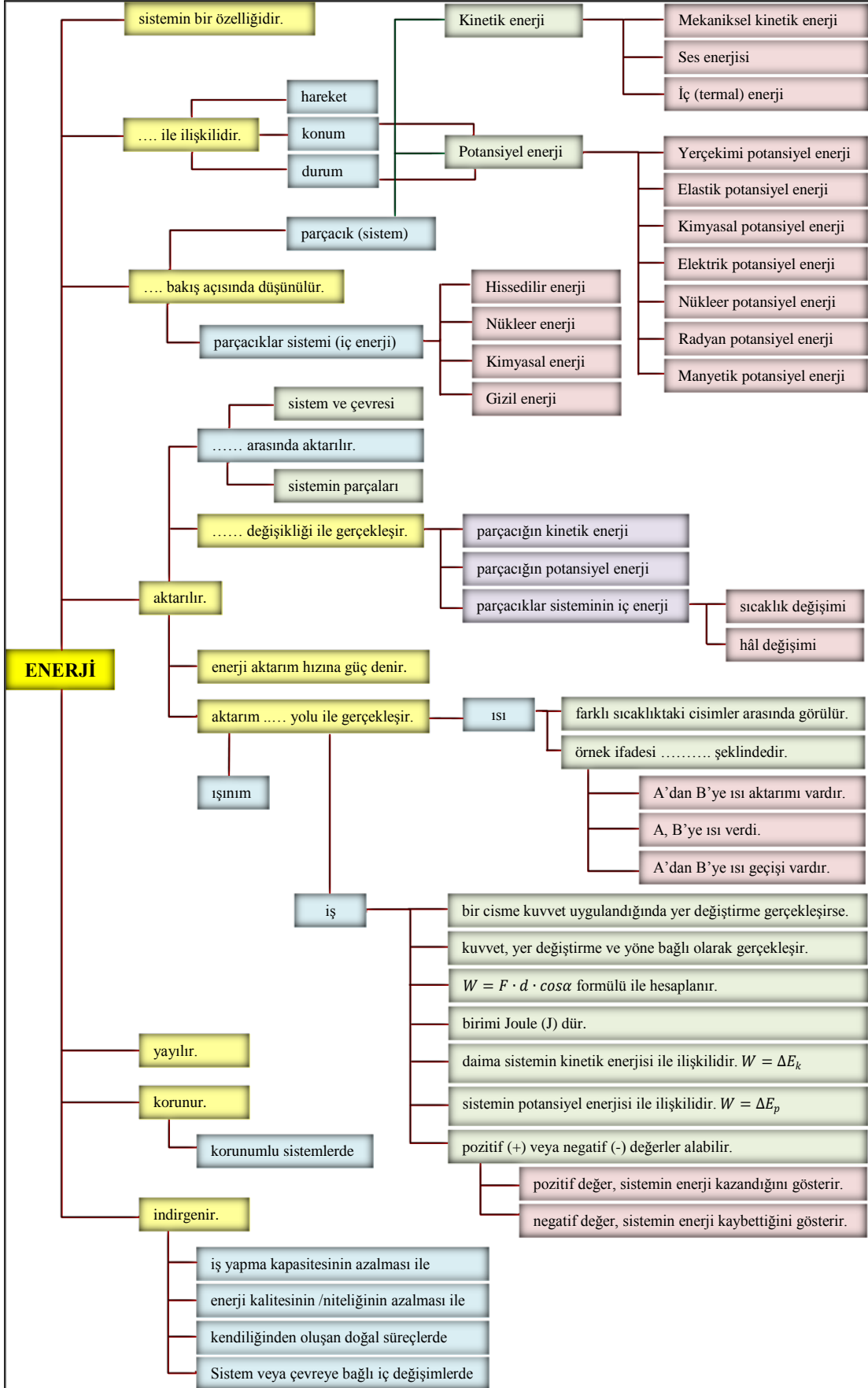
Tablo 19'un devamı

iş-enerji teoremi hakkında yapılan açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
iş-kinetik enerji teoremi hakkında yapılan açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
iş-potansiyel enerji teoremi hakkında yapılan açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
sabit kuvvetin yaptığı iş ile ilgili yapılan açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
değişken kuvvetin yaptığı iş ile ilgili yapılan açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
korunumlu kuvvetlerin yaptığı iş ile ilgili yapılan açıklamalar yeterlidir	11	92	1	8	-	-	-	-	-
korunumsuz kuvvetlerin yaptığı iş ile ilgili yapılan açıklamalar yeterlidir	11	92	1	8	-	-	-	-	-
enerji ve güç kavramları arasındaki ilişkiye dair yapılan açıklamalar yeterlidir	12	100	-	-	-	-	-	-	-
enerji indirgenmesi ile ilgili yapılan açıklamalar yeterlidir	10	83	2	17	-	-	-	-	-
verim kavramı ile ilgili yapılan açıklamalar yeterlidir	10	83	2	17	-	-	-	-	-
öğrencilerin olası alternatif fikirlerini bilimsel olacak şekilde geliştirecek düzenlemelere yer verilmiştir	12	100	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 17, 18 ve 19 incelendiğinde, uzmanların ölçekte yer alan maddeler için büyük bir çoğunlukla evet seçeneğini seçtikleri görülmektedir. Buna dayanılarak uzmanların, materyalin hedeflenen niteliklerle örtüştüğü yönünde görüş birliğine vardıkları söylenebilir.

2.3.1.5. Asıl Uygulamada Kullanılan Materyalin İçeriği ve Uygulanması

Yapılan çalışmalar sonunda materyalde enerji kavramının sunumuna ilişkin geliştirilen genel yapı Şekil 19'da sunulmuştur.



Şekil 19. Materyalinin genel içeriği ile ilgili diyagram

Şekil 19’da enerji konusunun sunumu için yapılandırılan genel yapı Tablo 20’de görülen bölüm ve konu alanları kapsamında verilmiştir.

Tablo 20. Materyalin bölüm ve konu alanları

Bölüm	Konular	Alt Başlıklar
Enerji ve Etkileşimleri	Her Yerde Enerji (Madde ve Enerji)	-
	Çevremizdeki Enerji	1. Güneş enerjisi ve bitkiler 2. Enerji türleri
Enerji ve Korunumu	Sistem ve İzolasyon	-
	Termal Enerji	-
	Kinetik Enerji ve Yerçekimi Potansiyel Enerjisi	1. Yerçekimi Potansiyel Enerjisinin Sıfır Noktası 2. Enerji Sütun-Süreç Grafikleri 3. Yerçekimi Potansiyel Enerjisinin Farklı Eksendeki Durumu
	Mekanik Enerjinin Korunumu	-
	Elastik Potansiyel Enerji ve Hooke Yasası	-
Enerji Aktarım Yolları	Isı Yoluyla Enerji Aktarımı	-
	İş Yoluyla Enerji Aktarımı	1. İş ve Kinetik Enerji İş Toplam işin hesaplanması Kuvvet Var İş Yok; Yer Değiştirme Var İş Yok Kuvvet ve Yer Değiştirme Var İş Yok Değişken Kuvvetlerin Yaptığı İş 2. İş ve Potansiyel Enerji Yerçekimi Kuvvetinin Yaptığı İş Elastik Cisimlerin Yaptığı İş Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler
	Enerjinin Korunumu	-
	Güç: Enerji Aktarım Hızı	-
	Enerji Aktarım Sürecinin Verimi	-

Tablo 20’de görüldüğü gibi geliştirilen materyal, ‘Enerji ve Etkileşimleri, Enerji ve Korunumu, Enerji Aktarım Yolları’ olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, doğadaki enerji etkileşimleri hakkında genel bir içerik hazırlanarak öğrencilerin enerjiyle ilgili kavramsal düzeyde bilgi edinebilecekleri bir zemin oluşturulmuştur. Bu bölümde enerji ve madde arasındaki ilişki, evrenin başlangıcı ve genişlemesi teorisinden hareketle sunulmuştur. Ayrıca çevremizdeki enerji dönüşüm süreçleri hakkında bilgilendirmeler yapılarak enerji türleri ve korunumu irdelenmiştir. İkinci bölümde, teorik bilgilendirme yapılarak öğrencilere üçüncü bölüme hazırlık niteliğinde temel konuların sunulması esas alınmıştır. Bu bölümde sistem yaklaşımı temel alınarak termal enerji, kinetik enerji ve potansiyel enerji ve mekanik enerjinin korunumu hakkında açıklamalar yapılmıştır. Kinetik enerji ve yerçekimi potansiyel enerjiye ait eşitlikler, kinematik eşitlikler ve Newton’un II. yasası temel alınarak sunulmuştur. Son bölümde enerjinin bir

sistemden başka bir sisteme nasıl aktarıldığı hakkında açıklamalar yapılarak öğrencilerin özellikle işlemsel düzeyde bilgi edinebilecekleri içerik oluşturulmuştur. Bu bölümde enerji aktarımının makro ve mikro boyutta nasıl gerçekleştiği açıklanmıştır. Bu kapsamda termal enerji ile ilgili olarak ısı, kinetik ve potansiyel enerji türleri ile ilişkili olarak iş kavramları sunulmuştur. Ayrıca korunumlu ve korunumsuz kuvvetler, güç ve verim konuları hakkında açıklamalara gidilmiştir (bkz. CD’de Ek-3).

Geliştirilen materyalin asıl uygulamasının yürütülme süreci Tablo 21’de sunulmuştur.

Tablo 21. Materyalin uygulanma organizasyonu

Bölüm	Kazanımlar	Sayfa no	Ders	Açıklama (MOMBİ uygulamaları)	
Enerji ve Özellikleri	1.1 - 1.4	2-10	1-2	Tetikleme	Enerjinin çevredeki değişimlerdeki rolü sorgulanarak öğrencilerin konuya ilgileri çekecek alt yapı oluşturulmuştur. Ayrıca enerji kavramının doğru algılanmasının önemi vurgulanarak öğrencilerin motive olmasını sağlayacak düzenleme yapılmıştır.
				Aktive etme	Bir tartışma ortamı oluşturularak öğrencilerin enerji ile ilgili ön edinimleri açığa çıkarılmıştır.
				Edinimi sağlama	Öğrencilerin ilgili kazanımlara yönelik zihinsel yapılanmalarını geliştirecek içeriğe yer verilmiştir.
				İskelet kurma	Öğrencilerin öğrenmelerini tamamlamak ve eksikliklerini gidermek için örnek sorulara ve çözümlerine yer verilmiştir.
				Pratik yapma	Materyalin A bölümü kapsamındaki ‘Sorgulayalım Anlayalım’ başlığında yer alan sorularla gerçekleştirilmiştir.
Enerji Korunumu	2.1 - 2.5	11 - 26	3-4	Tetikleme	Birinci dersle ilgili olarak ortaya çıkan öğrenme eksikliklerinin tartışılması ve giderilmesine yönelik açıklamalar ve yeni konunun içeriğine yönelik vurgulamalar yapılmıştır.
				Aktive etme	Oluşturulan tartışma başlığı ile öğrencilerin enerji korunumu ile ilgili ön edinimleri açığa çıkarabilecek tartışma gerçekleştirilmiştir.
				Edinimi sağlama	İç enerji, kinetik enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi, mekanik enerji ve mekanik enerjinin korunumu ve süren süreç grafiklerinin kullanımına ilişkin temel bilgilere yönelik açıklamalar yapılmıştır.
				İskelet kurma	Öğrencilerin öğrenmelerini tamamlamak eksikliklerini gidermek için örnek sorulara ve çözümlerine yer verilmiştir.
				Pratik yapma	Materyalin ilgili bölümü kapsamındaki ‘Sorgulayalım Anlayalım’ başlığında yer alan sorularla gerçekleştirilmiştir.
	2.3 - 2.5	27-33	5-6	Tetikleme	İkinci dersle ilgili olarak ortaya çıkan öğrenme eksikliklerinin tartışılması ve giderilmesine yönelik açıklamalar ve üçüncü dersin içeriğine yönelik vurgulamalar yapılmıştır.
				Aktive etme	Oluşturulan tartışma başlığı ile öğrencilerin elastik potansiyel enerji ve enerji korunumu ile ilgili ön edinimleri açığa çıkarabilecek tartışmalar yapılmıştır.
				Edinimi sağlama	Kazanımlar doğrultusunda Hooke Yasası, esneklik potansiyel enerjisi ve mekanik enerjinin korunumu konuları sunulmuştur.
				İskelet kurma	Öğrencilerin öğrenmelerini tamamlamak eksikliklerini gidermek için örnek sorulara ve çözümlerine yer verilmiştir.
				Pratik yapma	Materyalin ilgili bölümü kapsamındaki ‘Sorgulayalım Anlayalım’ başlığında yer alan sorularla gerçekleştirilmiştir.

Tablo 21'in devamı

Enerji Aktarımı	3.1 - 3.3	34 - 47	7-8	Tetikleme	Birinci dersle ilgili olarak ortaya çıkan öğrenme eksikliklerinin tartışılması ve giderilmesine yönelik açıklamalar ve yeni konunun içeriğine yönelik vurgulamalar yapılmıştır.
				Aktive etme	Oluşturulan tartışma başlığı ile öğrencilerin bir sistemden bir başka sisteme enerji geçişinin nasıl gerçekleştiği ile ilgili ön edinimleri açığa çıkarabilecek tartışmalar yapılmıştır.
				Edinimi sağlama	Kazanımlar doğrultusunda sıcaklık, ısı, iş kavramları, iş ve kinetik enerji ilişkisi, toplam işin hesaplanması, değişken kuvvetlerin yaptığı iş, iş ve potansiyel enerji arasındaki ilişki, korunumlu-korunumsuz kuvvetlerin yaptığı iş ve korunumlu ve korunumsuz kuvvetler temelinde enerji korunumu, güç ve verim kavramlarına/konularına yönelik açıklamalar yapılmıştır.
				İskelet kurma	Öğrencilerin öğrenmelerini tamamlamak eksikliklerini gidermek için örnek sorulara ve çözümlerine yer verilmiştir.
				Pratik yapma	Materyalin ilgili bölümü kapsamındaki 'Sorgulayalım Anlayalım' başlığında yer alan sorularla gerçekleştirilmiştir.

Tablo 21'de görüldüğü gibi materyalin uygulanması için 4 adet MOMBİ kurgusu tasarlanmıştır. Buna göre 'Enerji ve Etkileşimleri' bölümü 2 ders saati, 'Enerji ve Korunumu' bölümü 4 ders saati ve 'Enerji Aktarım Yolları' bölümü 4 ders saatinde işlenmesi planlanmıştır.

2.3.2. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada tasarlanan öğrenme ortamıyla öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirme ve bu durumla ilişkili olarak da alternatif fikirlerini giderme, eksik bilgilerini tamamlama çalışmaları yürütülerek tasarlanan öğrenme ortamının etkileri incelenmiştir. İlgili literatürde öğrencilerin enerji kavramıyla ilgili algılamalarını ortaya çıkarmayı hedefleyen ve tasarlanan öğretim yaklaşımının etkilerinin incelendiği çalışmalarda veri toplamak için mülakatlardan, açık uçlu ve çoktan seçmeli sorular içeren başarı testlerinden ve serbest yazma tekniklerinden yararlanıldığı dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 3 ve Tablo 12). Literatürde yer alan bu tür çalışmalar dikkate alınarak bu araştırma kapsamında öğrencilerin zihinsel modellerindeki gelişimi belirlemek amacıyla farklı nitelikte sorulardan oluşan başarı sınavı ile mülakatlardan ve tasarlanan öğrenme ortamının hedeflendiği gibi uygulanıp uygulanmadığını tespit etmek için gözlemlerden yararlanılmıştır. Bu başlık altında belirtilen veri toplama araçlarının geliştirilmesi aşamalarında yapılan çalışmalar ayrıntılı olarak sunulmuştur.

2.3.2.1. Araştırmada Kullanılan Başarı Sınavı

Öğretim sürecinde testler/sınavlar çeşitli amaçlar için kullanılmakla beraber sıklıkla öğrencilerin bir konu ya da kavram hakkındaki yanlışlarını, eksikliklerini ve öğrenme düzeylerini belirlemek amacıyla kullanılırlar. Enerji kavramının öğrenimi ve öğretimi için gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde kullanılan sınavlar içinde çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulara yer verildiği görülmektedir. Çoktan seçmeli sorulardan oluşan sınavlar, belirlenen konu ile ilgili öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmada etkin olarak kullanılan tekniklerdendir (Turgut, 1992). Ancak çoktan seçmeli sorular öğrencilerin kendi yanıtlarını formüle etmekte yeterli olmayan (Tan vd., 2002), öğrencilerin ne algılandığından çok ne hatırladığına odaklanan nitelikte sorulardır (Çalık, 2006; Kurnaz ve Çalık, 2009). Bu anlamda, öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmalar arasında çoktan seçmeli soruların kullanıldığı çalışmalarda, üzerinde çalışılan konu veya kavramla ilgili daha önceden araştırmalarla belirlenmiş zihinsel modellerden yararlandığı görülmektedir. Hrepic (2002; 2004) tarafından sesin yayılımı ile ilgili olarak gerçekleştirilen yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları, çoktan seçmeli sorularla öğrencilerin zihinsel modellerini ortaya çıkarma çalışmalarına örnek olarak verilebilir. Buna karşın enerji kavramı hakkında öğrencilerin zihinsel modellerini ortaya koyan yeterince çalışma olmaması ya da enerji kavramının bilimsel olarak türetilmesi/geliştirilmesi süreçlerinde atom modelleri örneğinde olduğu gibi farklı nitelikte modellerin olmaması nedeniyle çoktan seçmeli sorularla öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarılamayacağı açıktır. Bu nedenle çalışma kapsamında kullanılan başarı sınavında açık uçlu sorulardan yararlanılmıştır.

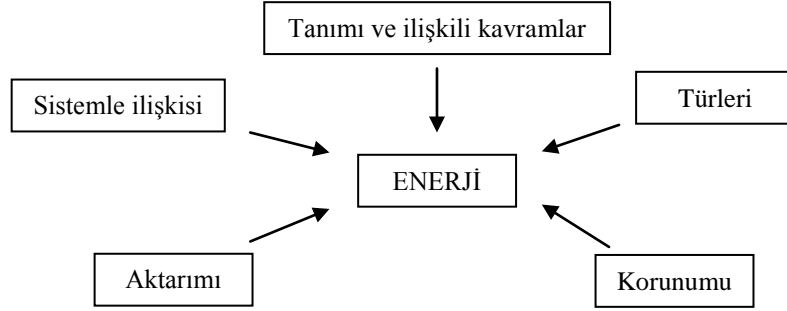
Açık uçlu sorular, öğrencilere farklı yöntemlerle açıklayıcı veya tanılayıcı yanıtlar verme şansı sunarken araştırmacılara derinlemesine veri elde etme olanağı sağlar (Çepni, 2005; Çalık, 2006). Ginns ve Watters'a (1995) göre açık uçlu sorular öğrencilere düşüncelerini serbestçe yansıtmaya, incelenen kavramı anlama ve alternatif fikirlerini sunma imkânı sağlar. Bu noktada öğrencilerin çeşitli kavramlarla ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarmak üzere gerçekleştirilen pek çok çalışmada açık uçlu sorulardan yararlanılmış olması (örn. Harrison ve Treagust, 1996; Borges ve Gilbert, 1999; Coll ve Treagust, 2003; Itza-Ortiz vd., 2004; Patrick, 2006; Sağlam Arslan ve Devocioğlu, 2010; Şengören, 2010; Gökdere ve Çalık, 2010) veri toplamak için benimsen soru tipini desteklemektedir.

2.3.2.1.1. Başarı Sınavı Sorularının Geliştirilmesi

Zihinsel modeller bireylerin görüntüleri, kurallar dizgisini, önermeleri ve bunların nerede ve nasıl kullanılacaklarına dair durumları zihinlerinde kavramsallaştırmasıyla ilgili olması nedeniyle zihnindeki içsel/bilişsel sunumlardır (bkz. 1.7.1.1.2. başlığı). Ayrıca bu sunumların bireylerin yapacaklarına dair zihinlerindeki rehberler olup daha önce deneylenmemiş olguların anlaşılmasında ve açıklanmasında bireylerin soyut araçlarıdır. Buna göre zihinsel modeller bilginin üç özel boyutunu içerir: içerik bilgisi (content knowledge), yapı bilgisi (structural knowledge) ve işlemsel bilgi (procedural knowledge) (Hill, 2010). İçerik bilgisi modellenen gerçeğe ait tanımlayıcı/açıklayıcı bilgilerle, yapı bilgisi modellenen gerçeğe ait ilişkiler ağıyla ve işlemsel bilgi modellenen gerçeğe ait içerik ve yapı bilgilerinin kullanılması ile ilgili bilgilerle ilişkilidir. Diğer bir ifadeyle, içerik ve yapı bilgileri gerçeğe ait teorik bilgileri, işlemsel bilgiyse pratik bilgileri yansıtmaktadır. Buna göre öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili zihinsel modellerinin ortaya çıkarabilmek için onlara teorik ve pratik bilgilerini açığa çıkaracak sorular sorulması gerektiği açıktır. Bu anlamda, Chevillard (1989) tarafından önerilen prakseolojik yaklaşım, bireylerin gerçekleştirdiği aktivitelerin teoriksel yapısını modellemeye imkân vermesi nedeniyle (bkz. Winslow, 2006; Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009, 2010) soruların hazırlanmasında temel alınmıştır.

Bu çalışma kapsamında kullanılan soruların hazırlanmasında sorgulanması gereken diğer önemli bir nokta da ‘enerji kavramının hangi alt konuları vardır/incelenmelidir?’ sorusunun yanıtıdır. Baki (2006) bireylerin kavram bilgisinin ilgili kavramı tanımlamasının yanı sıra ilgili kavramlar arasındaki ilişkileri ve geçişleri bilmeyi gerektirdiğini belirtmektedir. Ayas (2005) farklı bir açıdan yaklaşarak kavramların sadece tanımlarla öğretilemeyeceğini, kavramın tüm yönlerinin ve anlam bulduğu ilişkili kavramlardan ayrımının yapılarak öğretilmesi gerektiğini belirtmektedir. Ayas tarafından kavram öğretimi için ortaya konan bu yaklaşımın, öğrencilerin bir kavramla ilgili sahip olacağı temelleri de yansıttığı açıktır. Bireylerin sahip olacağı kavram bilgisi için Ayas (2005) ve Baki (2006) tarafından ortaya konan yaklaşımlar dikkate alındığında, öğrencilerin enerji kavramını nasıl tanımladığı tek başına onların enerjiyi nasıl algıladıklarını yansıtmayacaktır. Harrison ve Treagust (1996) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, atomların ebadı, şekli, niteliği, maddenin bileşimleri, elektron bulutu gibi alt konulardan yola çıkarak öğrencilerin atom ve moleküller hakkındaki zihinsel modellerini ortaya

çıkarılmış olması yukarıda ortaya konan düşünceyi destekler niteliktedir. Bu durumlarla ilişkili olarak enerjinin tanımlanmasının yanı sıra türleri, sistemle ilişkisi, korunumu, aktarımı ve ilgili diğer kavramlarla olan ilişkisinin de sorgulanması gerektiği düşünülmektedir (Şekil 20).



Şekil 20. Enerji kavramının bu çalışma kapsamında incelenen boyutları

Şekil 20’de belirtilen yapıdan hareketle öğrencilerin enerji kavramının tüm karakteristik özellikleri ile diğer kavramlarla ilişkilendirme ve ayırt etme noktasındaki algılamaları, bütüncül bir bakış açısıyla ortaya konabilecektir.

Öğrencilerin enerji kavramına dair zihinsel modellerini ortaya çıkaracak soruları hazırlamak için yukarıda yapılan açıklamaların da yeterli olmayacağı açıktır. Çünkü öğrencilerin sadece tanımlama/açıklama becerilerine odaklanmak gerçekte onların sahip oldukları zihinsel modelin bir bölümüne odaklanmak olacaktır. Bu nedenle hazırlanacak soruların tanımlama/açıklamanın yanı sıra hesaplama, gösterim değişimi, yorumlama, grafiği okuma gibi farklı durumlarını da içermesi gerektiği açıktır. Nitekim ilgili literatürde bu anlamda vurgulamalar yapıldığı dikkat çekmektedir (bkz. Redish, 1994; Çoştu, 2007, 2010; Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009; Sağlam Arslan, 2009).

Yukarıda açıklanan temel dayanaklardan hareketle, uzman görüşleri doğrultusunda, bazıları alt sorular da içeren 23 soru hazırlanmıştır (bkz. CD’de Ek-4).

2.3.2.1.2. Başarı Sınavının Pilot Uygulaması ve Asıl Uygulama İçin Düzenleme Çalışmaları

Zihinsel modeller genellikle tamamlanmamış, kendisiyle çelişen ve tutarsız yapıda ve öznel olması nedeniyle ortaya çıkarılmaları oldukça zordur (Hill, 2010). Bu nedenle başarı sınavının geliştirilme sürecinin dikkatle yürütülmesi ve derinlemesine veri elde edebilecek

nitelikte soru çeşitliliğine yer verilmesi gerektiğine inanılmaktadır. Bu anlamda başarı sınavı geliştirme sürecinin tüm aşamalarında uzman görüşlerine sıkça başvurulmuştur.

Geliştirilen sınav sorularının ilk hali için iki öğretim üyesinin görüşleri alınarak gerekli düzenlemeler yapılmış ve Temel Fizik I dersi kapsamında enerji konusunu henüz alan 38 öğrenciye uygulanmıştır. Elde edilen verilerin analiz sonuçlarına göre başarı sınavı sorularında düzenlemeler yapılmıştır. Yapılan düzenlemeler sonucu, başarı sınavı sorularının ölçmek istenilen nitelikleri ölçmede yeterli olup olmadığını belirlemek üzere, 3 öğretim üyesi ve 1 ölçme değerlendirme uzmanının görüşleriyle ‘Başarı Sınavı Uzman Değerlendirme Ölçeği’ geliştirilmiştir. Geliştirilen ölçek, 8 öğretim üyesine ve doktora derecesine sahip 1 uzmana uygulanarak başarı sınavı soruları için uzman görüşleri alınmıştır. Bu süreçte sorular uzmanlara, ait olduğu konular, amaçları ve sorular kapsamında öğrencilerden beklenen aktivite durumlarını açıklayıcı nitelikte sunulmuştur. Uzmanların Başarı Sınavı Uzman Değerlendirme Ölçeğinden hareketle, başarı sınavı sorularına yönelik olarak yaptıkları değerlendirme sonuçları Tablo 22’te sunulmuştur.

Tablo 22. Başarı sınavı soruları için uzman değerlendirmeleri

Soru No	Zihinsel modelleri belirlemek için						Kabul Edilebilir/Yetersiz Değerlendirme Sebebi			
	Yeterli		Kabul edilebilir		Yetersiz		Konu dışı	Anlaşılmıyor	Geliştirilmeli	Önemsiz
	f	%	f	%	f	%				
1	7	78	2	22	-	-	-	-	2	-
2	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
3	8	89	-	-	1	11	-	1	-	-
4	7	78	2	22	-	-	-	-	2	-
5	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
6	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
7	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
8	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
9	7	78	2	22	-	-	-	1	1	-
10	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
11	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
12	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
13	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
14	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
15	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
16	8	89	-	-	1	11	-	1	-	-
17	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
18	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
19	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
20	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
21	9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
22	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
23	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-

Tablo 22 incelendiğinde, uzmanların ölçekte yer alan maddeler için büyük bir çoğunlukla yeterli seçeneğini seçtikleri anlaşılmaktadır. Tabloda ayrıca az sayıda bazı uzmanın bazı sorular için kabul edilebilir seçeneğini seçtikleri görülmektedir. Bu uzmanların gerekçeleri incelendiğinde, soruların madde kökünde uygun kelime kullanılması gibi eleştiriler yönelttikleri tespit edilmiştir. Buradan hareketle uzmanların ölçeğin hedeflenen nitelikte olduğu yönünde görüş birliğine vardıkları belirlenmiştir.

Uzman değerlendirmeleri sonrasında başarı sınavı fen bilgisi öğretmenliği programında Temel Fizik I dersini tamamlamış 45 öğrenciye uygulanarak sorularının anlaşılabilirlik ve istenen hedeflere hizmet edip etmediği yönünde değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan çalışmaların ardından hazırlanan soruların ait olduğu konular, amaçları ve sorular kapsamında öğrencilerden beklenen aktivite durumları Tablo 23’de sunulmuştur.

Tablo 23. Araştırma kapsamında geliştirilen başarı sınavı soruların özellikleri

Konular	Öğrenciden Beklenen Aktivite	Soru	Amaç		
Enerji ve ilişkili kavramlar	Tanımlama İlişkili kavramlardan ayırt etme	1	Teorik Anlama	Öğrencilerin enerji kavramını hangi çerçevede tanımladığını ve ilişkili olduğu diğer kavramlardan (iş, güç, ısı ve kuvvet) nasıl ayırt ettiğini ortaya çıkarma.	
	İlişkili kavramlarla ilişkilendirme	4		Öğrencilerin enerjisi ilişkili olduğu diğer kavramlarla nasıl ilişkilendirdiğini ortaya çıkarma.	
Enerji türleri	Bilme, Açıklama, Örnekleme	2	Teorik Anlama	Öğrencilerin enerji çeşitlerini bilme, açıklama ve örnekleme durumlarını tespit ederek enerji türleri hakkındaki edinimlerini belirleme.	
	Sınıflama	3		Öğrencilerin enerji çeşitlerini nasıl sınıflandırdıklarını tespit etme.	
Enerji sistem ilişkisi	Gerekçelerin tespiti (var olma, hareket, konum, durum)	5	Teorik Anlama	Öğrencilerin enerji-madde arasındaki ilişkiyi nasıl tanımladıklarını ortaya koyma.	
Enerji aktarımı	Tanımlama (iş, güç, ısı)	1	Teorik Anlama	Öğrencilerin iş, güç ve ısı kavramını hangi çerçevede tanımladığını ve ilişkili olduğu diğer kavramlardan nasıl ayırt ettiğini ortaya çıkarma.	
	Aktarım yolunu belirleme (ısı) Aktarım süreci açıklama	6		Öğrencilerin makro boyutta düşünülen enerji çeşitlerinin mikro boyutta düşünülen enerji çeşitlerine dönüşümünü nasıl açıkladıklarını inceleme.	
	Aktarım yönünün önemini bilme-açıklama	7		Yapılan işin işaretinin negatif veya pozitif olma durumlarını (sistemin enerji alması veya vermesi) öğrencilerin nasıl yorumladıklarını irdeleme.	
Enerji korunumu	Tanımlama ve Sıcaklık değişimini, enerji değerini, sürtünmeyi ve dönüşümü dikkate alma	8	Teorik Anlama	Öğrencilere göre enerjinin hangi şartlarda korunduğunu ortaya çıkarma.	
Enerji ve ilişkili kavramlar	İş kullanma	İşin işaretini belirleme-açıklama	15	Pratik Anlama	Yapılan işin işaretinin negatif veya pozitif olma durumlarını grafikten hareketle öğrencilerin nasıl yorumladıklarını irdeleme.
		İş yorumlama	17a		Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte işi yorumlama durumlarını ortaya koyma.
		İş hesaplama	19		Öğrencilerin sistem üzerine yapılan işi hesaplamada nasıl bir yol izlediklerini ortaya koyma.
	Isıyı yorumlama	16	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte hareketle makro boyutta düşünülen enerji çeşitlerinin mikro boyutta düşünülen enerji çeşitlerine dönüşümünü nasıl açıkladıklarını tespit etme.		
	Gücü yorumlama	17b	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte, enerji aktarım hızını yorumlama durumlarını ortaya koyma.		
	Gücü hesaplama	18	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte, enerji aktarım hızını hesaplama durumlarını tespit etme.		
Enerji türleri	Belirleme	11 13 22a	Pratik Anlama	Öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme durumlarını ortaya koyma.	

Tablo 23'ün devamı

	Yorumlama	21	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle yerçekimi potansiyel enerjisini açıklama durumlarını inceleme.
Enerji sistem ilişkisi	Sistemi görselleme	9a	Öğrencilerin bir yayın sahip olduğu enerji değerleri ile ilgili diyagramlardan hareketle o yayın resmini nasıl çizdiklerini tespit etme.
	Sistemin enerji değişimi gösterme	9b 20	Öğrencilerin bir yayın sahip olduğu enerji değerleri ile ilgili diyagramlardan hareketle ilgili grafikleri nasıl çizdiklerini tespit etme.
	Sistemin enerji değerini hesaplama	11	Öğrencilerin sistemin sahip olduğu enerji çeşitlerinin değerini hesaplama durumlarını ortaya koyma.
Enerji aktarımı	Enerji aktarımı hesaplama	12	Öğrencilerin bir sistemden diğerine enerji aktarımını hesaplama durumlarını irdeleme.
		19	Öğrencilerin sistem üzerine yapılan işi hesaplamada nasıl bir yol izlediklerini ortaya koyma.
	Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	16	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle makro boyutta düşünülen enerji çeşitlerinin mikro boyutta düşünülen enerji çeşitlerine dönüşümünü nasıl açıkladıklarını tespit etme.
	Enerji aktarımını yorumlama	17a	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte, enerji aktarımını ve aktarım hızını yorumlama durumlarını ortaya koyma.
	Enerji aktarım hızını yorumlama	17b 18	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte, enerji aktarım hızını yorumlama durumlarını ortaya koyma.
Enerji korunumu	Korunumu belirleme	14	Öğrencilerin cisimlerin hareketi için hazırlanmış grafikten hareketle enerji korunumunu belirleme durumlarını inceleme.
	Korunduğunu gösterme	13	Öğrencilerin enerji değişimi süreçlerini farklı gösterim yolu ile ifade etme durumlarını irdeleme.
		23	Farklı sistemlerin hareketlerini karşılaştırmada öğrencilerin enerji korunumu nasıl yorumladıklarını ortaya koyma.
	Hesaplama kullanma	10	Öğrencilerin kinetik enerji, yerçekimi ve esneklik potansiyel enerji çeşitlerini hesaplamada nasıl bir yol izlediklerini, süreçte enerjinin korunumunu dikkate alma ve ilgili matematiksel gösterimi kullanma durumlarını inceleme.
	Korunumu dikkate alma	22b	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle sistemlerin enerji miktarlarını karşılaştırma durumlarını ortaya koyma.
		22c	Öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle sistemlerin enerji değişimlerini açıklama durumlarını ortaya koyma.

Tablo 23'te görüldüğü gibi, hazırlanan sorulardan 2'si 'Enerji ve İlişkili Kavramlar' konusuyla, 4'ü 'Enerji Türleri' konusuyla, 5'i 'Enerji-Sistem İlişkisi' konusuyla, 5'i 'Enerjinin Korunumu' konusuyla ve 8'i 'Enerji Aktarımı' konusuyla ilişkilidir. Sorulardan ilk sekizi öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili teorik bilgilerini, diğerleri pratik uygulamalarını ortaya çıkarmak üzere tasarlanmıştır. Başarı sınavı sorularının öncül analizleri CD'de Ek-5'te verilmiştir.

2.3.2.2. Mülakatlar

Fizik eğitimi alanında gerçekleştirilen çalışmalarda öğrencilerin üzerinde çalışılan konu ile ilgili düşüncelerini/edinimlerini derinlemesine ortaya çıkarmada mülakat kullanımının önemli bir yeri vardır. Mülakatlarla veri toplama metodu araştırmacılara, öğrencilerle etkileşime girerek onların sahip olduğu bilgilerin doğruluğunu/yanlışlığını, doğru/yanlış

bilginin derinliğini, bilgiler arasındaki ilişkilerin varlığını ve boyutunu inceleme fırsatı sağlar (Merriam, 1998; Çepni, 2005; Yıldırım ve Şimşek, 2006; Cohen vd., 2007).

Bu çalışmada, öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarmak hedeflendiğinden, derinlemesine bilgilere ihtiyaç olacağı açıktır. Bu nedenle çalışmada öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili sahip olduğu bilgilerin derinliğini, bilgiler arasındaki ilişkilerin varlığını ve boyutunu incelemek için mülakatlar kullanılmıştır. Mülakat sorularının hazırlanmasında başarı sınavı sorularını hazırlamak için benimsenen temel kabuller dikkate alınmıştır. Mülakat sorularının, başarı sınavı sorularından farklı olarak, enerji ve ilişkili kavramlar hakkında serbest cevaplama imkânı veren nitelikte olması ve verilen kartlarla ilgili durumları açıklama/yorumlama gerektirmesinden dolayı çalışma kapsamında klinik mülakat metodu kullanılmıştır. Örneğin; başarı sınavında öğrencilere ‘Enerji nedir? Açıklayınız.’ şeklinde bir soru yöneltilirken, mülakatta ‘Enerji kavramını düşündüğünüzde aklınıza ne geliyor? Açıklayınız.’ sorusu sorulmuş ve bu ana sorudan yola çıkarak öğrencilere alt sorular yöneltilmiştir. Böylelikle öğrencilerin zihninde olanı ortaya çıkarma ve başarı sınavından elde edilen verileri destekleme hedeflenmiştir.

Hazırlanan soruların ortaya çıkarılmak istenen bilgileri ortaya çıkarmada yeterli olup olmadığını belirlemek üzere 3 öğretim üyesinin görüşlerinden hareketle ‘Mülakat Soruları Uzman Değerlendirme Ölçeği’ geliştirilmiştir. Geliştirilen ölçek, 8 öğretim üyesine ve doktora derecesine sahip 1 uzmana uygulanarak mülakat soruları için uzman görüşleri alınmıştır (Tablo 24).

Tablo 24. Mülakat soruları için uzman değerlendirmeleri

Soru	Zihinsel modelleri belirlemek için						Kabul edilebilir ve Yetersiz Değerlendirme Sebebi			
	Yeterli		Kabul edilebilir		Yetersiz		Konu dışı	Anlaşılmıyor	Geliştirilmeli	Önemsiz
	f	%	f	%	f	%				
1	7	78	2	22	-	-	-	-	2	-
2	7	78	2	22	-	-	-	-	2	-
3	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
4	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
5	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-
6	8	89	1	11	-	-	-	-	1	-

Tablo 24’de görüldüğü gibi hazırlanan mülakat soruları uzmanların büyük bölümü tarafından uygun bulunmuştur. Uzman değerlendirmelerine göre yapılan düzenlemeler sonrasında fen bilgisi öğretmenliği programından 2 öğrenciyle yapılan mülakatlarla

soruların anlaşılabilirlik ve istenen hedeflere hizmet edip etmediği yönünde değerlendirmeler yapılmıştır.

Yapılan çalışmaların ardından hazırlanan mülakat soruları ait olduğu konular, amaçları ve sorular kapsamında öğrencilerden beklenen aktivite durumları ile ilgili nihai durum Tablo 25’de sunulmuştur.

Tablo 25. Araştırma kapsamında geliştirilen mülakat sorularının özellikleri

Konular	Öğrenciden Beklenen Aktivite	Soru	Amaç	
Enerji ve ilişkili kavramlar	Açıklama	1	Teorik Anlama	Öğrencilerin enerji kavramını hangi çerçevede tanımladığını ve ilişkili olduğu diğer kavramlardan nasıl ayırt ettiğini tespit etme.
Enerji türleri	Açıklama			Öğrencilerin enerji çeşitlerini bilme, açıklama ve örnekleme durumlarını irdeleme.
Enerji sistem ilişkisi	Açıklama			Öğrencilerin enerji-madde arasındaki ilişkiyi nasıl tanımladıklarını ortaya çıkarma.
Enerji aktarımı	Açıklama			Öğrencilerin enerji aktarımını nasıl anlamlandırdıklarını tespit etme.
Enerji korunumu	Açıklama			Öğrencilerin enerji korunumunu hangi çerçevede anlamlandırdıklarını belirleme.
Enerji ve ilişkili kavramlar	Yorumlama	5	Pratik Anlama	Öğrencilerin gerçek yaşama yönelik bir örnekte, enerji aktarımını ve aktarım hızını yorumlama durumlarını inceleme.
	Hesaplama	6		Öğrencilerin sistem üzerine yapılan işi ve gücü hesaplamada nasıl bir yol izlediklerini tespit etme.
Enerji türleri	Gösterim değişimi, hesaplama, grafiği okuma	4		Öğrencilerin gerçek yaşama yönelik bir örnekten hareketle sistemin enerji çeşitlerini hesaplama, enerji çeşitlerinin değişimini grafik üzerinde belirleme becerilerini tespit etme.
Enerji sistem ilişkisi	Yorumlama, açıklama	2		Öğrencilerin gerçek yaşam ile ilgili bir örneği dikkate alarak; bir sistemin sahip olduğu enerji çeşitlerini belirleme, bir başka sisteme enerji aktarımını tespit etme ve enerji aktarımında sıcaklık farklılığını algılama durumlarını irdeleme.
	Belirleme, açıklama, hesaplama, gösterim değişimi	3		Öğrencilerin enerji çeşitleri ile korunumunu belirleme, ilgili değeri hesaplama ve enerji değişimi grafikte gösterme durumlarını ortaya çıkarma.
Enerji aktarımı	Yorumlama, açıklama	2		Öğrencilerin gerçek yaşamla ilgili bir örneği dikkate alarak; bir sistemin sahip olduğu enerji çeşitlerini belirleme, bir başka sisteme enerji aktarımını tespit etme ve enerji aktarımında sıcaklık farklılığını algılama durumlarını irdeleme.
Enerji korunumu	Belirleme, açıklama, hesaplama, gösterim değişimi	3		Öğrencilerin enerji çeşitleri ile korunumunu belirleme, ilgili değeri hesaplama ve enerji değişimi grafikte gösterme durumlarını ortaya çıkarma.
	Gösterim değişimi, hesaplama, grafiği okuma	4		Öğrencilerin gerçek yaşama yönelik bir örnekten hareketle sistemin enerji çeşitlerini hesaplama, enerji çeşitlerinin değişimini grafik üzerinde belirleme becerilerini tespit etme.

Tablo 25’de görüldüğü gibi hazırlanan sorular başarı sınavı sorularında olduğu gibi öğrencilerin enerji konusuyla ilgili teorik ve pratik bilgilerini uygulamalarını ortaya çıkarmak üzere tasarlanmıştır (bkz. CD’de Ek-6).

Mülakat yapılacak öğrenciler gönüllüler arasından seçilmiştir. Maksimum çeşitliliği sağlamak için öğrenci seçimi öğrencilerin ön zihinsel modelleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte ön zihinsel model çeşitliliğinin sağlanmasına ve bu modellere sahip öğrenci sayısına dikkat edilerek toplam 15 öğrenci seçilmiştir. Ancak 4 öğrencinin son mülakata katılmak istememeleri nedeniyle analizler 11 öğrenci için

gerçekleştirilmiştir. Belirlenen öğrencilerle mülakatlar, uygulamalar öncesi ve sonrası olmak üzere ön ve son mülakatlar şeklinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.2.3. Gözlemler

Gözlemler, incelenen davranışla ilgili yerinde/ortamında ayrıntılı veri toplama imkânı sağlaması nedeniyle nitel araştırmalarda en sık kullanılan veri toplama yöntemlerinden biridir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Gözlemler yoluyla toplanan veriler, var olan veya maksatlı olarak tasarlanan ortamların gerçekleştiklerinde ortaya çıkarılan verileri yansıtır (Gelen, 2007; Büyüköztürk vd., 2009). Daha açık bir ifadeyle gözlemler, gerçekte olayların nasıl gerçekleştiğini anlamaya yardımcıdır. Bu nedenle araştırma konusu ile ilgili olarak gerçekleştirilen gözlemler, araştırma sürecinde toplanan diğer verilerin güvenilirliğini artırır (Çepni, 2005).

Bu çalışma kapsamında, tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin alternatif fikirlerini gidermesi, eksik bilgilerini tamamlaması ve zihinsel modellerine gelişimine etkisinin değerlendirilmesi hedeflendiğinden, öğrenme ortamının tasarlanan hedeflere uygun yürütüldüğüne yönelik incelemelerin yapılması elde edilen diğer verilerin güvenilirliğini destekleyecektir. Öğrenme ortamının belirlenen temeller doğrultusunda gerçekleşip gerçekleşmediğini tespit etmek için, uygulamalar sürecine araştırmacı katılarak yapılandırılmamış gözlemlerle veri toplanmıştır. Büyüköztürk vd.'ne (2009) göre nitel çalışmalarda, araştırmacının katılımlı ve yapılandırılmamış gözlemlerle veri toplaması araştırmanın doğası ile örtüşmektedir. Araştırmacı, uygulamalar başlamadan önce tanıma ve kendini kabul ettirme amacıyla 8 ders saati süresince uygulamaların gerçekleştirildiği öğrenme ortamlarına katılmıştır. Sonrasında, 10 ders saati süren uygulamalar sürecinde verilerini toplamıştır.

2.4. Veri Analizi

Bu başlık altında, öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemek üzere toplanan başarı sınavı ve mülakat verileri ile uygulamaların tutarlılığını belirlemek üzere yapılan gözlemlerden elde edilen verilerin analizlerinin nasıl gerçekleştirildiğine yönelik bilgiler verilmiştir.

2.4.1. Başarı Sınavından Elde Edilen Verilerin Analizi

Öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarabilmek için öncelikle onların anlama seviyeleri belirlenmiştir. Tespit edilen anlama seviyelerinden hareketle, önceden belirlenmiş ölçütler dâhilinde öğrencilerin zihinsel modelleri ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntemle zihinsel model tespit etmenin farklı çalışmalarda kullanıldığı dikkat çekmektedir (örn. Sağlam Arslan ve Devecioğlu, 2010; İyibil, 2010).

2.4.1.1. Öğrencilerin Anlama Seviyelerini Belirlemek Üzere Gerçekleştirilen Analizler

Başarı sınavından elde edilen verilerin analizi ile öğrencilerin başarılarındaki değişim incelenmiştir. Bunun için öğrencilerin ön ve son sınavlar arasındaki başarı seviyeleri arasındaki değişime bakılmıştır. İlgili literatürde başarı seviyelerinin tespit edilmesi için belirli ölçütler doğrultusunda öğrenci cevaplarının sınıflandırılması yolunun tercih edildiği dikkat çekmektedir (Abraham vd., 1994; Barnett, 2002; Keating vd., 2002; Gazit vd., 2005; Çalık, 2006; Değirmençay, 2010; Tekbıyık, 2010; Şahin, 2010). Bazı araştırmacılar tarafından kullanılan anlama seviyeleri Tablo 26’de verilmiştir.

Tablo 26. Bazı çalışmalarda kullanılan anlama seviyeleri

Çalışmalar	Seviyeler				
	0	1	2	3	4
Abraham vd. (1994)	Anlamama	Spesifik kavram yanlışları	Bir spesifik kavram yanlışlığı içeren kısmi anlama	Kısmi anlama	Tam anlama
Barnett (2002), Keating vd. (2002)	Anlama yok	Karışık anlama	Tamamlanmamış anlama	Kısmen anlama	Tam anlama
Gazit vd. (2005)	Anlama yok	Karışık anlama	Tamamlanmamış anlama	Kısmen bilimsel anlama	Bilimsel anlama
Çalık (2006)	Anlamama	Alternatif kavramlar	Bir spesifik alternatif kavramlar yanlışlığı içeren kısmi anlama	Kısmi anlama	Tam anlama
Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009)	Cevap yok Karmaşık cevap Açıklamasız kısa cevap	Bilimsel bilgiden uzak cevaplar	Bilimsel bilgi içeren cevaplar	Bilimsel bilgi ile örtüşen cevaplar	-
Değirmençay (2010)	Cevap yok Anlamama	Yanlış anlama	Kısmen anlama	Tam anlama	-

Tablo 26'nın devamı

Tekbiryık (2010)	Cevap yok Anlamama	Kavram yanlışlı anlama	Kısmen anlama	Tam anlama	-
Şahin (2010)	İlişkısız anlama/ boş	Yanlış anlama	Kavram yanlışlı anlama	Kısmen doğru anlama	Doğru anlama

Tablo 26'da görüldüğü gibi cevapsız veya bilimsel bilgi ile örtüşmeyen bilgiler içeren cevapları nitelendirmek için genellikle 0, 1 veya 2 puanlarıyla kodlanan seviyeler kullanılmaktadır. Bilimsel bilgi ile örtüşen veya kısmen örtüşen cevapları nitelendirmek içinse 3 veya 4 puanlarıyla kodlanan seviyeler kullanılmaktadır. Buradan hareketle bu çalışmada, öğrencilerin başarı seviyelerinin belirlenmesinde Anlama Yok (0), Karmaşık Anlama (1), Tamamlanmamış Anlama (2), Kısmen Bilimsel Anlama (3) ve Bilimsel Anlama (4) seviyelerinin kullanılması düşünülmüştür. Ancak pilot çalışma için gerçekleştirilen analizler sürecinde, bilimsel bilgi ile kısmen örtüşen cevapların (Kısmen Bilimsel Anlama seviyesi) niteliğinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Buna göre bilimsel bilgi ile kısmen örtüştüğü belirlenen bazı öğrenci cevaplarının bilimsel bilgiye daha yakın olduğu, buna karşın bazı cevapların daha uzak olduğu belirlenmiştir. Örneğin; enerji çeşitlerinin belirlenmesi, açıklanması ve örneklenmesi ile ilgili bir aktiviteyi yerine getirme sürecinde, bazı öğrenciler enerji çeşitlerinin bir kaçını belirleyip örneklendirirken (ya da daha azını doğru bir şekilde yaparken), bazı öğrenciler enerji çeşitlerinin daha fazlasını belirlemekte, örneklendirmekte ve bunlardan bazılarını tanımlayabilmektedir. Pilot çalışmada ortaya çıkan bu durumdan hareketle, bilimsel bilgi ile kısmen örtüşen bazı cevapları nitelendirmek için yeni bir seviye olarak Temel Anlama seviyesinin de kullanılmasına karar verilmiştir. Sonuç olarak asıl uygulamada kullanılan seviyeler ve ölçütleri Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27. Başarı sınavı cevaplarını sınıflamada kullanılan anlama seviyeleri

Seviye	Kod	Açıklama
Anlama Yok [AY]	[0]	- Boş bırakılan cevaplar - Belirsiz veya anlaşılmaz cevaplar
Karmaşık Anlama [KA]	[1]	- Öğrenciler enerji konusu ile ilgili alternatif fikirlere sahiptir veya tamamen yanlış cevaplar vermektedirler.
Tamamlanmamış Anlama [TA]	[2]	- Öğrenciler enerji konusu ile ilgili alternatif fikirlere sahip olmalarına veya kısmen yanlış cevaplar vermelerine karşın bazı temel konuları bilmektedirler.
Temel Anlama [TeA]	[3]	- Öğrencilerin enerji konusu ile ilgili alternatif fikirleri yoktur. Buna karşın temel düzeyde bilgileri vardır.
Kısmen Bilimsel Anlama [KBA]	[4]	- Öğrenciler enerji konusu ile ilgili kabul edilebilir düzeyde (beklenenden kısmen/biraz eksik) bilgiye sahiptir.
Bilimsel Anlama [BA]	[5]	- Öğrenciler enerji konusu ile ilgili bilimsel düzeyde bilgiye sahiptir.

Tablo 27’de görüldüğü gibi, bu çalışmada, cevapsız veya bilimsel bilgi ile örtüşmeyen bilgiler içeren cevapları nitelendirmek için 0, 1 veya 2 puanlarıyla kodlanan seviyeler ve bilimsel bilgi ile örtüşen veya kısmen örtüşen cevapları nitelendirmek için 3, 4 veya 5 puanlarıyla kodlanan seviyeler kullanılmıştır. Bu süreçte, benimsen anlama seviyeleri enerji konusunun alt konu alanları için yapılandırılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Alt konu alanlarına göre kullanılan seviyeler Tablo 28’de tanıtılmıştır.

Tablo 28. Alt konu alanlarını sınıflamada kullanılan anlama seviyeleri

Konu Alanı	Kod	Açıklama
Enerji ve İlişkili Kavramlar (EİK)	[0]	- Boş bırakılan cevaplar - Belirsiz veya anlaşılmaz cevaplar
	[1]	- Öğrenciler enerji ve ilişkili kavramlar hakkında alternatif fikirlere sahiptir veya tamamen yanlış cevaplar vermektedirler.
	[2]	- Öğrenciler ve ilişkili kavramlar hakkında alternatif fikirlere sahip olmalarına veya kısmen yanlış cevaplar vermelerine karşın bazı temel konuları bilmektedirler.
	[3]	- Öğrencilerin enerji ve ilişkili kavramlar hakkında alternatif fikirleri yoktur. Buna karşın temel düzeyde bilgileri vardır.
	[4]	- Öğrenciler ve ilişkili kavramlar hakkında kabul edilebilir düzeyde bilgiye sahiptir.
	[5]	- Öğrenciler enerji ve ilişkili kavramlar hakkında bilimsel düzeyde bilgiye sahiptir.
Enerji Türleri (ET)	[0]	- Boş bırakılan cevaplar - Belirsiz veya anlaşılmaz cevaplar
	[1]	- Öğrenciler enerji türleri ile ilgili alternatif fikirlere sahiptir veya tamamen yanlış cevaplar vermektedirler.
	[2]	- Öğrenciler enerji türleri ile ilgili alternatif fikirlere sahip olmalarına veya kısmen yanlış cevaplar vermelerine karşın bazı temel konuları bilmektedirler.
	[3]	- Öğrencilerin enerji türleri ile ilgili alternatif fikirleri yoktur. Buna karşın temel düzeyde bilgileri vardır.
	[4]	- Öğrenciler enerji türleri ile ilgili kabul edilebilir düzeyde bilgiye sahiptir.
	[5]	- Öğrenciler enerji türleri ile ilgili bilimsel düzeyde bilgiye sahiptir.
Enerji Sistem İlişkisi (ESİ)	[0]	- Boş bırakılan cevaplar - Belirsiz veya anlaşılmaz cevaplar
	[1]	- Öğrenciler enerji ve sistem ilişkisi hakkında alternatif fikirlere sahiptir veya tamamen yanlış cevaplar vermektedirler.
	[2]	- Öğrenciler enerji ve sistem ilişkisi hakkında alternatif fikirlere sahip olmalarına veya kısmen yanlış cevaplar vermelerine karşın bazı temel konuları bilmektedirler.
	[3]	- Öğrencilerin enerji ve sistem ilişkisi hakkında alternatif fikirleri yoktur. Buna karşın temel düzeyde bilgileri vardır.
	[4]	- Öğrenciler enerji ve sistem ilişkisi hakkında kabul edilebilir düzeyde bilgiye sahiptir.
	[5]	- Öğrenciler enerji ve sistem ilişkisi hakkında bilimsel düzeyde bilgiye sahiptir.
Enerji Korunumu (EK)	[0]	- Boş bırakılan cevaplar - Belirsiz veya anlaşılmaz cevaplar
	[1]	- Öğrenciler enerji korunumu ile ilgili alternatif fikirlere sahiptir veya tamamen yanlış cevaplar vermektedirler.
	[2]	- Öğrenciler enerji korunumu ile ilgili alternatif fikirlere sahip olmalarına veya kısmen yanlış cevaplar vermelerine karşın bazı temel konuları bilmektedirler.

Tablo 28'in devamı

	[3]	- Öğrencilerin enerji korunumu ile ilgili alternatif fikirleri yoktur. Buna karşın temel düzeyde bilgileri vardır.
	[4]	- Öğrenciler enerji korunumu ile ilgili kabul edilebilir düzeyde bilgiye sahiptir.
	[5]	- Öğrenciler enerji korunumu ile ilgili bilimsel düzeyde bilgiye sahiptir.
Enerji Aktarımı (EA)	[0]	- Boş bırakılan cevaplar - Belirsiz veya anlaşılmasız cevaplar
	[1]	- Öğrenciler enerji aktarımı ile ilgili alternatif fikirlere sahiptir veya tamamen yanlış cevaplar vermektedirler.
	[2]	- Öğrenciler enerji aktarımı ile ilgili alternatif fikirlere sahip olmalarına veya kısmen yanlış cevaplar vermelerine karşın bazı temel konuları bilmektedirler.
	[3]	- Öğrencilerin enerji aktarımı ile ilgili alternatif fikirleri yoktur. Buna karşın temel düzeyde bilgileri vardır.
	[4]	- Öğrenciler enerji aktarımı ile ilgili kabul edilebilir düzeyde bilgiye sahiptir.
	[5]	- Öğrenciler enerji aktarımı ile ilgili bilimsel düzeyde bilgiye sahiptir.

Tablo 28'de verilen ölçütlerden hareketle öğrencilerin enerji konusunun tüm alt konu alanları için teorik ve pratik anlama seviyeleri belirlenmiştir. Bu süreçte elde edilen bulguların anlaşılabilirliğini ve okunabilirliğini kolaylaştırmak için öğrenci cevaplarının nitelikleri doğru, kısmen doğru, yanlış, cevapsız/anlamsız ve alternatif fikir içeren şekilde yansıtılmıştır. Verilerin güvenilirliğini sağlamak amacı ile araştırmacı tarafından ön ve son başarı sınavı verilerinin analizden yaklaşık iki ay sonra rastgele seçilen 10 öğrencinin ön ve son başarı sınavı verileri tekrar analiz edilerek bu öğrenciler için iki farklı zamanda gerçekleştirilen analizlerin tutarlılığına bakılmıştır. Araştırmacının iki farklı zamandaki puanlamalarının tutarlılığının ön başarı sınavı için % 88 (korelasyon katsayısı=0,94) ve son başarı sınavı için % 94 (korelasyon katsayısı=0,97) oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca rastgele seçilen bu 10 öğrencinin ön ve son başarı sınavı verileri ikinci bir araştırmacı tarafından analiz edilerek araştırmacının analizleriyle tutarlılığına bakılmıştır. Araştırmacıyla ikinci araştırmacının puanlamalarının tutarlılığının ön başarı sınavı için % 83 (korelasyon katsayısı=0,91) ve son başarı sınavı için % 92 (korelasyon katsayısı=0,96) oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Buradan hareketle araştırmacının birinci ve ikinci analizleri arasında ve araştırmacıyla ikinci araştırmacının analizleri arasında pozitif yönde ve yüksek oranda uyum olduğu söylenebilir (Büyüköztürk, 2007; Kalaycı, 2009).

2.4.1.2. Öğrenci Zihinsel Modellerini Belirlemek İçin Gerçekleştirilen Analizler

İlgili literatürde öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemek üzere gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında dört farklı yaklaşım kendini göstermektedir: (I) öğrenci cevaplarının karakteristiklerinin sınıflandırılmasıyla zihinsel model tespit etme (bkz.

Harrison ve Treagust, 1996; Borges ve Gilbert, 1999; Lin ve Chiu, 2010); (II) literatürde yer alan farklı çalışmalarda belirtilmiş modellerden hareketle zihinsel model tespit etme (bkz. Gökdere ve Çalık, 2010; Şengören, 2010); (III) konunun doğasına göre önceden belirlenmiş kategoriler ve oluşturulan sınıflamaların karşılaştırmasına dayanarak zihinsel model tespit etme (bkz. Sağlam Arslan, 2004); (IV) öğrencilerin anlama seviyelerinden hareketle zihinsel model tespit etme (bkz. Sağlam Arslan ve Devocioğlu, 2010; İyibil, 2010). Bu çalışmada, öğrencilerin enerji kavramı ile ilgili olarak ‘2.4.1.1.’ başlığı kapsamında ortaya konan analiz yaklaşımı doğrultusunda belirlenen anlama seviyelerinden hareketle zihinsel modellerin belirlenmesi esas alınmıştır. Bu anlamda, Sağlam (2004) tarafından önerilen ‘Algılanan Bilgilerin Tipolojisinde Öğrencilerin Zihinsel Modelleri’ adlı sistemden hareketle, pilot çalışma kapsamında elde edilen verilerin analiziyle Tablo 29’da verilen zihinsel modeller oluşturulmuştur.

Tablo 29. Zihinsel model türleri ve özellikleri

Modeller		Özellikler
Bilimsel Model	BiM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili teorik ve pratik anlamaları bilimsel niteliktedir.
Baskın Model	BM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili teorik anlamaları bilimsel, pratik anlamaları temel nitelikte veya pratik anlamaları bilimsel, teorik anlamaları temel niteliktedir.
Geçiş Modeli	GM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili teorik ve pratik anlamaları bilimsel tanımlamalara yakın niteliktedir.
Temel Model	TeM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili teorik ve pratik anlamaları temel seviyededir.
Teorik Model	TM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili teorik anlamaları bilimsel veya buna yakın nitelikte fakat pratik anlamaları yetersiz niteliktedir.
Pratik Model	PM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili pratik anlamaları bilimsel veya buna yakın nitelikte fakat teorik anlamaları yetersiz niteliktedir.
İlkel Model	İM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili teorik anlamaları temel, pratik anlamaları yetersiz nitelikte veya pratik anlamaları temel, teorik anlamaları yetersiz niteliktedir.
Uyumsuz Model	UM	Öğrencilerin enerjiyle ilgili teorik ve pratik anlamaları yetersiz niteliktedir.

Bilimsel model, enerji kavramına yönelik algılaması bilimsel seviyede olan öğrencileri nitelemektedir. Baskın model, enerji kavramına yönelik algılamalarında bilimin kabul edeceği nitelikte bir bilgi sahibi olan ancak teorik veya pratik algılamasından biri diğerine baskın öğrencileri tanımlamaktadır. Geçiş modeli, enerji kavramına yönelik teorik veya pratik algılamasında bilimsel seviyede olmayan ancak teorik ve/veya pratik algılaması bilimsel seviyeye oldukça yakın, geçiş niteliğinde (bilimsel seviyeye geçmeye daha hazır), olan öğrencileri tanımlamaktadır. Temel model, enerji kavramına yönelik teorik ve pratik algılamasında bilimsel seviyeden uzak ancak teorik ve pratik algılamasında alternatif fikir

içermeyen öğrencileri nitellemektedir. Teorik model, enerji kavramına yönelik pratik bilgilerinde bilimsel olarak kabul edilmeyecek nitelikte bilgiler olan, buna karşın teorik bilgileri üst seviyede olan öğrencileri nitellemektedir. Pratik model, enerji kavramına yönelik teorik bilgilerinde bilimsel olarak kabul edilmeyecek nitelikte bilgiler olan, buna karşın pratik bilgileri üst seviyede olan öğrencileri tanımlamaktadır. İlkel model, teorik veya pratik bilgilerinden biri bilimsel seviyeden uzak ancak bilimin kabul etmediği bilgiler içermeyen diğeri bilimin kabul etmediği bilgiler içeren öğrencileri tanımlamaktadır. Uyumsuz model teorik ve pratik bilgileri yetersiz nitelikte olan öğrencileri nitellemektedir.

Tablo 29’da sunulan zihinsel modellerin karakteristikleri, öğrencilerin enerji kavramına yönelik teorik ve pratik anlama seviyeleriyle ilişkilidir. Başarı sınavı analizi sonucunda ortaya çıkarılan teorik ve pratik anlama seviyeleri karşılaştırmasıyla öğrencilerin enerji kavramının tüm alt konularına yönelik zihinsel modelleri belirlenmiştir. Zihinsel modellerle anlama seviyeleri arasındaki ilişki Tablo 30’da sunulmuştur.

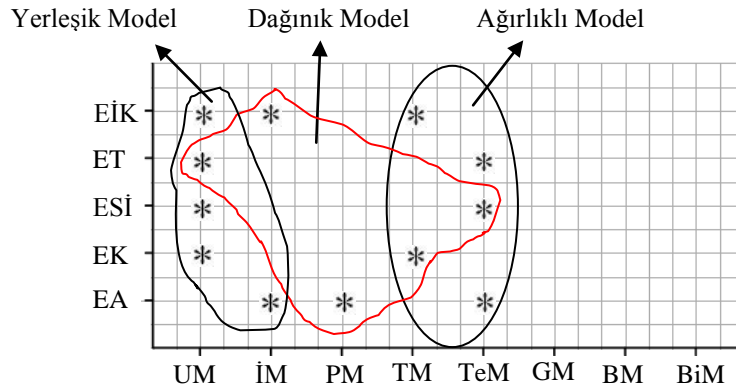
Tablo 30. Zihinsel model belirleme ölçeği

	Bilimsel Model		Baskın model		Geçiş Modeli		Temel Model		Teorik Model		Pratik Model		İlkel Model		Uyumsuz Model	
	Teorik Seviye	Pratik Seviye	Teorik Seviye	Pratik Seviye	Teorik Seviye	Pratik Seviye	Teorik Seviye	Pratik Seviye	Teorik Seviye	Pratik Seviye	Teorik Seviye	Pratik Seviye	Teorik Seviye	Pratik Seviye	Teorik Seviye	Pratik Seviye
Anlama Seviyesi	5	5	5	3	4	4	3	3	5	2	2	5	3	2	2	2
	5	4	3	5	4	3			5	1	1	5	3	1	2	1
	4	5			3	4			5	0	0	5	3	0	2	0
									4	2	2	4	2	3	1	2
									4	1	1	4	1	3	1	1
									4	0	0	4	0	3	1	0
															0	2
															0	1
															0	0

Tablo 30’da görüldüğü gibi, teorik ve pratik anlama seviyeleri bilimsel anlama seviyesinde (55 seviyesi) olan veya biri bilimsel anlama diğeri kısmen bilimsel anlama seviyesinde olan (54 ve 45 seviyeleri) öğrenciler bilimsel modele sahip olarak nitelendirilmişlerdir. Teorik ve pratik anlama seviyelerinin biri bilimsel anlama diğeri temel anlama seviyesinde (53 ve 35 seviyeleri) olan öğrenciler baskın modele sahip olarak nitelendirilmişlerdir. Teorik ve pratik anlama seviyelerinin ikisi de kısmen bilimsel anlama seviyesinde (44 seviyesi) olan veya biri kısmen bilimsel anlama seviyesinde diğeri temel anlama seviyesinde (43 ve 34 seviyeleri) olan öğrenciler geçiş modele sahip olarak nitelendirilmişlerdir. Teorik ve pratik anlama seviyelerinin ikisi de temel anlama

seviyesinde (33 seviyesi) olan öğrenciler temel modele sahip olarak nitelendirilmişlerdir. Teorik anlama seviyesi bilimsel anlama veya kısmen bilimsel anlama seviyesinde olan, buna karşın pratik anlama seviyesi tamamlanmamış anlama seviyesi veya daha alt seviyede (52, 51, 50, 42, 41 ve 40 seviyeleri) olan öğrenciler teorik modele sahip olarak tanımlanmışlardır. Pratik model ise teorik modelin tam tersi durum (25, 15, 05, 24, 14 ve 04 seviyeleri) için tanımlanmıştır. Teorik veya pratik anlama seviyelerinden biri temel diğeri karmaşık anlama veya daha alt seviyede (32, 31, 30, 23, 13 ve 03 seviyeleri) olan öğrenciler ilkel modele sahip olarak kabul edilmiştir. Teorik ve pratik anlama seviyeleri karmaşık anlama veya daha alt seviyede (22, 21, 20, 12, 11, 10, 02, 01 ve 00 seviyeleri) olan öğrencilerse uyumsuz modele sahip olarak nitelendirilmiştir.

Tüm alt konu alanları için belirlenen zihinsel modellerden hareketle öğrencilerin enerji konusuna ilişkin genel zihinsel modelleri Şekil 21’de verilen örnek grafikte görüldüğü gibi 'yerleşik model', 'dağınık model' ve 'ağırlıklı model' olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmıştır. Daha sonra belirlenen bu modeller niteliklerine göre anlamlandırılmıştır. Örneğin Şekil 21’deki yerleşik model 'Uyumsuz Nitelikli Yerleşik Model' ve ağırlıklı model 'Temel Model Nitelikli Ağırlıklı Model' olarak tanımlanmıştır.



Şekil 21. Enerji kavramına ilişkin genel zihinsel modelleri belirleme grafiği örneği

Çalışmanın amacı doğrultusunda ulaşılan bulguların anlamlandırılması ise ön ve son zihinsel modellerinin karşılaştırması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

2.4.2. Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi

Mülakat verileri, ses kayıt cihazlarıyla kaydetme, süreçte önemli noktaları not tutma ve süreç sonunda hatırlanılan önemli noktaları yazma şeklinde gerçekleştirilebilmektedir.

Çepni'ye (2005) göre veri kaybını önlemek ve niteliğini bozmamak için ses kayıt cihazlarının kullanılması daha doğrudur. Bu çalışma kapsamında veriler ses kayıt cihazlarıyla kaydedilmiştir. Elde edilen veriler yazılı hale getirilerek öğrencilere sunulmuş ve doğruluğu onaylatılmıştır.

Mülakattan elde edilen verilerin analizinde öğrencilerin mülakat süresince söylediklerinin tamamının alınmaması, bunun yerine elde edilen verilerin sadeleştirilmesi önerilmektedir (Cohen vd., 2007). Böylelikle öğrencilerin heyecan ve duyguların gösterimi gibi bazı ifadeler çıkartılarak veriler sadeleştirilebilir (Cohen vd., 2007). Alev'e (2007) göre sosyal ortamlarda gerçekler bireyler tarafından inşa edildiğinden subjektif ve dolayısıyla çokludurlar. Bu anlamda Yin (2003) mülakattan elde edilen verilerin analizinde mülakat yapılan kişilerin ortak olan veya olmayan görüşlerinin belirlenmesi ve verilen cevapların frekanslara göre kategorileştirilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Merriam'e (1988) göre araştırılan konuyla direkt ilişkili verilerin olduğu gibi okuyucuya aktarılmasının gerekmektedir. Çepni (2005) ve Yıldırım ve Şimşek (2006) mülakat yapılan kişilere ait bazı ifadelerin doğrudan verilmesinin okuyucu açısından oldukça anlamlı olacağını belirtmektedir.

Belirtilen görüşlerden hareketle bu çalışmada öğrencilerin verdikleri cevapların benzerliklerine göre kategorileştirilmesine ve seçilen özgün cevapları ilk elden okuyucuya sunarak verilerin güvenilirliğinin sağlanmasına karar verilmiştir. Bu anlamda betimsel analizler gerçekleştirilmiştir.

2.4.3. Gözlemlerden Elde Edilen Verilerin Analizi

Bu çalışmada, enerji konusuna yönelik olarak MTÖ yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamının tasarlanıp uygulanması ve hazırlanan ortamın etkililiğinin incelenmesinin hedeflenmiş olması, gerçekleştirilen uygulamaların tasarlanan ortamın özelliklerine ve beklentilerine göre yürütülüp yürütülmediğinin belirlenmesini gerektirmiştir. Bu anlamda katılımlı ve yapılandırılmamış gözlemlerle veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler, benimsenen öğretim modelinin aşamalarına göre yazılı hale getirilerek uygulamaların tasarlanan ortamın benimsenen niteliklerine göre uygulanıp uygulanmadığı belirlenmiştir. Bu süreçte betimsel analizlerden yararlanılmıştır.

2.4.4. Güvenilirlik ve Geçerlik Çalışmaları

Nitel araştırmalarda bireylerin algılamalarının farklı ve ortama göre değişken olduğu kabul edildiğinden, benimsenen araştırma yöntemi ne olursa olsun gerçekleştirilen bir araştırmanın aynen tekrarının mümkün olmayacağı açıktır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Bu nedenle nitel araştırmalarda güvenilirlik, araştırmanın teyit edilebilirliği (dış güvenilirlik) ve tutarlılığıyla (iç güvenilirlik) değerlendirilmektedir (Alev, 2007). Yıldırım ve Şimşek'e (2006) göre araştırmanın teyit edilebilirliği sağlamak için araştırmacının rolünün, çalışma grubunun, sosyal ortamın, veri toplama ve analiz yöntemlerinin açıkça belirtilmesi gerekmektedir. Bu araştırmanın teyit edilebilirliğini ortaya koyma noktasında, araştırmacının rolü benimsenen araştırma yöntemi noktasında tanımlanmış, çalışma grubu açıkça betimlenmiş, öğrenme ortamının nitelikleri açıklanmış, veri toplama ve analizlerinin nasıl gerçekleştirildiği detaylı olarak belirtilmiştir. Çalışmanın tutarlılığı, ilk bulgularla araştırmacı tarafından tekrar yapılan analizler sonucu elde edilen bulguların karşılaştırılması ve ikinci bir araştırmacı tarafından elde edilen bulguların karşılaştırılması temelinde ele alınmıştır. Ayrıca farklı veri toplama metodlarından elde edilen bulguların karşılaştırmaları da araştırma kapsamında yansıtılmıştır.

Nitel araştırmalarda geçerlilik araştırmanın aktarılabirliği (dış geçerlilik) ve inanılrlığıyla (iç geçerlilik) değerlendirilmektedir (Alev, 2007). Yıldırım ve Şimşek (2006) ve Alev'e (2007) göre aktarılabirliği sağlamak için ayrıntılı betimlemelerin yapılması, inanılrlığı sağlayabilmek içinse farklı veri toplama tekniklerinden yararlanma, katılımcı teyidi, ortamda uzun süreli etkileşim, derinlik odaklı veri toplama ve uzman incelemesi yöntemlerinden yararlanılmalıdır. Bu anlamda çalışma kapsamında ayrıntılı betimlemelere yer verilerek aktarılabirliği sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın inanılrlığı noktasında farklı veri toplama tekniklerinden yararlanılmış, elde edilen bulgular için katılımcıların onayına başvurulmuş, araştırma süreci ve öncesinde ortamda uzun süreli etkileşime girilmiş, çok sayıda sorudan yararlanılarak derinlik odaklı veri toplama yoluna gidilmiş ve araştırmanın her aşamasında sıkça uzman görüşlerine başvurulmuştur.

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, çalışma grubu, veri toplama araçları, analiz yöntemleri ve öğretim materyali hakkında açıklamalara yer verilmiştir. Bir sonraki bulgular bölümünde uygulamalardan elde edilen bulgular sunulmuştur.

3. BULGULAR

Bu bölümde, enerji konusuna yönelik olarak MTÖ yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamı tasarlama, uygulama ve bu ortamın alternatif fikirleri giderme, eksik bilgileri tamamlama ve zihinsel modelleri geliştirme üzerindeki etkilerini değerlendirme amacıyla yürütülen bu çalışma kapsamında elde edilen verilerin analizi sonucu ulaşılan bulgulara yer verilmiştir.

3.1. MTÖ Yaklaşımına Dayalı Öğrenme Ortamının Etkileri: Başarı Sınavından Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin enerji konusuyla ilgili öğretim süreci öncesi ve sonrası zihinsel modellerini ortaya çıkarmak ve değişimlerini belirlemek üzere başarı sınavı öğretim süreci öncesinde ve sonrasında uygulanmıştır. Zihinsel modellerin anlama seviyelerinde hareketle belirlenmesi hedeflendiğinden başarı sınavından elde edilen bulgular, anlama seviyeleri ile zihinsel modeller ve bunların değişimlerini yansıtacak nitelikte sunulmuştur.

3.1.1. Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Öğrencilerin enerji konusuna ilişkin anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri olmak üzere iki boyutta ve Enerji ve İlişkili Kavramlar (EİK), Enerji Türleri (ET), Enerji Sistem İlişkisi (ESİ), Enerji Aktarımı (EA) ve Enerji Korunumu (EK) alt konuları temelinde belirlenmiş ve elde edilen bulgular bu çerçevede sunulmuştur.

3.1.1.1. Öğrencilerin EİK Anlama Seviyeleri

Bu başlık altında, öğrencilerin EİK ile ilgili teorik ve pratik anlama seviyelerine yer verilmiştir.

3.1.1.1.1. EİK Teorik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin EİK teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerjinin tanımlanması, ilişkili olduğu güç, kuvvet, iş ve ısı kavramlarından ayırt edilmesi (Başarı Sınavı 1. sorusu) ve bu kavramlarla ilişkilendirilmesi (Başarı Sınavı 4. sorusu) durumları dikkate alınmıştır.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre enerji kavramını tanımlama, ilişkili olduğu kavramlardan ayırt etme ve ilişkilendirme durumları Tablo 31’de sunulmuştur.

Tablo 31. Öğrencilerin EİK teorik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı Sınavı	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	
Tanımlama	Ön	f	1	28	29	10
		%	1,5	41,2	42,6	14,7
	Son	f	56	12	-	-
		%	82,4	17,6	-	-
İlişkili kavramlardan ayırt etme	Ön	f	3	37	21	7
		%	4,4	54,4	30,9	10,3
	Son	f	60	6	-	-
		%	88,2	8,8	-	-
İlişkili kavramlarla ilişkilendirme	Ön	f	-	4	25	39
		%	-	5,9	36,8	57,4
	Son	f	32	24	1	9
		%	47	35,3	1,5	13,2

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD’de Ek-7’de verilmiştir.

Tablo 31’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı sonuçlarına göre enerjiyi tanımlamada 1 öğrencinin (%1,5), enerjiyi diğer kavramlardan (güç, kuvvet, iş ve ısı) ayırt etmede 3 öğrencinin (%4,4) başarılı olduğu ancak diğer kavramlarla ilişkilendirme noktasında hiçbir öğrencinin başarılı olamadığı tespit edilmiştir. 28 öğrencinin (%41,2) enerjiyi tanımlama, 37 öğrencinin (%54,4) ilişkili diğer kavramlardan ayırt etme ve 4 öğrencinin (%5,9) enerji ile ilgili kavramları ilişkilendirmeye ilgili kısmen doğru bilgiler verdiği belirlenmiştir. 29 öğrencinin (%42,6) enerjiyi tanımlamada, 21 öğrencinin (%30,9) ilişkili diğer kavramlardan ayırt etmede ve 25 öğrencinin (%36,8) enerji ve ilişkili kavramları ilişkilendirmede beklenmeyen nitelikte (yanlış) cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 10 öğrencinin (%14,7) enerjiyi tanımlama, 7 öğrencinin (%10,3) ilişkili diğer kavramlardan ayırt etme ve 39 öğrencinin (%57,4) enerji ve ilişkili kavramları ilişkilendirmeye ilgili yöneltilen soruları cevapsız bıraktığı belirlenmiştir.

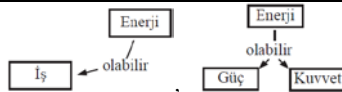
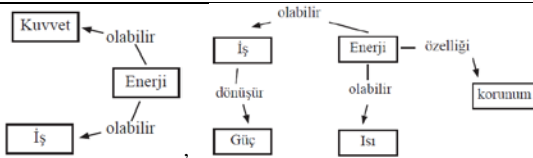
Tablo 31’de görüldüğü gibi son başarı sınavı sonuçlarına göre enerjiyi tanımlamada 56 öğrencinin (%82,4), enerjiyi diğer kavramlardan (güç, kuvvet, iş ve ısı) ayırt etmede 60 öğrencinin (%88,2) ve ilişkilendirmede 32 öğrencinin (%47) başarılı olduğu belirlenmiştir. 12 öğrencinin (%17,6) enerjiyi tanımlamada, 66 öğrencinin (%8,8) ilişkili diğer kavramlardan ayırt etmede ve 24 öğrencinin (%35,3) enerji ile ilgili kavramları ilişkilendirmede kısmen doğru bilgiler verdiği belirlenmiştir. 1 öğrencinin (%1,5) enerji ve ilişkili kavramları ilişkilendirmede beklenmeyen nitelikte (yanlış) cevap verdiği tespit edilmiştir. 9 öğrencinin (%13,2) enerji ve ilgili kavramları ilişkilendirmeye ilgili yöneltilen soruları cevapsız bıraktığı tespit edilmiştir.

Ön ve son başarı sınavlarının analizlerinde alternatif fikir içeren cevaplar verdiği tespit edilen öğrenciler Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. EİK teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

Alternatif Fikir İçeren Cevaplar		Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde	
Enerji kavramını tanımlayanlar	1	Enerji maddede depolanmış gerektiğinde ortaya çıkan güçtür.	11, 24, 34, 35, 37, 52, 58, 59	10,95	-	-
	2	Toplam güce enerji denir.	4, 48, 50, 71	5,48	-	-
	3	Enerji yapılan iştir.	21, 22, 41, 55	5,48	-	-
	4	Enerji, bir kuvvet etkisinde yer değiştirerek elde edilir.	57, 60	2,74	-	-
	5	Enerji, maddenin ağırlığından ya da hareketinden dolayı sahip olduğu şeydir.	3	1,37	-	-
	6	Doğada var olan ve faydalandığımız, ihtiyaç duyduğumuz şeydir. ...yapay enerjilerde vardır.	9	1,37	-	-
	7	Bir cisim hareket ettirebilmemiz için kendimizde depoladığımız ya da kuvvet kullanarak elde ettiğimiz şey.	12	1,37	-	-
	8	Enerji, bir iş yaparken sarf edilen ısıdır. Potansiyel enerji cismin sabit şekilde harcadığı, kinetik enerji ise hareket halinde harcadığı ısıdır.	13	1,37	-	-
	9	Enerji bir işi yaptıktan sonra açığa çıkan veya bir işi yapmadan önce gerekli olan maddedir.	14	1,37	-	-
	10	Enerji bir işi yapmak için harcanan bir büyüklüktür.	15	1,37	-	-
	11	Bir olayın gerçekleşmesinde taneciklerin etki yüküdür. Taneciklerin toplam iş yapabilme potansiyelidir.	23	1,37	-	-
	12	Bir olay sonucunda ortaya çıkan tepkidir.	33	1,37	-	-
	13	Enerji doğada durgun halde bulunur.	38	1,37	-	-
	14	Enerji cismin ya da sistemin içinde taşıdığı bir şeydir.	39	1,37	-	-
	15	İş yapabilme gücüne enerji denir.	66	1,37	-	-
Enerji ve güç kavramını karıştıranlar		Güç, iş için kullandığımız enerjidir.	13, 24, 31, 34, 53, 58, 61, 71	10,95	-	-
		Güç, maddede depolanmış gerektiğinde ortaya çıkan enerjidir.	11, 24, 34, 35, 37, 52, 58, 59	10,95	-	-
		Toplam güce enerji denir.	4, 48, 50, 71	5,48	-	-
		Güç, bir işi yapabilmek için sahip olmamız gereken enerjidir.	27	1,37	-	-
		Güç, kuvvet uygulandığında elde edilebilecek maksimum enerjiye denir.	44	1,37	-	-
	Güç, enerjinin açığa çıkmasıdır.	52	1,37	-	-	

Tablo 32'nin devamı

Enerji ve iş kavramını karıştıranlar	Enerji yapılan iştir.	21, 22, 41, 55	5,48	-	-
Enerji ve kuvvet kavramını karıştıranlar	Kuvvet, cismin şeklinde ya da konumunda değişiklik yapmasını sağlayan enerjidir.	2	1,37	-	-
	Kuvvet, cisimlere uygulanan enerjidir.	51	1,37	-	-
Enerji ve sıcaklık kavramlarını karıştıranlar	Enerjinin sıcaklığa dönüşmüş haline ısı denir.	35	1,37	-	-
Enerji ve ilişkili kavramları ilişkilendiremeyenler		19, 48	2,74	-	-
Enerji ve kuvvet kavramını karıştıranlar	Kuvvet, cisimleri hareket ettirmek için harcadığımız enerjidir.	-	-	30	1,5
	Kuvvet, bir işi yapabilmek için gereken enerjinin toplamıdır.	-	-	35	1,5
Enerji ve iş kavramını karıştıranlar		-	-	30, 42	2,9

Tablo 32'de sunulan öğrenci alternatif fikirleri incelendiğinde, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 29 öğrencinin (%42,6) enerjiyi tanımlama, 24 öğrencinin (%35,3) ilişkili diğer kavramlardan ayırt etme ve 2 öğrencinin (%2,9) enerji ve ilişkili kavramları ilişkilendirme noktasında alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. 29 öğrenci arasından sadece bir öğrencinin (Ö48) enerji kavramını tanımlama, diğer kavramlardan ayırt etme ve ilişkilendirme durumları için, 15 öğrencinin (Ö4, Ö13, Ö21, Ö22, Ö24, Ö34, Ö35, Ö37, Ö41, Ö48, Ö50, Ö52, Ö55, Ö58, Ö59, Ö71) enerji kavramını tanımlama ve diğer kavramlardan ayırt etme noktasında ve 13 öğrencinin (Ö3, Ö9, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö23, Ö33, Ö38, Ö39, Ö57, Ö60, Ö66) enerji kavramını tanımlama noktasında alternatif fikirlere sahip olduğu belirlenmiştir. Enerji ve ilişkili olduğu kavramlar noktasında 18 öğrencinin (%24,65) özellikle enerji ve güç kavramlarını birbirinden ayırt etmekte zorlandığı ve bu kavramları birbirinin yerine kullandıkları görülmüştür. Son başarı sınavı sonuçlarına göre 2 öğrencinin (%2,9) enerji ve kuvvet kavramlarını birbirinden ayırt etmekte zorlandıkları, 2 öğrencinin (%2,9) de iş ve enerji kavramlarını ilişkilendirme konusunda alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği görülmüştür.

Öğrencilerin EİK için ön ve son başarı sınavlarından elde edilen bulgular doğrultusunda ortaya çıkarılan teorik anlama seviyeleri Tablo 33'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 33. Öğrencilerin EİK için teorik anlama seviyeleri

Ön Başarı Sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı Sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	8, 18, 28, 30, 43	5	-	-	30	43	28	8, 18
KA [1]	2, 4, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 44, 48, 50, 55, 61, 62, 65, 66, 68, 70	19	-	-	35	41, 44, 55, 61, 62, 70	2, 33, 34, 38	4, 37, 39, 48, 50, 65, 66, 68
TA [2]	1, 3, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 36, 40, 42, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 69, 71, 72	38	-	-	42	14, 16, 25, 45, 46, 58, 71	11, 19, 26, 27, 31, 32, 52, 53, 56, 59, 60, 72	1, 3, 9, 12, 13, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 36, 40, 47, 51, 57, 63, 69
TeA [3]	5, 6, 7, 10, 17, 67	6	-	-	-	-	5, 7, 10	6, 17, 67
Toplam	68		-	-	3	14	20	31
			68					

Tablo 33’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 5 öğrencinin (%7,4), KA seviyesinde 19 öğrencinin (%27,9), TA seviyesinde 38 öğrencinin (%55,9) ve TeA seviyesinde 6 öğrencinin (%8,8) sınıflandığı tespit edilmiştir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. KA ve TA seviyelerinde sınıflandırılan öğrenciler birlikte düşünüldüğünde, öğrencilerin tamamına yakınının enerji kavramıyla ilgili tamamen veya kısmen alternatif fikirlerinin olduğu görülmektedir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 3 öğrencinin (%4,4), TeA seviyesinde 14 öğrencinin (%20,6), KBA seviyesinde 20 öğrencinin (%29,4) ve BA seviyesinde 31 öğrencinin (%45,6) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 5 öğrenciden 1’inin TA, 1’inin TeA, 1’inin KBA ve 2’sinin BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 19 öğrenciden 1’inin TA, 6’sının TeA, 4’ünün KBA ve 8’inin BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 38 öğrenciden 1’inin yine TA seviyesinde kaldığı, 7’sinin TeA, 13’ünün KBA ve 19’unun BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan 6 öğrenciden 3’ünün KBA ve 3’ünün BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 34’te verilmiştir.

Tablo 34. Öğrencilerin EİK teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X		8	Tanımlama	---
				Ayırma	- $W = F \cdot x$ (İş için verilmiş cevap) - $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ (Isı için verilmiş cevap)
				İlişkilendirme	---
KA [1]	X		2	Tanımlama	---
				Ayırma	-Kuvvet, cismin şeklinde ya da konumunda değişiklik yapmasını sağlayan enerjidir. -İş, cisme birim yolda uygulanan kuvvettir. -Isı, maddenin şeklini değiştirmesi için gerekli olan enerjidir. Buzun erimesi.
				İlişkilendirme	---
			50	Tanımlama	Cisimlerin durarak veya hareket ederek elde ettikleri güçtür.
				Ayırma	-İş, kuvvet uygulayarak bir cisimi hareket ettirmektedir. -Güç, bir cisme enerji kazandırmak için uygulanan kuvvettir.
				İlişkilendirme	---
TA [2]	X		9	Tanımlama	Enerji doğada var olan ve faydalandığımız, ihtiyaç duyduğumuz bir şeydir. Isı enerjisi, güneş enerjisi, ... Yapay enerjilerde vardır.
				Ayırma	- $F=ma$. Duran bir cisimi hareket ettirir ya da hareket halindeki bir cisimi durdurur. -İş, bir cisme uygulanan kuvvet onu kuvvet uyguladığı doğrultuda hareket ettiriyorsa iş yapmış sayılır. Örn. Yerdeki çantayı kaldıran adam iş yapar fakat çantayı kaldırdıktan sonra yürürse artık iş yapmaz. Çünkü uyguladığı kuvvet doğrultusunda değil bu kuvvete dik olan yönde hareket ettirmiş olur. -Isının birimi kaloridir. Kalorimetre kabında ölçülür. Isı bir enerjidir. Bir cismin katı sıvı gaz halini sağlayan enerjidir. -Güç, bir cisme uygulanan kuvvetin yapılan işle karşılaştırılmasıdır.
				İlişkilendirme	---
		X	35	Tanımlama	Enerji, aslında ne olduğu tam bilinmeyen doğadaki değişimleri açıklamak için türetilmiş bir kavramdır.
				Ayırma	-Kuvvet, bir işi yapabilmek için gereken enerjinin toplamıdır. -İş, bir cisimi hareket ettirmek için uygulanan kuvvettir. -Isı, enerji aktarım yoludur. -Güç, bir işi yapabilmek motivasyonudur.
				İlişkilendirme	<pre> graph TD Enerji -- aktarım --> Isı Enerji -- aktarım --> Kuvvet Kuvvet -- aktarım --> İş Kuvvet -- aktarım --> Isı </pre>
TeA [3]	X		5	Tanımlama	Enerji, maddenin kendiliğinden veya sonradan kazandığı iş yapabilme kapasitesidir.
				Ayırma	-Kuvvet, duran bir cisimi hareket ettiren veya hareket eden bir cisimi durdurmaya yarayan etkidir. -İş, maddenin enerjisindeki değişim sürecidir. -Isı, maddenin enerjisindeki kaybın bir bölümüdür. -Maddenin birim zamandaki iş yapabilme kapasitesidir.
				İlişkilendirme	---
		X	71	Tanımlama	Enerji, özdeği hareketlendiren ve hareketlendirme sürecinde nicel olarak değişmeyen ve gerçekte ne olduğu bilinmeyen soyut bir gerçekliktir.
				Ayırma	-Kuvvet, hareketli bir cisimi durduran ya da duran bir cisimi harekete geçiren etkidir. -İş, enerji aktarım sürecidir. -Isı, yüksek enerjili sistemlerden düşük enerjili sisteme kütle aktarımı olmaksızın enerji aktarım yoludur. -Güç, enerji aktarım hızıdır.
				İlişkilendirme	<pre> graph TD Enerji -- aktarım --> Isı Enerji -- aktarım --> Kuvvet Kuvvet -- aktarım --> İş Kuvvet -- aktarım --> Isı </pre>
KBA [4]		X	27	Tanımlama	Enerji, özdeği değiştiren ve hareketlendiren bu değiştirme ve hareketlendirme sürecinde nicel değeri korunan, aslında ne olduğu tam olarak bilinmeyen bilim adamlarınca türetilmiş soyut bir gerçekliktir.
				Ayırma	-Kuvvet, cismin hızını değiştiren, şeklinde değişikliğe neden olan, yer değiştirmesine sebep olan etkidir. -İş, cisme ya da sisteme uygulandığında yer değiştirmesine neden olan kuvvetle ilişkili enerji aktarımıdır. Makro boyuttaki enerji aktarım sürecidir. -Isı, sistemler arasındaki sıcaklık farkından dolayı sıcaklığı yüksek olan sistemden sıcaklığı düşük olan sisteme kütle aktarımı olmaksızın enerji geçişidir. Mikro boyuttaki enerji aktarım yoludur. -Güç, birim zamanda meydana gelen değişimdir. Sistemden sisteme enerji aktarım hızıdır.

Tablo 34'ün devamı

				İlişkilendirme	
BA [5]	X	67	Tanımlama	Enerji evrende var olan ancak tanımı tam olarak yapılamayan soyut bir kavramdır. Fakat bazı özellikleri bilinmektedir. Özdeği değiştirebilir, özdeği hareket ettirebilir, evrende korunur ve nicel değerinde değişiklik olmaz.	
			Ayırt etme	<ul style="list-style-type: none"> -Kuvvet, maddede yer değişikliği, şekil, hız değişikliği yapabilen kavrama kuvvet denir. F ile ifade edilir. Birimi Newton'dur. -İş, enerji aktarım sürecine iş denir. Bir sistemdeki enerji değişimi işe eşittir. -Isı bir enerji çeşidi değildir. Enerji aktarım yoludur. Sıcaklık farkı olan sistemlerde, fazla sıcak olan yerden daha az sıcak olan yere doğru aktarılan enerjiye denir. -Enerji aktarım hızına güç denir. 	
			İlişkilendirme		

3.1.1.1.2. EİK Pratik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin EİK ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde öğrencilerin güç, iş ve ısı kavramlarını kullanma (hesaplama ve yorumlama) durumları (Başarı Başarı sınavı 15, 16, 17, 18 ve 19. sorular) dikkate alınmıştır. Ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 35'de sunulmuştur.

Tablo 35. Öğrencilerin EİK pratik anlama cevaplarının nitelikleri*

	İnceleme Konusu	Başarı sınavı		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
		Ön	Son				
İş	İşaretini belirleme	Ön	f	2	51	-	15
			%	2,9	75	-	22,1
		Son	f	21	43	-	4
			%	30,9	63,2	-	5,9
	İşaretini açıklama	Ön	f	2	16	27	23
			%	2,9	23,5	39,7	33,8
		Son	f	14	41	-	13
			%	20,6	60,3	-	19,1
	İşi yorumlama	Ön	f	12	18	20	18
			%	17,6	26,5	29,4	26,5
		Son	f	52	1	12	3
			%	76,5	1,5	17,6	4,4
İşi hesaplama	Ön	f	16	20	19	13	
		%	23,5	29,4	27,9	19,2	
	Son	f	53	10	1	4	
		%	77,9	14,7	1,5	5,9	

Tablo 35'in devamı

Güç	Yorumlama	Ön	f	16	1	27	24
			%	23,5	1,5	39,7	35,3
		Son	f	50	-	13	5
			%	73,5	-	19,1	7,4
	Hesaplama	Ön	f	9	16	18	25
			%	13,2	23,5	26,5	36,8
Son		f	43	18	3	4	
		%	63,2	26,5	4,4	5,9	
Isı	Yorumlama	Ön	f	1	1	16	50
			%	1,5	1,5	23,5	73,5
		Son	f	23	26	-	19
			%	33,9	38,2	-	27,9

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD'de Ek-7'de verilmiştir.

Tablo 35'de görüldüğü gibi ön başarı sınavı sonuçlarına göre işin işaretini belirleme noktasında 2 öğrencinin (%2,9), işaretin anlamını açıklamada 2 öğrencinin (%2,9), yapılan işi yorumlamada 12 öğrencinin (%17,6) ve işi hesaplamada 16 öğrencinin (%23,5) sorulara doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. Gücü yorumlama sorusuna 16 öğrencinin (%23,5), gücü hesaplama ile ilgili soruya 9 öğrencinin (%13,2) ve ısı kavramını yorumlama sorusuna da 1 öğrencinin (% 1,5) doğru cevap verdikleri tespit edilmiştir. İşin işaretini belirleme sorusuna 51 öğrencinin (%75), işaretin anlamını açıklama sorusuna 16 öğrencinin (%23,5), yapılan işi yorumlama sorusuna 18 öğrencinin (%26,5) ve işi hesaplama sorusuna 20 öğrencinin (% 29,4) kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. Gücü yorumlama sorusuna 1 öğrencinin (%1,5), gücü hesaplamayla ilgili soruya 16 öğrencinin (%23,5) ve ısı kavramını yorumlama sorusuna 1 öğrencinin (%1,5) kısmen doğru cevap verdikleri tespit edilmiştir. İşin işaretinin anlamını açıklama sorusuna 27 öğrencinin (%39,7), yapılan işi yorumlama sorusuna 20 öğrencinin (%29,4) ve işi hesaplamada 19 öğrencinin (%27,9) yanlış cevaplar verdiği belirlenmiştir. Gücü yorumlama sorusuna 27 öğrencinin (%39,7), gücü hesaplama ile ilgili soruya 18 öğrencinin (%26,5) ve ısı kavramını yorumlama sorusuna 16 öğrencinin (%23,5) yanlış cevap verdikleri tespit edilmiştir. İşin işaretini belirleme noktasındaysa hiçbir öğrencinin yanlış cevap vermediği belirlenmiştir. İşin işaretini belirleme sorusunu 15 öğrencinin (%22,1), işaretin anlamını açıklama sorusunu 23 öğrencinin (%33,8), yapılan işi yorumlama sorusunu 18 öğrencinin (%26,5) ve işi hesaplamayla ilgili soruyu 13 öğrencinin (%36,8) cevapsız bıraktığı belirlenmiştir. Gücü yorumlama sorusunu 24 öğrencinin (%35,3), gücü hesaplama ile ilgili soruyu 25 öğrencinin (%36,8) ve ısı kavramını yorumlama sorusunu 50 öğrencinin (%73,5) cevapsız bıraktığı tespit edilmiştir.

Tablo 35’de görüldüğü gibi son başarı sınavı sonuçlarına göre işin işaretini belirleme sorusuna 21 öğrencinin (%30,9), işaretin anlamını açıklama sorusuna 14 öğrencinin (%20,6), yapılan işi yorumlama sorusuna 52 öğrencinin (%76,5) ve işi hesaplamada 53 öğrencinin (%77,9) doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. Gücü yorumlama sorusuna 50 öğrencinin (%73,5), gücü hesaplama ile ilgili soruya 43 öğrencinin (%63,2) ve ısı kavramını yorumlama sorusuna 23 öğrencinin (%33,9) doğru cevap verdikleri tespit edilmiştir. İşin işaretini belirleme sorusuna 43 öğrencinin (%63,2), işaretin anlamını açıklama sorusuna 41 öğrencinin (%60,3), yapılan işi yorumlama sorusuna 1 öğrencinin (%1,5) ve işi hesaplama sorusuna 10 öğrencinin (%14,7) kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. Gücü hesaplamayla ilgili soruya 18 öğrencinin (%26,5) ve ısı kavramını yorumlama sorusuna 26 öğrencinin (%38,2) kısmen doğru cevap verdikleri tespit edilmiştir. 12 öğrencinin (%17,6) yapılan işi yorumlama, 1 öğrencinin (%1,5) işi hesaplama, 13 öğrencinin (%19,1) gücü yorumlama ve 3 öğrencinin gücü hesaplamayla ilgili sorulara yanlış cevaplar verdiği belirlenmiştir. İşin işaretini belirleme ve açıklama ve ısıyı yorumlama noktasındaysa hiçbir öğrencinin yanlış cevap vermediği tespit edilmiştir. 4 öğrencinin (%5,9) işin işaretini belirleme, 13 öğrencinin (%19,1) işaretin anlamını açıklama, 3 öğrencinin (%4,4) işi yorumlama ve 4 öğrencinin (%5,9) işi hesaplamaya ilişkin soruları cevapsız bıraktığı belirlenmiştir. 5 öğrencinin (%7,4) gücü yorumlama, 4 öğrencinin (%5,9) gücü hesaplama ve 19 öğrencinin (%27,9) ısı kavramını yorumlamayla ilgili soruları cevapsız bıraktığı tespit edilmiştir.

Ön ve son başarı sınavlarının analizlerinde alternatif fikir içeren cevaplar verdiği tespit edilen öğrenciler Tablo 36’da verilmiştir.

Tablo 36. EİK pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

Alternatif Fikir İçeren Cevaplar		Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
İşin işaretini açıklama	Hem doğru (+) hem (-) yönde iş yapılmıştır. Ama kat edilen yol (+) yönde (daha çok) olduğundan (+) yöndedir.	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 18, 19, 21, 22, 26, 30, 31, 35, 40, 43, 46, 47, 50, 52, 53, 58, 61, 62, 63, 67, 68, 70, 71, 72	48,5	24, 31	2,9
	B cismi için işin işaretinin anlamı, $(-)\frac{1}{2}mV^2$ ’lik bir iş yapmıştır.	56, 73	2,9	-	-
İş yorumlama	İş=yer değiştirme x zaman Fatma Ayşe’den fazla iş yapmış.	21, 23, 34	4,4	-	-
İş hesaplamayı açıklama	İkisi de aynı güçtedir. Çünkü iş kuvvet doğrultusunda gerçekleşir. Kuvvete paralel olmamalıdır.	34, 39, 43, 59	5,9	-	-
Gücü Yorumlama	Güç işe bağlıdır. O halde hangisi daha çok iş yapırsa o daha güçlüdür. Ayşe daha güçlüdür.	6, 7, 14, 23, 31	7,4	-	-
	Fatma daha güçlüdür. Çünkü hem ağır çantayı taşımış hem de dağa tırmanmayı başarmıştır.	24	1,5	-	-

Tablo 36'nın devamı

Güçü Yorumlama	İkisi de aynı güçtedir. Çünkü güç yol x zamanla ifade edilir ve ikisinin güçleri buradan eşit gelir.	34	1,5	-	-
Güçü Hesaplama	...daha çabuk çıkan öğrenci daha çok enerji sarf etmiştir.	12	1,5	-	-
	Kısa zamanlı çıktıkları için enerji aktarımları daha fazla olur.	21, 38	2,9	-	-
Isıyı Yorumlama	Kıvılcım atarak, yani ısınarak alabilir, ya da verilen enerjiden dolayı azalma cisimde olabilir.	41	1,5	-	-
	Bence zemine aktarmaz. Isı ortaya çıkar. Enerji zemine geçmez.	48	1,5	-	-

Tablo 36'da sunulan öğrenci alternatif fikirleri incelendiğinde, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrencilerin sahip oldukları alternatif fikirlerin işin işaretini açıklama, işi yorumlama, işi hesaplama, gücü yorumlama, gücü hesaplama ve ısıyı yorumlamayla ilgili olduğu görülmektedir. İşin işaretinin anlamını açıklama sorusuna 35 öğrencinin (%51,5), yapılan işi yorumlama sorusuna 3 öğrencinin (%4,4) ve işi hesaplamada 4 öğrencinin (%5,9) alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. Gücü yorumlama sorusuna 7 öğrencinin (%10,3), gücü hesaplama ile ilgili soruya 3 öğrencinin (%4,4) ve ısı kavramını yorumlama sorusuna 2 öğrencinin (%2,9) alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. Öğrencilerin (%51,5) özellikle işin işaretinin anlamını açıklama noktasında alternatif fikirlere sahip olduğu dikkat çekmektedir. Son başarı sınavı sonuçlarına göreyse iki öğrenci (%2,9) işin işaretinin anlamını açıklama noktasında alternatif fikirlere sahiptir.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre enerji ve ilişkili kavramlar pratik anlama seviyeleri Tablo 37'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 37. Öğrencilerin EİK için pratik anlama seviyeleri

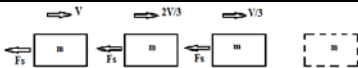
Ön Başarı sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	28, 36, 37, 45, 65	5	-	-	-	36, 37, 45	28, 65	-
KA [1]	57, 68	2	-	-	68	-	57	-
TA [2]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 69, 70, 71, 72	58	-	-	2, 3, 9, 12, 13, 17, 20, 21, 24, 30, 31, 33, 35, 38, 40, 41, 43, 55, 69, 70, 71, 72	1, 4, 10, 14, 19, 26, 32, 46, 56, 58, 59, 61, 62, 63, 67	5, 6, 11, 15, 16, 18, 22, 25, 39, 42, 48, 52, 53	7, 8, 23, 34, 47, 50, 51, 60
TeA [3]	27, 44, 66	3	-	-	-	-	44	27, 66
Toplam	68		-	-	23	18	17	10
			68					

Tablo 37’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 5 öğrencinin (%7,4), KA seviyesinde 2 öğrencinin (%2,9), TA seviyesinde 58 öğrencinin (%85,3) ve TeA seviyesinde 3 öğrencinin (%4,4) sınıflandığı tespit edilmiştir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 23 öğrencinin (%33,8), TeA seviyesinde 18 öğrencinin (%26,5), KBA seviyesinde 17 öğrencinin (%25) ve BA seviyesinde 10 öğrencinin (%14,7) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

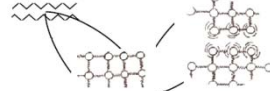
Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 5 öğrenciden 3’ünün TeA, 2’sinin KBA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 2 öğrenciden birinin TA seviyesine diğerinin KBA seviyesine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 58 öğrenciden 22’sinin yine TA seviyesinde sınıflandırıldığı, 15’inin TeA, 13’ünün KBA ve 8’inin BA seviyelerine yükseldikleri tespit edilmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan 3 öğrenciden birinin KBA seviyesine diğerlerinin BA seviyesine yükseldikleri belirlenmiştir.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 38’de verilmiştir.

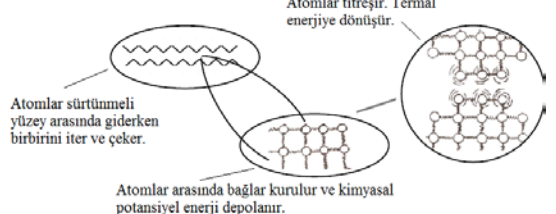
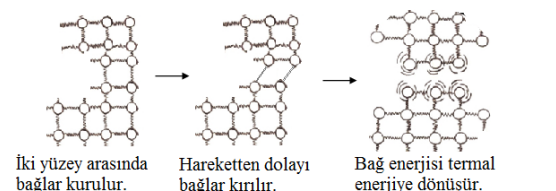
Tablo 38. Öğrencilerin EİK pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X		37	İşin işaretini belirleme-açıklama	---
				İşi yorumlama	---
				İşi hesaplama	---
				Güçü Yorumlama	---
				Güçü Hesaplama	$V_3 = V_2 > V_4 > V_1$
				Isıyı Yorumlama	---
TA [1]	X		57	İşin işaretini belirleme-açıklama	---
				İşi yorumlama	$mgh \rightarrow$ Fatma daha fazla iş yapmıştır. $m_F > m_A$
				İşi hesaplama	$F_{net} = m \cdot a \quad F = m \cdot a \quad F \cdot x$
				Güçü Yorumlama	---
				Güçü Hesaplama	---
				Isıyı Yorumlama	
KA [2]	X		48	İşin işaretini belirleme-açıklama	A cismi için işin işaretinin anlamı yoktur. Potansiyel ve kinetik enerjide hiç değişim olmamış. B ve C cismi için işin işaretinin anlamı artıdır. Kinetik enerjisi artmış, konumu değişmiş. D cismi için işin işaretinin anlamı eksidir. Kinetik enerjisi azalmış, konumu değişmiş.
				İşi yorumlama	Fatma Ayşe’den çok iş yapmıştır. çünkü Fatma Ayşe’den daha çok ağırlık taşımış. Zamanın önemi yok.
				İşi hesaplama	---
				Güçü Yorumlama	Çantanın en fazla 20 kg olduğunu... bu onları fazla etkilemez. Fakat Ayşe 1 dk’da çıkmış. Ayşe daha güçlü.
				Güçü Hesaplama	$1 > 2 = 3, 4?$ 1; 2 ve 3’ten daha çabuk çıkmış. 1 kesinlikle 2 ve 3’ten daha çabuk enerji aktarımı yapar. Fakat 4 için aynı şeyi söyleyemem. 4 numaralı öğrencinin merdiven çıkarken git gide yorulduğunu düşünürsek 5m’yi 3 sn’de de de çıkabilir. 8 sn’deki 4 numaralı öğrenci için bir şey denemez.
				Isıyı Yorumlama	Bence zemine aktarılmaz. Isı ortaya çıkar. Enerji zemine geçmez.

Tablo 38'in devamı

KA [2]	X	2	İşin işaretini belirleme-açıklama	A cisimi için işin işaretinin anlamı yoktur. Cismin toplam yer değiştirmesi $\Delta x=4x+(-4x)=0$, $W = F \cdot \Delta x \rightarrow W = 0$ olur. B cisimi için işin işaretinin anlamı artıdır. Cismin toplam yer değiştirmesi $\Delta x=7x+(-x)=6x$, $W = F \cdot \Delta x = F \cdot 6x=6Fx$ C cisimi için işin işaretinin anlamı artıdır. Cismin toplam yer değiştirmesi $W=F \cdot \Delta x = F \cdot 9x=9Fx$ D cisimi için işin işaretinin anlamı artıdır. Cismin toplam yer değiştirmesi $W=F \cdot \Delta x = F \cdot (-x)=-8Fx$
			İşi yorumlama	$W_F = 2F \cdot x = 2Fx$, $W_A = F \cdot x$ Fatma 2 çantayı kaldırmak için 2F kuvvet uygular yollar eşit old. Fatma daha çok iş yapar.
			İşi hesaplama	$W=F_{net} \cdot x = (3F-F-F) \cdot x = F \cdot x$
			Güçü Yorumlama	$P_F = \frac{2Fx}{t} = Fx$, $P_A = \frac{Fx}{t} = Fx \rightarrow$ ikisi de eşit güçtedir.
			Güçü Hesaplama	Yaptıkları iş aldıkları yol ile orantılıdır. $P_1 = \frac{5}{10}$, $P_2 = \frac{5}{6}$, $P_3 = \frac{5}{6}$, $P_4 = \frac{10}{15}$ $P_2 = P_3 > P_4 > P_1$
			Isıyı Yorumlama	---
TeA [3]	X	27	İşin işaretini belirleme-açıklama	A, B ve D için yok, C için artıdır.
			İşi yorumlama	Fatma daha fazla iş yapmıştır. çünkü kütlesi daha büyük olan bir cisimi yukarı çıkarmıştır. Fatma için $E_p=2mgh$, Ayşe için $E_p=mgh$.
			İşi hesaplama	$\dot{W}=F \cdot x \rightarrow$ toplam
			Güçü Yorumlama	İkisinin gücünde eşittir. Çünkü Fatma 2m kütleli cisimi 2dk'da. Ayşe m kütleli cisimi 1 dk da çıkarmıştır. Birim zamanda yaptıkları işler eşit olduğundan güçleri eşittir.
			Güçü Hesaplama	$E_1=mg5h=E \rightarrow 10s$ de $E_2=mg5h=E \rightarrow 6s$ de $E_3=mg5h=E \rightarrow 6s$ de $E_4=mg10h=2E \rightarrow 15s$ de ise E'yi 7,5 s de yapar. $2=3>4>1$ enerji aktarım hızları
			Isıyı Yorumlama	---
KBA [4]	X	6	İşin işaretini belirleme-açıklama	A cisimi için işin işaretinin anlamı yoktur. İş yapmamıştır. Yer değiştirmesi sıfırdır. B ve D cisimi için işin işaretinin anlamı yoktur. C cisimi için işin işaretinin anlamı artıdır. $\frac{1}{2}mV^2 - 0 = \frac{1}{2}mV^2$
			İşi yorumlama	---
			İşi hesaplama	$W=F \cdot x$, $W_1=3F \cdot x$, $W_2 = -F \cdot x$, $W_3 = -F \cdot x$ $W_{Top} = W_1 + W_2 + W_3 = 3Fx + (-Fx) + (-Fx) = Fx$
			Güçü Yorumlama	---
			Güçü Hesaplama	$P = \frac{2mgh}{\Delta t} \rightarrow P_1 = \frac{5mg}{10}$, $P_2 = \frac{5mg}{6}$, $P_3 = \frac{5mg}{6}$, $P_4 = \frac{10mg}{15}$ $P_2 = P_3 > P_4 > P_1$
			Isıyı Yorumlama	

Tablo 38'in devamı

KBA [4]	X	6	Isıyı Yorumlama	
BA [5]	X	47	İşin işaretini belirleme-açıklama	A cismi için işin işaretinin anlamı yoktur. Çünkü + ve - yönde yapılan yer değiştirmeler eşit olduğu için son noktada yer değiştirme mevcut olmadığı için iş mevcut değildir. B cismi için işin işaretinin anlamı yoktur. Çünkü başlangıç konumunda yer değiştirme yok. C cismi için işin işaretinin anlamı artıdır. Çünkü cisim belli bir miktar yer değiştirmiş. Yer değiştirme yönü ile kuvvetin yönü aynı. Hala sabit hızla hareket ediyor. D cismi için işin işaretinin anlamı yoktur. Cisim aldığı kadar enerjiyi vermiş. Başlangıçta da sonda da duruyor.
			İşin yorumlama	$W=F \cdot \Delta x$, Δx her ikisi içinde eşit. Fatma'nın 2m kütleli çantayı taşıması için daha çok kuvvet uygulaması gerekir. Fatma daha fazla iş yapmış.
			İşin hesaplama	$F_1 = 3Fx$ kadar pozitif iş yapmıştır. $F_2 = Fx$ kadar negatif iş yapmıştır. $F_{sür} = Fx$ kadar negatif iş yapmıştır. Toplam iş ise $3Fx - Fx - Fx = Fx$ kadardır. Hareket yönüyle cisim üzerine uygulanan toplam kuvvetin yönü aynı olduğu için toplam iş de pozitif olur.
			Güçü Yorumlama	İkisi de eşittir. Birim zamanda enerji aktarım hızları eşit olduğu için.
			Güçü Hesaplama	$1 < 4 < 2 = 3$, 2 ve 3 aynı zaman aralığında çıkmış. 1 aynı yüksekliği daha geç çıkmış. 4'ün 5m'yi 7,5 sn de çıkacağını düşünürsek 2 ve 3 den daha yavaş 1 den daha hızlıdır.
			Isıyı Yorumlama	

3.1.1.2. Öğrencilerin ET Alama Seviyeleri

Bu başlık altında, öğrencilerin ET ile ilgili teorik ve pratik anlama seviyelerine yer verilmiştir.

3.1.1.2.1. ET Teorik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin ET teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme, açıklama, örnekleme (Başarı Sınavı 2. sorusu) ve sınıflama (Başarı Sınavı 3. sorusu) durumları dikkate alınmıştır. Ön ve son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 39'da sunulmuştur.

Tablo 39. Öğrencilerin ET teorik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı sınavı		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
	Ön	Son				
Belirleme	Ön	f	-	49	1	18
		%	-	72,1	1,5	26,5
	Son	f	45	23	-	-
		%	66,2	33,8	-	-
Açıklama	Ön	f	-	36	8	25
		%	-	52,9	11,8	36,8
	Son	f	24	42	-	2
		%	35,3	61,8	-	2,9
Örnekleme	Ön	f	-	29	5	34
		%	-	42,6	7,4	60
	Son	f	21	41	-	6
		%	30,9	60,3	-	8,8
Sınıflama	Ön	f	-	10	11	47
		%	-	14,7	16,2	69,1
	Son	f	49	14	2	3
		%	72,1	20,6	2,9	4,4

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD’de Ek-8’de verilmiştir.

Tablo 39’da görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre enerji çeşitlerini belirleme, açıklama, örnekleme ve sınıflama noktasında hiçbir öğrencinin doğru cevap veremediği belirlenmiştir. 49 öğrencinin (%72,1) enerji çeşitlerini belirlemede, 36 öğrencinin (%52,9) enerji çeşitlerini açıklamada, 29 öğrencinin (%42,6) enerji çeşitlerine dair örnek vermekte ve 10 öğrencinin (%14,7) enerji çeşitlerini sınıflamada kısmen doğru bilgiler verdiği belirlenmiştir. 1 öğrencinin (%1,5) enerji çeşitlerini belirlemede, 8 öğrencinin (%11,8) enerji çeşitlerini açıklamada, 5 öğrencinin (%7,4) enerji çeşitlerine dair örnek vermekte ve 11 öğrencinin (%16,2) enerji çeşitlerini sınıflamada yanlış cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 18 öğrencinin (%26,5) enerji çeşitlerini belirlemede, 25 öğrencinin (%36,8) enerji çeşitlerini açıklamada, 34 öğrencinin (%60) enerji çeşitlerine dair örnek vermekte ve 47 öğrencinin (%69,1) enerji çeşitlerini sınıflamada noktasında yöneltilen soruları cevapsız bıraktığı belirlenmiştir.

Tablo 39’da görüldüğü gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 45 öğrencinin (%66,2) enerji çeşitlerini belirlemede, 24 öğrencinin (%35,3) enerji çeşitlerini açıklamada, 21 öğrencinin (%30,9) enerji çeşitlerine dair örnek vermekte ve 49 öğrencinin (%72,1) enerji çeşitlerini sınıflamada doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. 23 öğrencinin (%33,8) enerji çeşitlerini belirlemede, 42 öğrencinin (%61,8) enerji çeşitlerini açıklamada, 41 öğrencinin (%60,3) enerji çeşitlerine dair örnek vermekte ve 14 öğrencinin (%20,6) enerji çeşitlerini sınıflamada kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. Enerji çeşitlerini

belirleme, açıklama ve örnek verme durumları ile ilgili hiçbir öğrenci yanlış cevap vermezken enerji çeşitlerini sınıflamayla ilgili soruya 2 öğrencinin (%2,9) beklenmeyen nitelikte (yanlış) cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 2 öğrencinin (%2,9) enerji çeşitlerini açıklamada, 6 öğrencinin (%8,8) enerji çeşitlerine dair örnek vermekte ve 3 öğrencinin (%4,4) enerji çeşitlerini sınıflamayla ilgili soruları cevapsız bıraktığı belirlenmiştir.

Ön ve son başarı sınavları cevaplarının analizi sonucu öğrencilerin belirttikleri enerji çeşitleri Tablo 40’da sunulmuştur.

Tablo 40. Öğrenciler tarafından belirtilen enerji çeşitleri*

Enerji Çeşidi	Başarı sınavı	Toplam	Yüzde	Enerji Çeşidi	Başarı sınavı	Toplam	Yüzde
Kinetik Enerji	Ön	54	79,4	Hareket Enerjisi	Ön	5	7,4
	Son	65	95,6		Son	-	-
Termal Enerji	Ön	-	-	Sürtünme Enerjisi	Ön	5	7,4
	Son	65	95,6		Son	-	-
Ses Enerjisi	Ön	3	4,4	Jeotermal Enerji	Ön	3	4,4
	Son	55	80,9		Son	-	-
Yerçekimi Potansiyel Enerji	Ön	53	77,9	Termik Enerji	Ön	2	2,9
	Son	68	100		Son	-	-
Elektrik Potansiyel Enerjisi	Ön	23	33,8	Fiziksel Enerji	Ön	2	2,9
	Son	55	80,9		Son	-	-
Kimyasal Potansiyel Enerji	Ön	9	13,2	Su Enerjisi	Ön	2	2,9
	Son	54	79,4		Son	-	-
Nükleer Potansiyel Enerji	Ön	9	13,2	Hidroelektrik Enerji	Ön	2	2,9
	Son	58	85,3		Son	-	-
Radyan Potansiyel Enerji	Ön	-	-	Biyoenjerji	Ön	2	2,9
	Son	56	82,4		Son	-	-
Manyetik Potansiyel Enerji	Ön	1	1,5	Radyoaktif Enerji	Ön	1	1,5
	Son	49	73,2		Son	1	1,5
Esneklik Potansiyel Enerjisi	Ön	-	-	Yenilenebilir Enerji	Ön	1	1,5
	Son	61	89,7		Son	-	-
Isı Enerjisi	Ön	43	63,2	Statik Enerji	Ön	1	1,5
	Son	3	4,4		Son	-	-
Mekanik Enerji	Ön	32	47,1	Sabit Enerji	Ön	1	1,5
	Son	9	13,2		Son	-	-
Güneş Enerjisi	Ön	17	25	Bor Enerjisi	Ön	1	1,5
	Son	-	-		Son	-	-
Işık Enerjisi	Ön	15	22,1	Kömür Enerjisi	Ön	1	1,5
	Son	1	1,5		Son	-	-
Rüzgâr Enerjisi	Ön	8	11,8	Petrol Enerjisi	Ön	1	1,5
	Son	-	-		Son	-	-
	Ön			Doğal Gaz Enerjisi	Ön	1	1,5
	Son				Son	-	-

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD’de Ek-8’de verilmiştir.

Tablo 40’da görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenciler oldukça farklı enerji çeşitlerinin varlığından söz etmektedirler. Belirtilen enerji çeşitleri arasından kinetik enerji, potansiyel enerji, ısı enerjisi ve mekanik enerji çeşitlerinin öğrenciler tarafından en sık dile getirilenler olduğu görülmektedir. Kinetik enerji, potansiyel enerji, mekanik enerji, elektrik enerjisi, nükleer enerji, kimyasal enerji, ses enerjisi, manyetik enerji öğrenciler tarafından doğru olarak belirtilen enerji çeşitleri olarak dikkat çekerken sürtünme enerjisi, ısı enerjisi, güneş enerjisi, ışık enerjisi, rüzgâr enerjisi, hareket enerjisi, jeotermal enerji, biyoenerji, termik enerji, fiziksel enerji, hidroelektrik enerji, su enerjisi, statik enerji, radyoaktif enerji, sabit enerji, bor enerjisi, kömür enerjisi, petrol enerjisi, doğal gaz enerjisi, yenilenebilir enerji öğrenciler tarafından bilinen yanlış enerji çeşitleridir. Ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre termal enerji, radyan potansiyel enerji ve esneklik potansiyel enerji çeşitleri öğrenciler tarafından hiç belirtilmeyen enerji çeşitleridir. Yerçekimi potansiyel enerjisi öğrenciler tarafından potansiyel enerji olarak bilinirken diğer potansiyel enerji çeşitleri öğrenciler tarafından elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji şeklinde isimlendirilmektedir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ısı, ışık ve radyoaktif enerji sadece 5 öğrenci (% 7,4) için birer enerji çeşitleridir. Diğer öğrenciler alternatif bir enerji çeşidinden söz etmemektedirler. 45 öğrenci (% 66,2) tarafından enerji çeşitleri eksiksiz olarak belirtilmiştir.

Ön başarı sınavı cevaplarının analizi sonucu enerji çeşitleriyle ilgili alternatif fikir içeren cevaplar verdiği belirlenen öğrenciler Tablo 41’de sunulmuştur.

Tablo 41. ET teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

Alternatif Fikir İçeren Cevaplar		Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde	
Açıklama	1	Potansiyel enerji durgun cismin enerjisidir.	3, 10, 13, 15, 16, 17, 21, 23, 29, 35, 65	16,18	-	-
	2	Potansiyel enerji belli bir yüksekliğe ve kütleyle sahip cismin enerjisidir.	5, 11, 19, 24	5,88	-	-
	3	Mekanik enerji cismin hareket hâlindeki ve durgun hâlindeki enerjilerinin toplamıdır.	15, 17, 21	4,4	-	-
	4	Kinetik enerji, maddenin hareketinden dolayı doğan enerjidir.	10, 19	2,9	-	-
	5	Potansiyel enerji yerçekiminin uyguladığı enerjidir.	33	1,5	-	-
	6	Potansiyel enerji durum enerjisidir.	9	1,5	-	-
	7	Potansiyel enerji bir cismin yerçekimiyle birlikte ortaya çıkan durağan enerjisidir.	71	1,5	-	-
	8	Mekanik enerji cisme etkiyen bütün enerjilerin toplamıdır. Potansiyel enerji + kinetik enerji + sürtünme enerjisi + ... vb.	57	1,5	-	-
	9	Kinetik enerji belli bir kuvvetten sonra ortaya çıkan enerjidir.	33	1,5	-	-

Tablo 41'in devamı

Açıklama	10	Kinetik enerji sıcaklık değişimine bağlı olarak elde edilen enerjidir.	8	1,5	-	-
	11	Kinetik enerji cismin konumundan dolayı açığa çıkan enerjidir.	53	1,5	-	-
	12	Işık enerjisi ışıktan faydalanılarak elde edilen enerjidir.	26	1,5	-	-
	13	Işık enerjisi güneşten sağlanan enerjidir.	15	1,5	-	-
	14	Isı enerjisi cisimde var olan enerjidir.	16	1,5	-	-
	15	Isı enerjisi, birim kütledeki ısı değişimidir.	10	1,5	-	-
	16	Isı enerjisi, maddelerin hücrelerinin birbirine çarpmasıyla oluşan enerjidir.	71	1,5	-	-
	17	Isı enerjisi, moleküllerin hareketinden doğan enerjiye denir.	67	1,5	-	-
	18	Rüzgâr enerjisi, rüzgârın ortaya çıkardığı güçtür.	12	1,5	-	-
	19	Elektrik enerjisi atomların (+) ve (-) kutup ayrımında yararlanılarak ortaya bir enerji çıkarmadır.	31	1,5	-	-
	20	Elektrik enerjisi kinetik enerjinin çeşididir.	59	1,5	-	-
	21	Kimyasal enerji çeşitli maddeler ve fosil yakıtlardan elde edilen enerjidir.	31	1,5	-	-
	22	Elektrik enerjisi, ısıdan sudan yararlanarak açığa çıkan enerjidir.	10	1,5	-	-
	23	Mekanik enerji madde de bulunan enerjilerin toplamıdır.	-	-	41	1,5
	24	Radioaktif enerji radyoaktif elementlerin bozunmasıyla elde edilen enerjidir.	-	-	44	1,5
	25	Isı enerjisi, cismin sıcaklığından dolayı sahip olduğu enerjidir.	-	-	55	1,5
	26	Yerçekimi potansiyel enerjisi yeryüzüne yakın bölgelerde olan cisimlere yerin uyguladığı çekim kuvvetidir.	-	-	32	1,5
	27	Potansiyel enerji, kinetik enerji ve termal enerji mekanik enerjinin çeşitleridir.	-	-	25	1,5
	28	Elektrik enerjisi, ısı enerjisi ve nükleer enerji kimyasal enerjinin çeşitleridir.	-	-	25	1,5
29	Ses enerjisi, elektromanyetik dalgalar ile oluşan enerjidir.	-	-	19	1,5	
Örnekleme	1	Buz donarken ısı açığa çıkar.	33	1,5	-	-
	2	Kinetik enerjiye örnek: sırayı ittiğimizde bir sürtünme kuvveti sonunda durması.	33	1,5	-	-

Tablo 41'de sunulan öğrenci alternatif fikirleri incelendiğinde, ön başarı sınavı sonuçlarına göre 25 öğrencinin (%36,8) enerji çeşitlerini açıklama noktasında alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. Öğrencilerin sahip oldukları alternatif fikirlerin potansiyel enerji, kinetik enerji, ışık enerjisi, ısı enerjisi, rüzgâr enerjisi, elektrik enerjisi ve kimyasal enerji çeşitlerini açıklamayla ilişkili olduğu görülmektedir. 18 öğrencinin (%26,5) özellikle potansiyel enerjiyi açıklama noktasında alternatif fikirlere sahip oldukları dikkat çekmektedir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 7 öğrencinin belirttikleri enerji çeşitleriyle ilgili alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. 7 öğrenciden 2'si enerji çeşitlerini (radyoaktif ve ısı enerjisi) belirleme konusunda alternatif fikirlere sahiptir. Diğer 5 öğrencinin mekanik enerjiyi, elektrik (potansiyel) enerjisini, ses enerjisini ve yerçekimi potansiyel enerjisini açıklama konusunda alternatif fikirlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre enerji türleri teorik anlama seviyeleri Tablo 42’de sunulmuştur.

Tablo 42. Öğrencilerin ET için teorik anlama seviyeleri

Ön Başarı sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	2, 6, 18, 20, 22, 25, 30, 32, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 62, 63, 66, 68, 69	19	-	-	25, 32	30, 42, 43, 45, 63, 66	2, 37, 40, 62, 68	6, 18, 20, 22, 39, 69
KA [1]	55, 58, 70	3	-	-	55	58	70	-
TA [2]	1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 23, 27, 31, 33, 35, 38, 41, 44, 46, 47, 52, 53, 57, 59, 61, 67, 71, 72	33	-	-	35, 41, 44	3, 14, 16, 17, 31, 38, 59	1, 7, 8, 15, 47, 53, 57, 61, 67	5, 9, 10, 11, 12, 13, 21, 23, 27, 33, 46, 52, 71, 72
TeA [3]	4, 19, 24, 26, 28, 34, 36, 48, 50, 51, 56, 60, 65	13	-	-	19	4, 28, 56	26, 34, 60	24, 36, 48, 50, 51, 65
Toplam	68		-	-	7	17	18	26
						68		

Tablo 42 incelendiğinde ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 19 öğrencinin (%27,9) AY seviyesinde, 3 öğrencinin (%4,4) KA seviyesinde, 33 öğrencinin (%48,5) TA seviyesinde ve 13 öğrencinin (%19,1) TeA seviyesinde olduğu görülmektedir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 7 öğrencinin (%10,3) TA seviyesinde, 17 öğrencinin (%25) TeA seviyesinde, 18 öğrencinin (%26,5) KBA seviyesinde ve 26 öğrencinin (%38,2) BA seviyesinde sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 19 öğrenciden 2’sinin TA, 6’sının TeA, 5’inin KBA ve 6’sının BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 3 öğrenciden 1’inin TA, 1’inin TeA ve 1’inin KBA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 33 öğrenciden 3’ünün yine TA seviyesinde kaldığı, 7’sinin TeA, 9’unun KBA ve 14’ünün BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan 13 öğrenciden 1’inin TA seviyesine gerilediği, 3’ünün yine TeA seviyesinde kaldığı, 3’ünün KBA ve 6’sının BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 43’te verilmiştir.

Tablo 43. Öğrencilerin ET teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X		69	Belirleme	Kinetik, mekanik
				Açıklama	---
				Örnekleme	---
				Sınıflama	---
KA [1]	X		55	Belirleme	Kinetik, potansiyel, mekanik, ısı
				Açıklama	Kinetik enerji: $E = \frac{1}{2}mV^2$; Potansiyel enerji: $E = mgh$ Mekanik enerji: $mgh + \frac{1}{2}mV^2$; ısı enerjisi: $m \cdot c \cdot \Delta t$
				Örnekleme	---
				Sınıflama	Mekanik enerji=kinetik enerji + potansiyel enerji
TA [2]	X		10	Belirleme	Potansiyel, kinetik, elektrik, ısı
				Açıklama	Potansiyel enerji, maddenin konumundan dolayı oluşan yüksekliğe bağlı enerji çeşididir. mgh ile gösterilir. Kinetik enerji, maddenin hareketinden dolayı doğan enerjidir. $\frac{1}{2}mV^2$ formülüdür. Elektrik enerjisi, bir akımda oluşan enerjidir. Isı enerjisi, birim kütledeki ısı değişimi, $Q = mc\Delta t$
				Örnekleme	Potansiyel enerji: barajlar Kinetik enerji: yolda giden araç Elektrik enerjisi: jeneratörler Isı enerjisi: suyun kaynaması
				Sınıflama	Mekanik: potansiyel, kinetik, ısı Elektrik: elektrik
	X		25	Belirleme	Yerçekimi potansiyel enerjisi, ısı enerjisi, termal enerji, kinetik enerji, elektrik enerjisi, nükleer enerji, manyetik enerji, esneklik enerjisi, ses enerjisi
				Açıklama	Yerçekimi potansiyel enerjisi, cismin referans noktasına göre konumundan dolayı kazandığı enerjidir. Isı enerjisi, bir sistemin sahip olduğu sıcaklıktan dolayı çıkan enerjidir. Termal enerji, bir cismin sahip olduğu iç enerjidir. Kinetik enerji, bir cismin hareketinden dolayı kazandığı enerjidir. Elektrik enerjisi, ısıdan sudan yararlanarak açığa çıkan enerjidir. Nükleer enerji, belli bir enerjiye sahip cisimlerin patlamalarda kullandıkları enerjidir. Manyetik enerji, manyetik dalgaların enerjisidir. Esneklik enerjisi, cismin esnek olmasından dolayı kazandığı enerjidir. Ses enerjisi, açığa çıkan enerjidir.
				Örnekleme	Yerçekimi potansiyel enerjisi: ağaçtaki elma ısı enerjisi: ampulden çıkan ısı termal enerji: bir araba kinetik enerji: ağaçtan düşen elma elektrik enerjisi: prizlerdeki enerji nükleer enerji: silahlar manyetik enerji: bir çok teknolojik cihazda bulunur. esneklik enerjisi: yaylar ses enerjisi: ses bombası
				Sınıflama	Mekanik enerji: potansiyel, kinetik, termal Kimyasal enerji: elektrik enerjisi, ısı enerjisi, nükleer enerji
TeA [3]	X		48	Belirleme	Kinetik enerji, potansiyel enerji
				Açıklama	Kinetik enerji, cismin hızından dolayı sahip olduğu enerji. Potansiyel enerji, cismin konumundan dolayı sahip olduğu enerji.
				Örnekleme	Kinetik enerji: birinin 3m/s hızla evine doğru gitmesi Potansiyel enerji: 1 ton filin olduğu yerde oturması
				Sınıflama	<u>Kinetik</u> <u>Potansiyel</u> ? ? Bilmiyorum.
	X		42	Belirleme	Kinetik enerji, potansiyel enerji, ses enerjisi, manyetik enerji, esneklik potansiyel enerjisi, elektrik enerjisi, radyan enerji, termal enerji
				Açıklama	Kinetik enerji, cismin hızından dolayı enerjisidir. Potansiyel enerji, cismin konumundan kaynaklanan enerjisidir. Ses enerjisi, titreşimler şeklindeki enerjidir. Termal enerji iç enerjidir.
				Örnekleme	---
				Sınıflama	Kinetik enerji: mekaniksel kinetik enerji, ses enerjisi, termal enerji Potansiyel enerji: potansiyel enerji, esneklik potansiyel enerjisi, kimyasal enerji, elektriksel enerji, manyetik enerji, radyan enerji

Tablo 43'ün devamı

KBA [4]	X	15	Belirleme	Termal enerji, mekaniksel kinetik enerji, ses enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisi, esneklik potansiyel enerjisi, nükleer potansiyel enerjisi, radyan potansiyel enerji, kimyasal potansiyel enerji, manyetik potansiyel enerji, elektriksel potansiyel enerji
			Açıklama	Termal enerji, cismin var olmasından kaynaklanan enerjidir. Mekaniksel kinetik enerji, cismin hareketinden kaynaklanan enerjidir. Ses enerjisi, mekaniksel dalgalar halinde yayılan enerjidir. Yerçekimi potansiyel enerjisi, cismin konumundan kaynaklanan ve yerçekiminin etkisindeki enerjidir. (mgh) Esneklik potansiyel enerjisi, bükülen, gerilen ve sıkışan cisimlerin yani esnek cisimlerin depoladıkları enerjidir. Nükleer potansiyel enerjisi, çekirdekte depolanan enerjidir. Radyan potansiyel enerji, ışınım enerjisidir. Kimyasal potansiyel enerji, kimyasal bağlarda depolanan ve tepkime sırasında açığa çıkan enerjidir. Manyetik potansiyel enerji, manyetik yapıya sahip olan cisimlerin depoladıkları enerjidir.
			Örnekleme	Termal enerji: çay Mekaniksel kinetik enerji: hareket halindeki araba. Ses enerjisi: gitar sesi Yerçekimi potansiyel enerjisi: referans noktasını yer kabul edersek uçan bir uçak Esneklik potansiyel enerjisi: sıkışan yay Nükleer potansiyel enerjisi: atom bombası Radyan potansiyel enerji: ışın Manyetik potansiyel enerji: mıknatısın depoladığı enerji
			Sınıflama	Kinetik enerji: mekaniksel kinetik enerji, ses enerjisi, termal enerji Potansiyel enerji: yerçekimi potansiyel enerjisi, esneklik potansiyel enerjisi, kimyasal potansiyel enerji, elektriksel potansiyel enerji, manyetik potansiyel enerji, radyan potansiyel enerji, nükleer potansiyel enerji
BA [5]	X	12	Belirleme	Mekaniksel kinetik enerji, ses enerjisi, termal enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi, esneklik potansiyel enerjisi, kimyasal potansiyel enerji, elektriksel potansiyel enerji, manyetik potansiyel enerji, radyan potansiyel enerji, nükleer potansiyel enerji
			Açıklama	Mekaniksel kinetik enerji, atomlardan gezegenlere hareket eden bütün varlıkların sahip olduğu enerjidir. Ses enerjisi, dalgalar halinde yayılan enerjidir. Termal enerji, kinetik enerjinin moleküler halde depolanmış olan enerji türüdür. Yerçekimi potansiyel enerjisi, yerçekimi etkisinin bulunduğu, herhangi bir referans noktası alınarak cismin sahip olduğu yükseklikten dolayı sahip olduğu enerjidir. Esneklik potansiyel enerjisi, esneklik, bükülme ve gerilme gibi etkilerden dolayı cismin depoladığı enerjidir. Kimyasal potansiyel enerji, moleküller arasında kurulan bağlardan ve bu bağların kimyasal tepkimelerle kopmasıyla ortaya çıkan enerjidir. Radyan potansiyel enerji, elektromanyetik dalgalarındaki enerjidir. Kaynağı güneştir. Nükleer potansiyel enerji, atomlar arasındaki yüksek enerjili bağlar kırılarak elde edilen enerjidir. Elektriksel potansiyel enerji, elektriksel alan içindeki elektronların hareketinden dolayı sahip olunan enerjidir. Manyetik potansiyel enerji, mıknatısın etkileşiminden kaynaklanan enerjidir.
			Örnekleme	Mekaniksel kinetik enerji: bir yarış arabası Ses enerjisi: dışarıdan gelen ses dalgalarının kulak zarını titreştirmesi Termal enerji: bardağın sahip olduğu enerji Yerçekimi potansiyel enerjisi: bungi jumping yapmak üzere atlayış noktasından atlayan sporcunun enerjisi Esneklik potansiyel enerji: sırtla atlayan bir sporcunun yükselmesini sağlayan sırtta depolanan enerjidir. Kimyasal potansiyel enerji: havai fişek patlaması Radyan potansiyel enerji: hesap makinesinin güneş enerjisiyle çalışması Nükleer potansiyel enerji: radyoaktif elementlerin atomlarına ayrılması Elektriksel potansiyel enerji: pilde depolanan kimyasal potansiyel enerjinin elektriksel potansiyel enerjiye dönüşmesi Manyetik potansiyel enerji: mıknatısın demiri çekmesi
Sınıflama	Kinetik enerji: mekaniksel kinetik enerji, ses enerjisi, termal enerji Potansiyel enerji: yerçekimi potansiyel enerjisi, esneklik potansiyel enerjisi, kimyasal potansiyel enerji, elektriksel potansiyel enerji, manyetik potansiyel enerji, radyan potansiyel enerji, nükleer potansiyel enerji			

3.1.1.2.2. ET Pratik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin ET pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji çeşitlerini belirleme (Başarı Sınavı 11, 13 ve 22a soruları) ve yorumlama (Başarı Sınavı 21. sorusu) durumları dikkate alınmıştır. Ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 44’de sunulmuştur.

Tablo 44. Öğrencilerin ET pratik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı sınavı		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Enerji çeşidini belirleme	Ön	f	-	65	-	3
		%	-	95,6	-	4,4
	Son	f	11	57	-	-
		%	16,2	83,8	-	-
Enerji çeşidini yorumlama	Ön	f	-	1	48	20
		%	-	1,5	70,6	29,4
	Son	f	61	-	5	2
		%	89,7	-	7,4	2,9

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD’de Ek-8’de verilmiştir.

Tablo 44’te görüldüğü gibi ön başarı sınavı sonuçlarına göre enerji çeşitlerini belirleme ve yorumlamada öğrencilerin tamamının başarısız olduğu belirlenmiştir. Enerji çeşitlerini belirleme noktasında 65 öğrencinin (%95,6), yorumlama noktasında 1 öğrencinin (%1,5) kısmen doğru bilgiler verdiği tespit edilmiştir. Enerji çeşitlerini belirlemeyle ilgili soruya hiçbir öğrencinin yanlış cevap vermediği yorumlama sorusuna ise 48 öğrencinin (%70,6) beklenmeyen nitelikte (yanlış) cevaplar verdiği belirlenmiştir. 3 öğrencinin (%4,4) belirleme ve 20 öğrencinin (%29,4) yorumlamayla ilgili soruları cevapsız bıraktıkları görülmüştür. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre enerji çeşitlerini belirlemede 11 öğrencinin (%16,2) ve yorumlamada 61 öğrencinin (%89,7) başarılı olduğu belirlenmiştir. Enerji çeşitlerini belirlemede 57 öğrencinin (%83,8) kısmen doğru bilgiler verdiği tespit edilmiştir. Enerji çeşitlerini yorumlama noktasında 5 öğrencinin (%7,4) yanlış cevaplar verdiği ve 2 öğrencinin (%2,9) ilgili soruyu cevapsız bıraktıkları görülmüştür.

Ön ve son başarı sınavlarının analizlerinde alternatif fikir içeren cevaplar verdiği tespit edilen öğrenciler Tablo 45’de verilmiştir.

Tablo 45. ET pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

	Alternatif Fikir İçeren Cevaplar	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
Belirleme	Termal enerjiyi dikkate almayanlar.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	100	-	-
	Yerçekimi potansiyel enerjisini potansiyel enerji olarak genelleştirenler.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	95,6	-	-
	D konumunda (referans noktası), A konumundaki yerçekimi potansiyel enerjisinden kaynaklanan kinetik enerjiyi yok sayanlar.	6, 7, 18, 21, 27, 42, 52, 53, 56, 58, 61, 62, 66	19,1	-	-
	D konumunda (referans noktası), kayakçının yerçekimi potansiyel enerjisi olduğunu belirtmekte.	-	-	5, 7, 10, 22, 30, 31, 42, 44, 55	13,2
	Kayakçı A'da sadece potansiyel enerjiye sahiptir. D'de hem kinetik hem potansiyel enerjisi vardır. E'de sadece kinetik enerjisi vardır. G'de tüm enerjisi potansiyele dönüşür.	39	1,5	-	-
	G'deki enerji sıfırdır.	71	1,5	-	-
	Durgun suyun kinetik enerjisi olduğunu belirtenler.	1, 13, 15, 17, 19, 22, 23, 27, 33, 35, 42, 47, 50, 55, 56, 57, 58, 62, 67, 71	29,4	22, 55	2,9
	Su A konumunda kaldırma, B konumunda basınç ve C konumunda basınç enerjilerine sahiptir.	70	1,5	-	-
	Su A konumunda durgun enerjiye, B ve C konumlarında tepki enerjisine sahiptir.	41	1,5	-	-
Yorumlama	Yerçekimi potansiyel enerjisinin belirlenmesinde referans noktası dikkate almayanlar.	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72	83,8	-	-
	I. durum. Çünkü potansiyel enerji cismin yüksekliğinde artar. Yerçekimi ise yüksekliğinde azalır.	39, 40, 41, 42, 57, 63	8,8	-	-
	I. durum. Çünkü potansiyel enerji (-) değer alamaz.	57, 61	2,9	-	-
	I ve II. durumlar çünkü enerjide yönlü bir kavramdır.	73	1,5	-	-
	I. durum. Çünkü cisim zemindeyken 0 Joule'lük yerçekimi potansiyeline sahiptir.	58	1,5	-	-

Tablo 45'de sunulan öğrenci alternatif fikirleri incelendiğinde, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrencilerin özellikle termal enerjiyi dikkate almadıkları (%100), potansiyel enerjinin yerçekimi potansiyel enerjisi dışındaki enerji çeşitlerini bilmedikleri (%95,6), yerçekimi potansiyel enerjisinin belirlenmesinde yer yüzeyinin doğal referans noktası olarak algıladıkları (%83,8) ve durgun suyun kinetik enerjiye sahip olduğunu düşündükleri (%29,4) dikkat çekmektedir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 9 öğrencinin (%13,2) enerji çeşidini belirlemeyle ilgili alternatif fikirlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu öğrenciler, yerin yüzeyinden farklı olarak belirlenen referans noktasında yerçekimi potansiyel enerjisi olduğunu belirterek, hâlâ yerin yüzeyini doğal referans noktası olarak kabul ettiklerini göstermişlerdir.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre ET pratik anlama seviyeleri Tablo 46’da sunulmuştur.

Tablo 46. Öğrencilerin ET için pratik anlama seviyeleri

Ön Başarı sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	44, 48	2	-	-	44	-	-	48
KA [1]	51	1	-	-	-	-	-	51
TA [2]	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	62	-	-	5, 7, 10, 22, 30, 31, 42, 43, 55	12, 14, 16, 32, 33, 34, 38, 41, 43, 45, 56, 58, 59, 63, 66, 69	1, 3, 6, 8, 9, 11, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 35, 37, 40, 47, 53, 57, 60, 61, 62, 67, 68, 70	4, 13, 27, 28, 36, 39, 50, 52, 65, 71, 72
TeA [3]	2, 26, 46	3	-	-	-	-	2	26, 46
Toplam	68		-	-	9	16	28	15
			68					

Tablo 46’da görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 2 öğrencinin (%2,9), KA seviyesinde 1 öğrencinin (%1,5), TA seviyesinde 62 öğrencinin (%91,2) ve TeA seviyesinde 3 öğrencinin (%4,4) sınıflandığı tespit edilmiştir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 9 öğrencinin (%13,2), TeA seviyesinde 16 öğrencinin (%23,5), KBA seviyesinde 28 öğrencinin (%41,2) ve BA seviyesinde 15 öğrencinin (%22,1) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 2 öğrenciden 1’inin TA, diğerinin BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan öğrencinin BA seviyesine yükseldiği belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 62 öğrenciden 8’inin yine TA seviyesinde sınıflandırıldığı, 16’sının TeA, 27’sinin KBA ve 11’inin BA seviyelerine yükseldikleri tespit edilmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan 3 öğrenciden birinin KBA seviyesine diğerlerinin BA seviyesine yükseldikleri belirlenmiştir.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 47. Öğrencilerin ET pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı																
	Ön	Son																			
AY [0]	X		44, 48	Belirleme Yorumlama	--- ---																
KA [1]	X		51	Belirleme Yorumlama	22a) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enerji Çeşitleri</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A Konumu</th> <th>B Konumu</th> <th>C Konumu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cisim</td> <td>Yer çekim</td> <td>Yer çekim – piston</td> <td>Yer çekim – piston – F_{su} kaldırma</td> </tr> <tr> <td>Su</td> <td>Yer çekim – piston</td> <td>Piston + F_m □ütleli cisim + yer çekimi</td> <td>(Piston+F_{su})+yerçekimi</td> </tr> </tbody> </table> Hiçbiri doğru değildir. Çünkü cisimler her durumda yerçekimine sahiptir.	Enerji Çeşitleri					A Konumu	B Konumu	C Konumu	Cisim	Yer çekim	Yer çekim – piston	Yer çekim – piston – F_{su} kaldırma	Su	Yer çekim – piston	Piston + F_m □ütleli cisim + yer çekimi	(Piston+ F_{su})+yerçekimi
Enerji Çeşitleri																					
	A Konumu	B Konumu	C Konumu																		
Cisim	Yer çekim	Yer çekim – piston	Yer çekim – piston – F_{su} kaldırma																		
Su	Yer çekim – piston	Piston + F_m □ütleli cisim + yer çekimi	(Piston+ F_{su})+yerçekimi																		
TA [2]	X		5	Belirleme Yorumlama	11) A → potansiyel, D → potansiyel + kinetik, E → kinetik, G → enerji yok 22a) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enerji Çeşitleri</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A Konumu</th> <th>B Konumu</th> <th>C Konumu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cisim</td> <td>Potansiyel</td> <td>Potansiyel + kinetik</td> <td>Potansiyel</td> </tr> <tr> <td>Su</td> <td>Potansiyel, Ağırlık merkezi</td> <td>Potansiyel</td> <td>Potansiyel</td> </tr> </tbody> </table> I doğru. Çünkü mgh. Yükseklik arttıkça enerji artar.	Enerji Çeşitleri					A Konumu	B Konumu	C Konumu	Cisim	Potansiyel	Potansiyel + kinetik	Potansiyel	Su	Potansiyel, Ağırlık merkezi	Potansiyel	Potansiyel
	Enerji Çeşitleri																				
	A Konumu	B Konumu	C Konumu																		
Cisim	Potansiyel	Potansiyel + kinetik	Potansiyel																		
Su	Potansiyel, Ağırlık merkezi	Potansiyel	Potansiyel																		
		X	5	Belirleme Yorumlama	11) A → mgh (potansiyel), D → potansiyel yok kinetik var, E → potansiyel + kinetik, G → potansiyel + kinetik 22a) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enerji Çeşitleri</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A Konumu</th> <th>B Konumu</th> <th>C Konumu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cisim</td> <td>Potansiyel Termal</td> <td>Potansiyel, kinetik, termal</td> <td>Potansiyel, termal</td> </tr> <tr> <td>Su</td> <td>Termal</td> <td>Potansiyel, termal</td> <td>Potansiyel □ termal</td> </tr> </tbody> </table> I. Durum doğru. Çünkü B'nin yerden yüksekliği sıfırdır. Potansiyel enerjisi yok. A'nın yerden yüksekliği vardır, enerjisi vardır.	Enerji Çeşitleri					A Konumu	B Konumu	C Konumu	Cisim	Potansiyel Termal	Potansiyel, kinetik, termal	Potansiyel, termal	Su	Termal	Potansiyel, termal	Potansiyel □ termal
Enerji Çeşitleri																					
	A Konumu	B Konumu	C Konumu																		
Cisim	Potansiyel Termal	Potansiyel, kinetik, termal	Potansiyel, termal																		
Su	Termal	Potansiyel, termal	Potansiyel □ termal																		
TeA [3]	X		46	Belirleme Yorumlama	11) A → mgh (potansiyel) 22a) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enerji Çeşitleri</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A Konumu</th> <th>B Konumu</th> <th>C K□numu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cisim</td> <td>Potansiyel</td> <td>Kinetik</td> <td>Potansiyel</td> </tr> <tr> <td>Su</td> <td>Potansiyel</td> <td>Potansiyel</td> <td>Potansiyel</td> </tr> </tbody> </table> ---	Enerji Çeşitleri					A Konumu	B Konumu	C K□numu	Cisim	Potansiyel	Kinetik	Potansiyel	Su	Potansiyel	Potansiyel	Potansiyel
	Enerji Çeşitleri																				
	A Konumu	B Konumu	C K□numu																		
Cisim	Potansiyel	Kinetik	Potansiyel																		
Su	Potansiyel	Potansiyel	Potansiyel																		
		X	12	Belirleme Yorumlama	11) A'da yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. D'de B referans noktasına göre yerçekimi potansiyel enerjisi 0'dır. A'daki potansiyel enerji D'de kinetik enerjiye dönüşmüştür. E'de B referans noktasına göre potansiyel enerji vardır. 22a) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enerji Çeşitleri</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A Konumu</th> <th>B Konumu</th> <th>C Konumu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cisim</td> <td>Yerçekimi potansiyel enerjisi ve iç enerji vardır.</td> <td>Yerçekimi potansiyel enerjisi ve kinetik enerji vardır.</td> <td>Yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.</td> </tr> <tr> <td>Su</td> <td>Termal (iç) enerji vardır.</td> <td>Termal (iç) enerji vardır.</td> <td>Termal (iç) enerji vardır.</td> </tr> </tbody> </table> I ve II. durumlar. Çünkü I. durumda referans noktası B alınırsa I. durum gerçekleşir. II. durumda referans noktası A alınırsa II. durum gerçekleşir.	Enerji Çeşitleri					A Konumu	B Konumu	C Konumu	Cisim	Yerçekimi potansiyel enerjisi ve iç enerji vardır.	Yerçekimi potansiyel enerjisi ve kinetik enerji vardır.	Yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.	Su	Termal (iç) enerji vardır.	Termal (iç) enerji vardır.	Termal (iç) enerji vardır.
Enerji Çeşitleri																					
	A Konumu	B Konumu	C Konumu																		
Cisim	Yerçekimi potansiyel enerjisi ve iç enerji vardır.	Yerçekimi potansiyel enerjisi ve kinetik enerji vardır.	Yerçekimi potansiyel enerjisi vardır.																		
Su	Termal (iç) enerji vardır.	Termal (iç) enerji vardır.	Termal (iç) enerji vardır.																		
KBA [4]		X	1	Belirleme Yorumlama	11) A noktasında iç enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir. D noktasında iç enerji ve kinetik enerjiye sahiptir. E noktasında iç enerji, potansiyel enerji ve kinetik enerjiye sahiptir. G noktasında iç ve potansiyel enerjiye sahiptir. 22a) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Enerji Çeşitleri</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A Konumu</th> <th>B Konumu</th> <th>C Konumu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cisim</td> <td>Yerçekimi potansiyel enerjisi, iç enerji</td> <td>Yerçekimi potansiyel enerjisi, iç enerji, kinetik enerji</td> <td>Yerçekimi potansiyel en□rjisi, iç enerji</td> </tr> <tr> <td>Su</td> <td>İç enerji</td> <td>İç enerji</td> <td>İç enerji</td> </tr> </tbody> </table> 2 durumda doğrudur. Çünkü I. durumda referans noktası yeri alırsak doğru olur. II. durumda doğru olur. Çünkü referans noktası tepeyi alırsak doğru olur.	Enerji Çeşitleri					A Konumu	B Konumu	C Konumu	Cisim	Yerçekimi potansiyel enerjisi, iç enerji	Yerçekimi potansiyel enerjisi, iç enerji, kinetik enerji	Yerçekimi potansiyel en□rjisi, iç enerji	Su	İç enerji	İç enerji	İç enerji
Enerji Çeşitleri																					
	A Konumu	B Konumu	C Konumu																		
Cisim	Yerçekimi potansiyel enerjisi, iç enerji	Yerçekimi potansiyel enerjisi, iç enerji, kinetik enerji	Yerçekimi potansiyel en□rjisi, iç enerji																		
Su	İç enerji	İç enerji	İç enerji																		

Tablo 47'nin devamı

BA [5]	X	39	Belirleme	11) A → potansiyel ve termal, D → termal + kinetik, E → kinetik, termal, yerçekimi potansiyel enerjisi, G → yerçekimi potansiyel enerjisi, termal enerji 22a) (referans yer)			
				Enerji Çeşitleri			
					A Konumu	B Konumu	C Konumu
				Cisim	Yerçekimi potansiyel enerjisi, termal enerji	Yerçekimi potansiyel enerjisi, termal enerji, kinetik enerji	Yerçekimi potansiyel enerjisi, termal enerji
Su	Yerçekimi potansiyel enerjisi, termal enerji	Yerçekimi potansiyel enerjisi, termal enerji	Yerçekimi potansiyel enerjisi, termal enerji				
Yorumlama			İkisi de doğrudur. Çünkü yerçekimi potansiyel enerjisi seçtiğimiz referans noktasına göre değişir. 1. Durumda yer, 2. Durumda A noktasının bulunduğu zirve referans kabul edilmiştir.				

3.1.1.3. Öğrencilerin ESİ Anlama Seviyeleri

Bu başlık altında, öğrencilerin ESİ ile ilgili teorik ve pratik anlama seviyelerine yer verilmiştir.

3.1.1.3.1. ESİ Teorik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin ESİ ile ilgili teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde bir cisim/sistem ile enerji ilişkisini kurma (Başarı Sınavı 5. sorusu) durumu incelenmiştir. Bu anlamda öğrencilerin sistemin var olması, hareketi, konumu, durumu ve ısı ve ışık yayması özelliklerini dikkate alma durumları irdelenmiştir.

Başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrencilerin ESİ göstergesi olarak verdikleri cevapların nitelikleri Tablo 48'de sunulmuştur.

Tablo 48. Öğrencilerin ESİ teorik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı sınavı	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	
Enerji-sistem ilişkisini kurma	Ön	F	-	24	13	31
		%	-	35,3	19,1	45,6
	Son	F	7	54	3	4
		%	10,3	79,4	4,4	5,9

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD'de Ek-9'da verilmiştir.

Tablo 48'da görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ESİ'yi kurmada hiçbir öğrencinin başarılı olamadığı tespit edilmiştir. 24 öğrencinin ilgili soruya (%35,3) kısmen doğru cevaplar verdiği, 13 öğrencinin (%19,1) yanlış cevaplar verdiği ve 31 öğrencinin (%45,6) yöneltilen soruyu cevapsız bıraktığı belirlenmiştir. Son başarı sınavı

analiz sonuçlarına göre enerji-sistem ilişkisini kurmayla ilgili soruya 7 öğrencinin (%10,3) bilimsel nitelikte cevaplar verdiği, 54 öğrencinin (%79,4) kısmen doğru cevaplar verdiği, 3 öğrencinin (%4,4) yanlış cevaplar verdiği ve 5 öğrencinin (%5,9) yöneltilen soruyu cevapsız bıraktığı tespit edilmiştir.

İlgili soru kapsamında öğrencilerin sistemin var olması, hareketi, konumu, durumu ve ısı ve ışık yayması özelliklerini dikkate alma durumları Tablo 49’da sunulmuştur.

Tablo 49. Sistemin/cismin durumuna ilişkin öğrenci cevapları

Sistemin/Cismin durumu	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
Var olması	16, 34, 46, 47	5,9	2, 4, 5, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 28, 30, 32, 34, 37, 38, 39, 42, 43, 45, 47, 50, 52, 55, 56, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 69	55,9
Hareketi	4, 9, 10, 11, 12, 20, 24, 39, 43, 44, 46, 56, 57, 62, 63, 67	23,5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 31, 32, 35, 38, 39, 41, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 55, 56, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72	64,7
Konumu	9, 10, 11, 20, 43, 44, 46, 57, 58, 67	14,7	1, 2, 4, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 27, 28, 31, 34, 38, 39, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 55, 56, 60, 61, 65, 66, 68, 69, 72	50
Durumu	32	1,5	2, 5, 12, 13, 18, 20, 22, 42, 50, 51, 56, 60, 63, 67, 68, 69	23,5
Isı ve ışık yayması	8, 11, 13, 25, 44	7,4	8, 25, 36, 46, 53, 70	8,8
Cevapsız Anlamsız	1, 2, 6, 14, 15, 18, 23, 26, 28, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 45, 48, 53, 55, 59, 60, 65, 66, 68, 69, 70, 72	45,6	7, 24, 40, 57	5,9

Tablo 49’da sunulduğu gibi ön başarı sınavı sonuçlarına göre 4 öğrenci (%5,9) sistemin var olması, 16 öğrenci (%23,5) sistemin hareketi, 10 öğrenci (%14,7) sistemin konumu, 1 öğrenci (%1,5) sistemin durumu ve 5 öğrenci (%7,4) sistemin ısı ve ışık yayması durumlarını dikkate almaktadırlar. Son başarı sınavı sonuçlarına göre 38 öğrenci (%55,9) sistemin var olması, 44 öğrenci (%64,7) sistemin hareketi, 34 öğrenci (%50) sistemin konumu, 16 öğrenci (%23,5) sistemin durumu ve 6 öğrenci (%8,8) sistemin ısı ve ışık yayması durumlarını dikkate almaktadırlar.

Öğrencilerin ESI ile ilgili alternatif fikir içeren cevapları Tablo 50’de sunulmuştur.

Tablo 50. ESİ teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

İnceleme Konusu	Alternatif Fikir İçeren Cevaplar	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
Enerji-sistem ilişkisi kurma	Bir cismin enerjisi olup olmadığını anlamak için ona kuvvet uyguladım. Bu kuvvet doğrultusunda bir iş yapılıyorsa o cismin enerjisi vardır derim.	7, 17, 21, 22, 24, 27	8,8	-	-
	Cisim iş yapabiliyorsa bu işi yapacak enerjiye sahiptir.	51, 52, 61	4,4	11	1,5
	Bir cisimde enerji olduğunu yapılan etkiye tepki varsa anlarız.	3, 5	2,9	-	-
	Duran bir cisim serbest bıraktığımızda hareket ediyorsa enerjisi mevcuttur.	4	5,9	-	-
	Cismin meydana getirdiği işten, sahip olduğu güçten, kuvvetten anlayabiliriz.	19	1,5	-	-
	İçerisindeki molekülleri incelenerek anlaşılabilir veya formüller sonucu.	50	1,5	-	-
	Belli bir sıcaklıkta faz değiştirebiliyorsa bu cismin enerjisi vardır.	62	1,5	-	-
	Yerçekiminin olduğu bir yere konulan kütleli bir cismin potansiyel enerjisi var demektir.	71	1,5	-	-
	Eğer sistemden dışarıya enerji aktarımı varsa enerjisi vardır deriz.	-	-	33	1,5
	Hareketinden konumundan ya da ısısından anlarız.	-	-	35	1,5
	Cisme bir iş yaptırmaya çalışırım yapabilirse enerjisinin olduğunu düşünürüm. Ya da ısısını ölçerim.	-	-	71	1,5

Tablo 50’de sunulduğu gibi, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 16 öğrencinin (% 23,5) alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği dikkat çekmektedir. Öğrenciler bir sistemin enerjisi olduğuna karar vermek için sistemin iş yapmasına, tepkide bulunmasına, sahip olduğu güce veya kuvvete odaklanmaktadırlar. Öğrencilerin özellikle bir sistemin enerjisi olduğuna karar vermek için sistemin iş yapmasını dikkate aldıkları görülmektedir. Son başarı sınavı sonuçlarına göre 4 öğrencinin (% 5,9) sistemin ısı, sistemin yaptığı iş, sistemin enerji aktarımıyla ilgili alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir.

Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre enerji sistem ilişkisiyle ilgili teorik anlama seviyeleri Tablo 51’de sunulmuştur.

Tablo 51. Öğrencilerin ESİ için teorik anlama seviyeleri

Ön Başarı sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	1, 2, 14, 15, 18, 23, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 45, 48, 53, 55, 59, 60, 65, 66, 68, 69, 70	30	40	-	33, 35	1, 14, 15, 26, 30, 31, 32, 36, 37, 41, 45, 48, 53, 59, 66, 70	23, 28, 38, 42, 55, 60, 65, 68	2, 18, 69
KA [1]	3, 5, 7, 17, 19, 21, 22, 50, 51, 52, 61	11	7	-	-	3, 19, 21, 51, 52, 61	5, 17	22, 50
TA [2]	4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 20, 24, 25, 27, 34, 62, 71	16	24	-	11, 71	6, 8, 25, 27, 34, 62	4, 9, 10, 13, 16, 20	12
TeA [3]	39, 43, 44, 47, 56, 57, 58, 63, 67, 72	10	57	-	-	44, 58, 67, 72	39, 43, 47, 63	56
KBA [4]	46	1	-	-	-	46	-	-
Toplam	68		4	-	4	33	20	7
			68					

Tablo 51’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 30 öğrencinin (% 44,1), KA seviyesinde 11 öğrencinin (% 16,2), TA seviyesinde 16 öğrencinin (% 23,5), TeA seviyesinde 10 öğrencinin (% 14,7) ve KBA seviyesinde 1 öğrencinin sınıflandığı tespit edilmiştir. BA seviyesinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 4 öğrencinin (% 5,9), TA seviyesinde 4 öğrencinin (% 5,9), TeA seviyesinde 33 öğrencinin (% 48,5), KBA seviyesinde 20 öğrencinin (% 29,4) ve BA seviyesinde 7 öğrencinin (% 10,3) sınıflandığı tespit edilmiştir.

Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 30 öğrenciden 1’inin yine AY seviyesinde sınıflandırıldığı, 2’sinin TA, 16’sının TeA, 8’inin KBA ve 3’ünün BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 11 öğrenciden 1’inin AY seviyesine gerilediği, 6’sının TeA, 2’sinin KBA ve 2’sinin BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 16 öğrenciden 2’sinin yine TA seviyesinde sınıflandırıldığı, 6’sının TeA, 6’sının KBA ve 1’inin BA seviyelerine yükseldikleri ve 1’inin AY seviyesine gerilediği belirlenmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan 10 öğrenciden 1’inin AY seviyesine gerilediği, 4’ünün yine TeA seviyesinde sınıflandırıldığı, 4’ünün KBA ve 1’inin BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. KBA seviyesinde sınıflandırılan öğrencinin TeA seviyesine gerilediği belirlenmiştir.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 52’de verilmiştir.

Tablo 52. Öğrencilerin ESİ teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X	X	40	Enerji-sistem ilişkisi kurma	---
KA [1]	X		3		Yapılan etkiye tepki veriyorsa anlarız.
TA [2]	X		27		Bir cismin hareket ediyorsa veya bu cisim belli bir sıcaklıkta faz değiştirebiliyorsa bu cismin bir enerjisi vardır demektir.
		X	71		Cisme bir iş yaptırmaya çalışırım yapabilirse enerjisinin olduğunu düşünürüm. Ya da ısıyı ölçerim.
TeA [3]	X		39		Örneğin sabit hızla hareket eden bir cisim bir yayı sıkıştırabiliyorsa bir enerjiye sahiptir. Örneğin güneş enerjisi. Bu enerjide kullanılıp ışık enerjisine çevrilebiliyor. Güneşinde bir enerjisi olduğunu anlıyoruz.
		X	46		Hareket edebiliyorsa ses çıkarabiliyorsa enerjisi vardır.
KBA [4]	X		46		Belli bir yükseklikteyse ya da hızla sahipse kütlesi belliyse enerjisinin olup olmadığını anlarız.
		X	39		Bir cisim var olmasından dolayı bir termal enerjiye sahiptir. Hareket edebiliyorsa kinetik enerjidir. Konumundan dolayı sahip olduğu bir potansiyel enerji vardır.
		X	5		Bir cismin/sistemin zaten her durumda iç (termal) enerjisi vardır. Bundan ziyade bulunduğu ortamla sıcaklık farkı varsa, bir v hızıyla hareket halindeyse ya da alınan referans noktasına göre bir h yüksekliğindeyse enerjisi var demektir.
BA [5]		X	22		Hareketli ise herhangi bir referans noktasına göre yüksekliğe sahipse ya da sıkıştırılmış ve gerilmişse, atomlar arası bağları varsa... her cismin bir iç (termal) enerjisi vardır.
		X	50		-hareketinden, konumundan, durumundan, varlığından.

3.1.1.3.2. ESİ Pratik Anlama Seviyeleri İçin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin ESİ ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji değerleri verilen bir sistemin görsellenmesi (Başarı Sınavı 9a sorusu), bir cismin/sistemin enerji değişimini gösterme (Başarı Sınavı 9b ve 20. sorular) ve sistemin enerji değerini hesaplama (Başarı Sınavı 11. soru) durumları dikkate alınmıştır.

Başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrencilerin ESİ'nin göstergesi olarak verdikleri cevapların nitelikleri Tablo 53'de sunulmuştur.

Tablo 53. Öğrencilerin ESİ pratik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı sınavı		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
	Ön	F				
Sistemi görselleme	Ön	F	3	2	42	21
		%	4,4	2,9	61,8	30,9
	Son	F	54	5	7	2
		%	79,4	7,4	10,3	2,9
Sistemin enerji değişimini gösterme	Ön	F	-	60	4	4
		%	-	88,2	5,9	5,9
	Son	F	44	24	-	-
		%	64,7	35,3	-	-
Sistemin enerji değerini hesaplama	Ön	F	-	3	28	37
		%	-	4,4	41,2	54,4
	Son	F	29	19	1	19
		%	42,6	27,9	1,5	27,9

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD'de Ek-9'da verilmiştir.










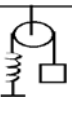











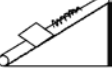
Tablo 53'de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre sistemi görselleme sorusuna 3 öğrencinin (%4,4) doğru cevap verdiği, sistemin enerji değişimini gösterme ve enerji değerini hesaplama sorusuna hiçbir öğrencinin doğru cevap vermediği belirlenmiştir. 2 öğrencinin (%2,9) sistemi görselleme, 60 öğrencinin (%88,2) sistemin enerji değişimini gösterme ve 3 öğrencinin (%4,4) sistemin enerji değerini hesaplama sorularına kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. 42 öğrencinin (%61,8) sistemi görselleme, 4 öğrencinin (%5,9) sistemin enerji değişimini gösterme ve 28 öğrencinin (%41,2) sistemin enerji değerini hesaplama sorularına yanlış cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 21 öğrencinin (%30,9) sistemi görselleme, 4 öğrencinin (%5,9) sistemin enerji değişimini gösterme ve 37 öğrencinin (%54,4) sistemin enerji değerini hesaplamayı gerektiren soruları cevapsız bıraktığı belirlenmiştir.

Tablo 53'de görüldüğü gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre sistemi görselleme sorusuna 54 öğrencinin (%79,4), sistemin enerji değişimini gösterme sorusuna 44











öğrencinin (%64,7) ve sistemin enerji değerini hesaplama sorusuna 29 öğrencinin (%42,6) doğru cevap verdiği belirlenmiştir. 5 öğrencinin (%7,4) sistemi görselleme, 24 öğrencinin (%35,3) sistemin enerji değişimini gösterme ve 19 öğrencinin (%27,9) sistemin enerji değerini hesaplama sorularına kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. 7 öğrencinin (%10,3) sistemi görselleme ve 1 öğrencinin (%1,5) sistemin enerji değerini hesaplama sorularına yanlış cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 2 öğrencinin (%2,9) sistemi görselleme ve 19 öğrencinin (%27,9) sistemin enerji değerini hesaplamayı gerektiren soruları cevapsız bıraktığı belirlenmiştir.

Başarı sınavı 9a sorusu analiz sonuçlarına göre öğrencilerin sistemin görsellenmesine ilişkin olarak verdikleri yanlış cevapların nitelikleri Tablo 54’de sunulmuştur.

Tablo 54. Sistemin/cismin görsellenme durumlarına ilişkin öğrenci yanlış cevapları

İnceleme Konusu	Ön başarı sınavı						Son başarı sınavı			
	Cevap	Öğrenci	Yüzde	Cevap	Öğrenci	Yüzde	Cevap	Öğrenci	Yüzde	
Sistemi görselleme	I. durum		3, 5, 8, 9, 18, 19, 20, 36, 40, 43, 44, 50, 51, 56, 63, 71, 72	25		11, 14, 32, 35, 37, 39, 47, 55, 58	13,2		3, 27, 30, 33, 35	7,4
			12, 23, 26, 27, 38, 45, 46, 67	11,8		16, 21, 25, 41, 70	7,4	 Tamamıyla cisim çekilmiş uzama miktarı en fazladır.	5, 16, 42	4,4
			34	1,5		48	1,5		67	1,5
			13	1,5	-	-	-	 $x=0, V=0$	1	1,5
	II. durum		3, 5, 8, 9, 11, 18, 19, 20, 36, 40, 42, 43, 50, 51, 56, 63, 71, 72	26,5		12, 23, 26, 27, 38, 45, 46, 67	11,8		3, 27, 30, 33	5,9
			32, 37, 39, 47, 55, 58	8,8		16, 21, 25, 41, 70	7,4		67	1,5
			14, 35	2,9		34, 48	2,9	 $V \neq 0$	1	1,5
			13	1,5	-	-	-		35	1,5

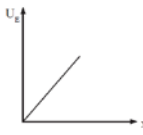
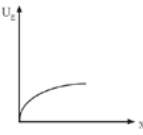
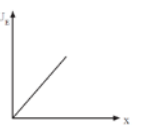
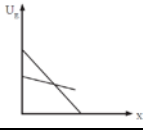
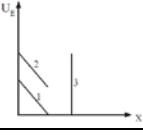
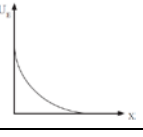
Tablo 54'ün devamı

Sistemi görselleme	III. durum		3, 5, 8, 9, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 35, 36, 40, 42, 43, 50, 51, 56, 63, 71, 72	30,9		12, 23, 26, 27, 38, 45, 46, 67	11,8		3, 27, 30, 33	5,9
			32, 37, 39, 47, 55, 58	8,8		16, 21, 25, 41, 70	7,4		1, 35	2,9
			34	1,5		48	1,5		67	1,5
		-	-	-	-	-	-		16	1,5

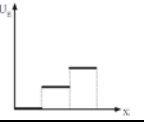
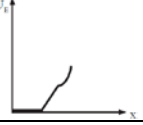
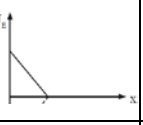
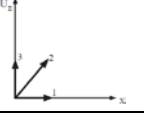
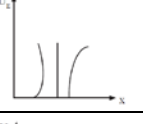
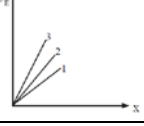
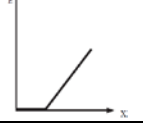
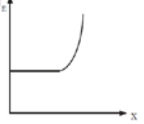
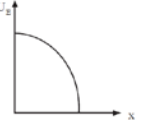
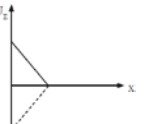
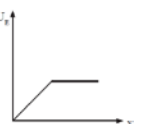
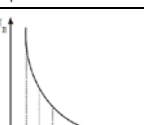
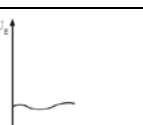

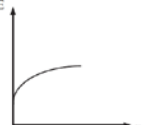
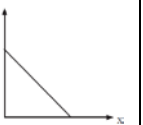



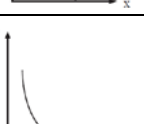
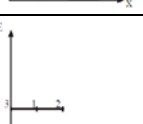

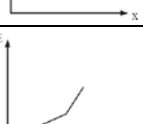
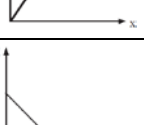
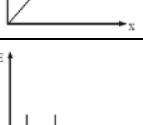
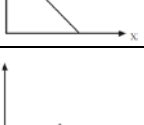
Tablo 54'de sunulduğu gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 42 öğrenci (%61,8) verilen enerji diyagramlarından hareketle sistemin durumuna ait görselleri çizememişlerdir. İlgili soruda esneklik potansiyel enerjisi ifadesi kullanılmış olmasına karşın öğrencilerin çizmiş oldukları resimlerde (dikey olanlar) yerçekimi potansiyel enerjisini yansıttıkları dikkat çekmektedir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre I. durum için 10 öğrenci (%14,7), II. durum için 7 öğrenci (%10,3) ve III. durum için 8 öğrenci (%11,8) verilen enerji diyagramından hareketle sistemin durumuna ait görselleri çizememişlerdir. Yanlış cevap veren öğrencilerin çoğunluğunun çizimlerini yerçekimi potansiyel enerjisini yansıtacak şekilde gerçekleştirdikleri görülmektedir. Ancak ön ve son başarı sınavları karşılaştırması yapıldığında son başarı sınavı verilerine göre öğrenciler daha az sayıda hata yaptıkları açıktır.

Başarı sınavı 9b sorusu kapsamında öğrencilerin sistemin/cismin enerji değişimine ilişkin olarak verdikleri yanlış cevapların nitelikleri Tablo 55'da sunulmuştur.

Tablo 55. Sistemin/cismin enerji değişimini göstermeye ilişkin öğrenci yanlış cevapları

İnceleme Konusu	Ön başarı sınavı						Son başarı sınavı		
	Cevap	Öğrenci	Yüzde	Cevap	Öğrenci	Yüzde	Cevap	Öğrenci	Yüzde
Sistemin enerji değişimini gösterme $U_E - x$		2, 4, 9, 11, 18, 23, 39, 53, 56, 58, 61, 67, 70	19,1		1, 16, 55, 57, 63, 71	8,8		27, 30, 42, 46, 52, 61, 65, 70	11,8
		25, 37, 47	4,4		10, 48	2,9		1, 2, 19, 38	5,9

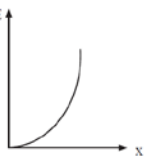
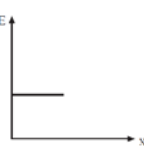
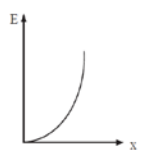
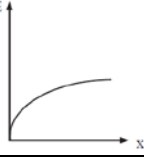
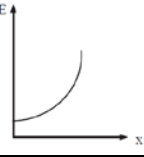

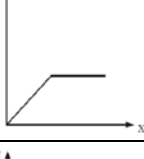
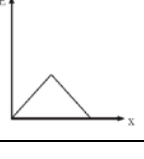

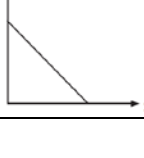
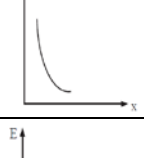
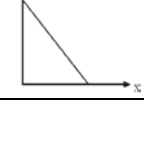
Tablo 55'in devamı

Sistemin enerji değişimini gösterme	U _E - x		20, 51	2,9		7, 68	2,9		16	1,5
			19	1,5		21	1,5	-	-	-
			27	1,5		24	1,5	-	-	-
			38	1,5		31	1,5	-	-	-
			72	1,5		46	1,5	-	-	-
		34	1,5		59	1,5	-	-	-	
	E - x		46, 55, 56, 69	5,9		11, 16, 63	4,4		11, 50	2,9
			8, 50	2,9		20, 51	2,9		19	1,5
			1, 13	2,9		10	1,5	-	-	-
			7	1,5		68	1,5	-	-	-
		18	1,5		21	1,5	-	-	-	
	72	1,5	-	-	-	-	-	-		

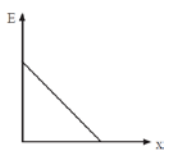
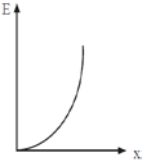

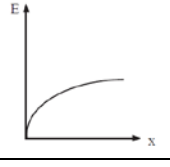
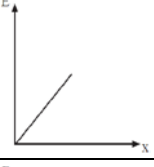

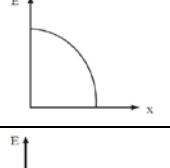
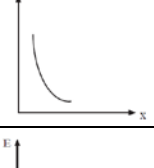
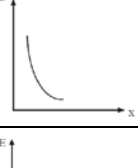
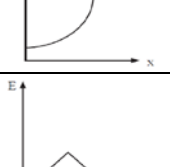
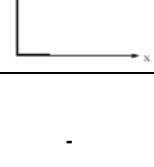
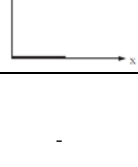
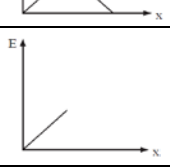
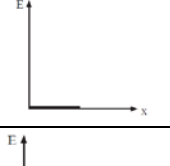
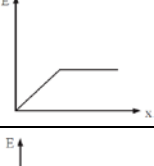
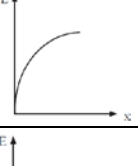
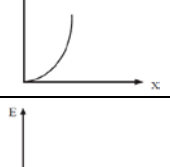
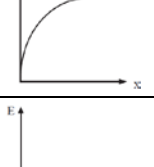
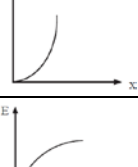
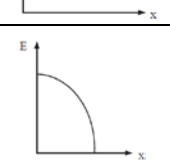
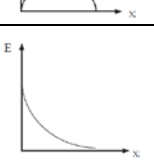
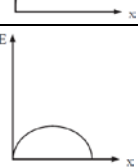
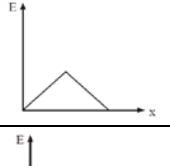
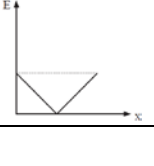

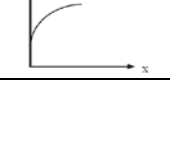

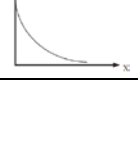



Tablo 55’de sunulduğu gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 36 öğrencinin (%52,9) esneklik potansiyel enerjisinin yol ile değişimine ait grafiği çizemedikleri, 19 öğrencinin (%27,9) toplam enerjinin yol değişimine ait grafiği çizemedikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin özellikle esneklik potansiyel enerjisinin, alınan yol ile doğru orantılı artacağını düşündükleri dikkat çekmektedir. Toplam enerjinin yola bağlı değişimi grafiğindeyse öğrencilerin sistem için enerjinin korunduğunu gözardı ettikleri anlaşılmaktadır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 13 öğrencinin (%19,1) esneklik potansiyel enerjisinin yol ile değişimine ait grafiği çizemedikleri, 3 öğrencinin (%4,4) toplam enerjinin yola göre değişimine ait grafiği çizemedikleri belirlenmiştir. Ancak ön ve son başarı sınavları karşılaştırması yapıldığında son başarı sınavı verilerine göre öğrencilerin daha az hata yaptıkları açıktır.

Başarı sınavı 20. sorusu kapsamında öğrencilerin sistemin/cismin enerji değişimine ilişkin olarak verdikleri yanlış cevapların nitelikleri Tablo 56’da sunulmuştur.

Tablo 56. Sistemin/cismin enerji değişimini göstermeye ilişkin öğrenci yanlış cevapları

İnceleme Konusu	Ön başarı sınavı						Son başarı sınavı		
	Cevap	Öğrenci	Yüzde	Cevap	Öğrenci	Yüzde	Cevap	Öğrenci	Yüzde
Sistemin enerji değişimini gösterme A durumu		3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 17, 21, 23, 28, 30, 33, 34, 38, 41, 42, 45, 50, 51, 66	30,9		20, 22, 25, 36, 39, 43, 57, 63	11,8		3, 11, 16, 19, 30, 33, 55, 56	11,8
		18	1,5		47, 56	2,9		14	1,5
		26	1,5		55	1,5		1	1,5
		58	1,5	-	-	-		38	1,5
	-	-	-	-	-	-		61	1,5

Tablo 56'nın devamı

B durumu		7, 15, 22, 23	5,9		43, 50, 56, 66	5,9		44	1,5
		18, 25, 38	4,4		39, 51, 53	4,4		56	1,5
		17, 63	2,9		13	1,5		38	1,5
		19	1,5		61	1,5		61	1,5
		72	1,5	-	-	-	-	-	-
C durumu		6, 18, 20, 21, 38, 53, 57, 71	11,8		11, 23, 36	4,4		5, 14, 33, 52, 61	7,4
		25, 27	2,9		1, 4	1,5		1	1,5
D durumu		6, 7, 12, 13, 15, 18, 21, 28, 34, 45	14,7		8, 17, 30, 38, 50, 51, 56, 65	11,8		19, 38	2,9
		1, 32, 36, 39, 43, 57	8,8		33, 46, 67	4,4		30, 55	2,9
		4, 19	2,9		42	1,5		33, 56	2,9
		55, 72	2,9		35	1,5		3	1,5
		47	1,5	-	-	-		61	1,5

Tablo 56'da görüldüğü gibi ön başarı sınavı sonuçlarına göre serbest düşen cismin kazandığı enerjinin (A durumu) yol ile değişim grafiğini çizmede 35 öğrenci (%51,5) başarısız olmuştur. Bu öğrencilerin çoğunluğu, serbest düşen cismin kazandığı enerjinin yani mekaniksel kinetik enerjinin yol ile değişim grafiğini parabolik olarak çizmektedirler. Serbest düşen cismin mekanik enerjisinin (B durumu) yola göre değişim grafiğini çizmede 20 öğrenci (%29,4) başarısız olmuştur. Bu öğrencilerden bazıları serbest düşen cismin mekanik enerjisinin parabolik veya doğrusal olarak arttığını, bazıları parabolik veya doğrusal olarak azaldığını düşünmektedir. Düz zeminde sabit bir V hızıyla hareket eden aracın enerjisinin (C durumu) yola göre değişim grafiğini çizmede 42 öğrenci (%61,8) başarısız olmuştur. Bu öğrencilerin çoğunluğu aracın enerjisinin arttığını gösteren grafikler çizmişlerdir. Bazıları artışı doğrusal bazıları parabolik olarak göstermişlerdir. Yukarı dik fırlatılan cismin kazandığı enerjinin (D durumu) yola göre değişim grafiğini çizmede 34 öğrenci (%50) başarısız olmuştur. Bu öğrencilerin çoğunluğu parabolik olarak artan grafikler çizmişlerdir.

Tablo 56'da görüldüğü gibi son başarı sınavı sonuçlarına göre serbest düşen cismin kazandığı enerjinin (A durumu) yol ile değişim grafiğini çizmede 12 öğrenci (%17,6) başarısız olmuştur. Bu öğrencilerin çoğunluğu ön başarı sınavında olduğu gibi yine serbest düşen cismin kazandığı enerjinin yol ile değişim grafiğini parabolik olarak çizmektedirler. Serbest düşen cismin mekanik enerjisinin (B durumu) yola göre değişim grafiğini çizmede 4 öğrenci (%5,9) başarısız olmuştur. Düz zeminde V hızıyla hareket eden aracın enerjisinin (C durumu) yola göre değişim grafiğini çizmede 6 öğrenci (%8,8) başarısız olmuştur. Bu öğrencilerden 5'i serbest düşen cismin mekanik enerjisinin doğrusal olarak arttığını, 1'i parabolik olarak azaldığını gösteren grafikler çizmişlerdir. Yukarı fırlatılan cismin kazandığı enerjinin (D durumu) yol ile değişim grafiğini çizmede 8 öğrenci (%11,8) başarısız olmuştur. Bu öğrencilerin 7'si aracın enerjisinin parabolik olarak arttığını veya azaldığını, 1'i sabit kaldığını gösteren grafikler çizmişlerdir.

Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre enerji sistem ilişkisi pratik anlama seviyeleri Tablo 57'de sunulmuştur.

Tablo 57. Öğrencilerin ESİ pratik anlama seviyeleri

Ön Başarı sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	44, 62		-	-	44	62	-	-
KA [1]	14, 18, 20, 26, 40, 68		-	-	14	40, 68	-	18, 20, 26
TA [2]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72		-	-	1, 2, 3, 5, 11, 16, 19, 27, 30, 33, 34, 35, 38, 42, 46, 55, 56, 61, 65, 67, 70	4, 10, 13, 17, 23, 37, 41, 45, 48	6, 7, 8, 12, 21,25, 36,43, 53,58, 59, 72	9, 15, 22, 24, 28, 31, 32, 39, 47, 50, 51, 57, 60, 63, 66, 69, 71
TeA [3]	52		-	-	52	-	-	-
Toplam	68		-	-	24	12	12	20
			68					

Tablo 57’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 2 öğrencinin (%2,9), KA seviyesinde 6 öğrencinin (%8,8), TA seviyesinde 59 öğrencinin (%86,8) ve TeA seviyesinde 1 öğrencinin (%1,5) sınıflandığı tespit edilmiştir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 1 öğrencinin (%1,5), TeA seviyesinde 12 öğrencinin (%17,6), KBA seviyesinde 12 öğrencinin (%17,6) ve BA seviyesinde 20 öğrencinin (%29,4) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

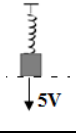
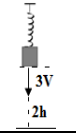
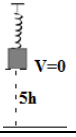












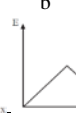





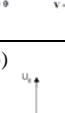

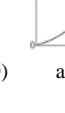
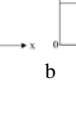
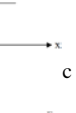
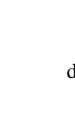
Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 2 öğrenciden biri TA diğeri TeA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 6 öğrenciden 1’inin TA, 2’sinin TeA ve 3’ünün BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 59 öğrenciden 21’inin yine TA seviyesinde sınıflandırıldığı, 9’unun TeA, 12’sinin KBA ve 17’sinin BA seviyelerine yükseldikleri tespit edilmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan öğrencininse TA seviyesine gerilediği belirlenmiştir.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 58’da verilmiştir.

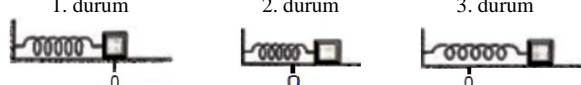
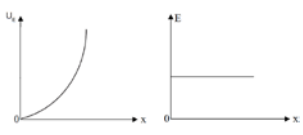
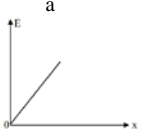
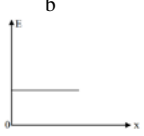
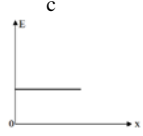
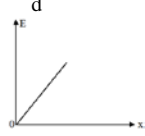
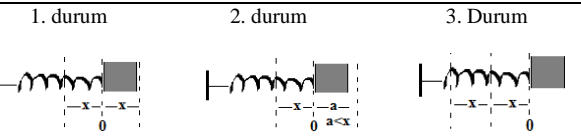

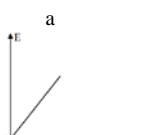
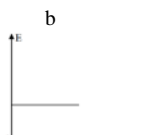
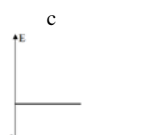
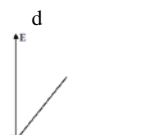
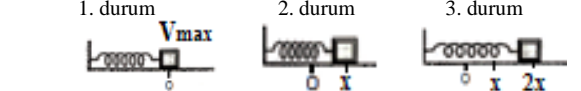
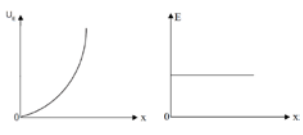
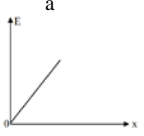
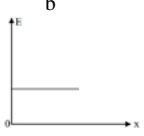
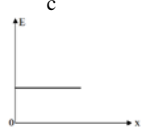
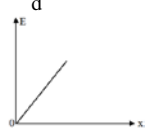
Tablo 58. Öğrencilerin ESİ pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X		44	Sistemi görselleme	---
				Sistemin enerji değişimini gösterme	---
				Sistemin enerji değerini hesaplama	---

Tablo 58'in devamı

KA [1]	X	18	Sistemi görselleme	1. durum 	2. durum 	3. durum 			
			Sistemin enerji değişimini gösterme	9b) 		20) 			
			Sistemin enerji değerini hesaplama	A noktasında $E_p=mgh=50 \cdot 10 \cdot 80=40.000$ potansiyel enerji D noktasında $E_p=mgh=50 \cdot 10 \cdot 50=25.000$ potansiyel enerji E noktasında D noktasındaki potansiyel enerjinin tamamı kinetik enerji olarak aktarılıyor.					
TA [2]	X	72	Sistemi görselleme	1. durum 	2. durum 	3. durum 			
			Sistemin enerji değişimini gösterme	9b) 		20) 			
			Sistemin enerji değerini hesaplama	A $\rightarrow E_p=mgh=50 \cdot 10 \cdot 80=40.000$ D $\rightarrow E_p=mgh=50 \cdot 10 \cdot 50=25.000$, $E_k=15.000$ E $\rightarrow E_p=0$, $E_k=40.000$					
TeA [3]	X	52	Sistemi görselleme	1. durum 	2. durum 	3. durum 			
			Sistemin enerji değişimini gösterme	9b) 		20) 			
			Sistemin enerji değerini hesaplama	---					
TeA [3]	X	52	Sistemi görselleme	---					
			Sistemin enerji değerini hesaplama	---					

Tablo 58'in devamı

		X	4	Sistemi görselleme	
				Sistemin enerji değişimini gösterme	9b)  20) a)  b)  c)  d) 
				Sistemin enerji değerini hesaplama	---
		X	72	Sistemi görselleme	
				Sistemin enerji değişimini gösterme	9b)  20) a)  b)  c)  d) 
				Sistemin enerji değerini hesaplama	A noktasında $E_p = mgh = 50 \cdot 10 \cdot (80 - 30) = 15000$ olur.
		X	18	Sistemi görselleme	
				Sistemin enerji değişimini gösterme	9b)  20) a)  b)  c)  d) 
				Sistemin enerji değerini hesaplama	A noktası $\rightarrow mgh = 50 \cdot 10 \cdot (80 - 30) = 15000$ Joule D noktası $\rightarrow E_p = 0; E_i = E_s \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mV^2 = 15000$ Joule E noktası $\rightarrow -mgh_{BE} = 50 \cdot 10 \cdot 50 = -25000$ Joule $\frac{1}{2}kV^2 = mg(h_{AB} + h_{BE}) = 40000$ Joule G noktası $\rightarrow mgh_{BE} = 50 \cdot 10 \cdot 50 = -25000$ Joule

3.1.1.4. Öğrencilerin EA Anlama Seviyeleri

Bu başlık altında, öğrencilerin EA ile ilgili teorik ve pratik anlama seviyelerine yer verilmiştir.

3.1.1.4.1. EA Teorik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin EA'na ilişkin teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji aktarım yolunu belirtme ve aktarım sürecini açıklama (Başarı Sınavı 6. soru), aktarım yönünün önemini bilme-açıklama (Başarı Sınavı 7. soru) ve aktarımla ilişkili temel kavramları tanımlama (Başarı Sınavı 1. soru) durumları dikkate alınmıştır.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre EA'ya ilişkin cevaplarının nitelikleri Tablo 59'da sunulmuştur.

Tablo 59. Öğrencilerin EA teorik anlama cevapların nitelikleri*

İnceleme Konusu		Başarı sınavı	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	
Aktarım yolunu belirtme	Ön	F	14	-	43	11	
		%	20,6	-	63,3	16,2	
	Son	F	43	-	-	25	
		%	63,2	-	-	36,8	
Aktarım yönünün önemini bilme-açıklama	Ön	F	2	14	40	12	
		%	2,9	20,6	58,8	17,6	
	Son	F	36	17	4	11	
		%	52,9	25	5,9	16,2	
Aktarım sürecini açıklama	Ön	F	-	-	49	19	
		%	-	-	72,1	27,9	
	Son	F	35	25	1	7	
		%	51,5	36,8	1,5	10,3	
Aktarımla ilişkili Temel Kavramları Tanımlama	İş	Ön	F	14	18	29	7
			%	20,6	26,5	42,6	10,3
		Son	F	57	9	1	1
			%	83,8	13,2	1,5	1,5
	Isı	Ön	F	6	17	22	23
			%	8,8	25	32,4	33,8
		Son	F	58	7	1	2
			%	85,3	10,3	1,5	2,9
	Güç	Ön	F	10	4	34	20
			%	14,7	5,9	50	29,4
		Son	F	66	2	-	-
			%	97,1	2,9	-	-

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD'de Ek-10'da verilmiştir.

Tablo 59'da görüldüğü gibi ön başarı sınavı sonuçlarına göre 14 öğrencinin (%20,6) enerjinin aktarım yolunu belirtme ve 2 öğrencinin (%2,9) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama sorusuna doğru cevap verdiği belirlenmiştir. Aktarım sürecini açıklama noktasındaysa hiçbir öğrencinin başarılı olamadığı görülmüştür. 14 öğrencinin (%20,6) iş kavramını, 6 öğrencinin (%8,8) ısı kavramını ve 10 öğrencinin (%14,7) güç kavramını tanımlamada başarılı oldukları tespit edilmiştir. 14 öğrencinin (%20,6) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama ve 18 öğrencinin (%26,5) iş kavramını, 17 öğrencinin (%25) ısı kavramını ve 4 öğrencinin (%5,9) güç kavramını tanımlama sorularına kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. 43 öğrencinin (% 63,3) enerjinin aktarım yolunu belirtme ve 40 öğrencinin (% 58,8) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama ve 49 öğrencinin (%72,1) aktarım sürecini açıklama sorularına yanlış cevaplar verdiği belirlenmiştir. 29 öğrencinin (%42,6) iş kavramını, 22 öğrencinin (%32,4) ısı kavramını ve 34 öğrencinin (%50) güç kavramını tanımlama sorularına yanlış cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 11 öğrencinin (%16,2) enerjinin aktarım yolunu belirtme ve 12 öğrencinin (% 17,6) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama ve 19 öğrencinin (%27,9) aktarım sürecini açıklama ile ilgili soruları cevapsız bıraktıkları belirlenmiştir. 7 öğrencinin (%10,3) iş kavramını, 23 öğrencinin (%33,8) ısı kavramını ve 20 öğrencinin (%29,4) güç kavramını tanımlama ile ilgili soruları cevapsız bıraktıkları belirlenmiştir.

Tablo 59'da görüldüğü gibi son başarı sınavı sonuçlarına göre 43 öğrencinin (%63,2) enerjinin aktarım yolunu belirtme ve 36 öğrencinin (%52,9) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama ve 35 öğrencinin (%51,5) aktarım sürecini açıklama ile ilgili soruları doğru cevapladıkları belirlenmiştir. 57 öğrencinin (%83,8) iş kavramını, 58 öğrencinin (%85,3) ısı kavramını ve 66 öğrencinin (%97,1) güç kavramını tanımlama ile ilgili soruları doğru cevapladıkları görülmüştür. 17 öğrencinin (%25) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama ve 25 öğrencinin (%36,8) aktarım sürecini açıklama ile ilgili soruları kısmen doğru cevapladıkları belirlenmiştir. 9 öğrencinin (%13,2) iş kavramını, 7 öğrencinin (%10,3) ısı kavramını ve 2 öğrencinin (%2,9) güç kavramını tanımlama ile ilgili soruları kısmen doğru cevapladıkları görülmüştür. 4 öğrencinin (%5,9) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama ve 1 öğrencinin (%1,5) aktarım sürecini açıklama ile ilgili soruları yanlış cevapladıkları belirlenmiştir. 1 öğrencinin (%1,5) iş kavramını ve 1 öğrencinin (%1,5) ısı kavramını tanımlama ile ilgili soruları yanlış cevapladıkları görülmüştür. 25 öğrencinin (%36,8) enerjinin aktarım yolunu belirtme ve 11 öğrencinin (%16,2) enerji aktarım yönünün önemini bilme-açıklama ve 7 öğrencinin

(%10,3) aktarım sürecini açıklama ile ilgili soruları cevaplamadıkları tespit edilmiştir. 1 öğrencinin (%1,5) iş kavramını ve 2 öğrencinin (%2,9) ısı kavramını tanımlama ile ilgili soruları cevaplamadıkları görülmüştür.

Ön ve son başarı sınavlarının analizlerinde alternatif fikir içeren cevaplar verdiği tespit edilen öğrenciler Tablo 60'de verilmiştir.

Tablo 60. EA teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

	Alternatif Fikir İçeren Cevaplar	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde	
Aktarım yönünün önemini açıklama	İşin işareti önemlidir. Çünkü iş vektörel bir büyüklüktür. İşaret yönü belirtir.	15, 16, 30, 32	5,9	30, 44	2,9	
	İşin işareti önemli değildir. Çünkü yapılan iş daima pozitif alınır.	14	1,5	-	-	
	Önemlidir. Çünkü işten verim alınıp alınmadığını işaretlere göre algılarız.	24	1,5	-	-	
	İşin işareti önemlidir. Çünkü hareketin yönünün gösterir.	27	1,5	31	-	
	İşin işareti önemli değildir. (-) yönde de (+) yönde de olsa yapılan iş aynıdır.	35	1,5	-	-	
	(-) yönde güç kaybı vardır. Isıya dönüşür. (+) yönde güç kaybı vardır veya yoktur ama bir bölümü büyük bir yüzdeyle yine ısıya dönüşür.	48	1,5	-	-	
	Kuvvetler bir iş yapıyorsa işaret (+) yapmıyorsa (-) olur.	66	1,5	-	-	
Aktarım sürecini açıklama	Önemlidir. İşin işareti yer değiştirme vektörü ile uygulanan kuvvetin aynı yönlü olup olmadığını gösterir.	-	-	10	1,5	
	Sürtünmeli yüzeylerde hareket eden bir cismin yüzeye aktardığı, harcadığı bir enerji olur. Buda sürtünme enerjisidir.	8	1,5	-	-	
	Hareket sırasında, yüzeyin sürtünme kat sayısı ile cismin ağırlığı arasında bir ilişki oluşur. Sürtünme enerjisi olurken ısı enerjisi de olur.	16	1,5	-	-	
	Sürtünmeli yüzeylerde bir enerji vardır ve bu enerji cismin yönüne ters yönde olduğu için cismin hareket edebilmesi enerji harcaması gerekir.	24	1,5	-	-	
	Toplam yapılan işe bakarken vektörel olarak yer değiştirmeyi hesaba kattığımız için.	41	1,5	-	-	
	Sürtünme varsa güç kaybı vardır demektir. O güç kaybı da ısıya dönüşür.	48	1,5	-	-	
	Sürtünmeli yüzeylerde enerji aktarımı yüzeyden cisme doğrudur. Sürtünmeli yüzeyde cismin enerjisinin bir kısmı ısıyla, sıcaklık ve sese dönüşür.	62	1,5	-	-	
Aktarımla ilişkili Temel Kavramları Tanımlama	İş	İş, bir kuvvetin sonrasında oluşan olaydır.	12, 18, 25, 30, 31, 32, 33, 62	11,8	-	-
		İş, bir şeyin konumunu değiştirmek için o şeyi bir yerden bir yere taşıma işidir.	38, 41, 44, 47, 51, 55, 71	10,3	-	-
		İş bir cisme uygulanan kuvvettir.	2, 24, 37, 45, 63, 66	8,8	35	1,5
		İş, kuvvet yoluyla maddeye uygulanan enerjidir.	54, 67	2,9	-	-
		İş kullandığımız güçtür.	4, 48	2,9	-	-
		İş, kuvvetin dik bileşeninin cisme aldırıldığı yoldur. Kuvvet cisme dik olarak etki yapıyor olmalıdır. Aksi takdirde fiziksel anlamda iş yapılmaz.	11, 34	2,9	-	-
		İş, yapılması için güç gereken kavramdır.	17, 19	2,9	-	-
		İş, enerji harcanarak yapılan eylemdir.	13, 14	2,9	-	-
		İş, cismin zamana bağlı yer değiştirmesidir.	21	1,5	-	-
	Isı	İş bir cisim duruyorsa konumunu koruması ya da hareket halindeyse hareketine devam etmesi demektir.	46	1,5	-	-
		Isı maddenin içindeki bir enerji türüdür. Daha çok aktararak çeşitli değişimlere ve oluşmalara neden olabilir.	31, 36, 58	4,4	-	-
		Isı sıcaklığın zamanla değişimidir.	15, 22	2,9	-	-
		Isı her bir atomun sıcaklığıdır.	66, 71	2,9	-	-
		Isı moleküllerin toplam kinetik enerjisidir.	42, 21	2,9	-	-
		Isı belirli bir zamanda kütlede oluşan sıcaklık değişimidir.	10, 55	2,9	-	-
		Isı, bir işi gerçekleştirirken harcanan veya ortaya çıkan maddedir.	7, 13	2,9	-	-
		Cisimlerin canlıların belirli bir ısısı vardır.	11	1,5	-	-
Enerjinin sıcaklığa dönüşmüş haline ısı denir.	35	1,5	-	-		
Isı cismin külesine, zamana ve öz ısısına göre değişen bir büyüklüktür.	34	1,5	-	-		

Tablo 60'ın devamı

Aktarımla İlişkili Temel Kavramları Tanımlama	Isı	Isı boşa giden güçtür.	48	1,5	-	-
		Maddenin bulunduğu ortamdaki sıcaklığına göre sahip olduğu özelliğidir.	68	1,5	-	-
		Isı bir kütle için sıcaklığını 1°C'lık artırmak için verilen enerjidir.	62	1,5	-	-
		Isı, yüksek sıcaklıkta ısı alış-verişine neden olan ancak kütle değişimi olmayan sıcaklık iletim yoludur.	-	-	30	1,5
	Güç	Güç, iş meydana getirirken harcanan enerjidir.	2, 4, 13, 24, 31, 34, 44, 52, 53, 58, 61, 71	17,6	-	-
		Güç bir işi yapabilmek için gerekli olan kuvvettir.	18, 21, 35, 48, 50, 65	11,8	-	-
		Güç, iş yapabilme kapasitesidir.	3, 5, 26, 32, 33, 56, 69	10,3	35	1,5
		Güç, bir işi yapabilmemiz için sahip olmamız gerektir.	14, 15, 17	4,4	-	-
		Güç bir işi yapabilmek için sahip olmamız gereken enerjidir.	27, 51	2,9	-	-
		Güç, bir cisme uygulanan kuvvetin yapılan işle karşılaştırılmasıdır.	9	1,5	-	-
		Güç, bir cisme kuvvet uygulayabilmemiz için gerekli olan şarttır.	30	1,5	-	-
		Güç, cismin/sistemin bir başkasına kuvvet uygulayabilme potansiyelidir.	47	1,5	-	-

Tablo 60'da sunulan alternatif fikir içeren öğrenci cevapları incelendiğinde, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 10 öğrencinin (%14,7) aktarım yönünün önemini açıklama, 6 öğrencinin (%8,8) aktarım sürecini açıklama ve 53 öğrencinin (%77,9) aktarımla ilişkili temel kavramları tanımlama sorularına alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. Aktarımla ilişkili temel kavramları tanımlama sorusuna 33 öğrencinin (%48,5) iş kavramını, 22 öğrencinin (%32,4) ısı kavramını ve 33 öğrencinin (%48,5) güç kavramını açıklamada alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği tespit edilmiştir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 4 öğrencinin (%5,9) aktarım yönünün önemini açıklama, 1 öğrencinin (%1,5) aktarım sürecini açıklama ve 3 öğrencinin (%4,4) aktarımla ilişkili temel kavramları tanımlama sorusuna alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. Aktarımla ilişkili temel kavramlar olan iş, ısı ve güç kavramları ile ilgili birer öğrencinin alternatif fikre sahip olduğu görülmüştür. Aktarım yönünün önemini açıklamada, aktarım sürecini açıklamada ve ısı kavramını tanımlamada birer öğrencide ön başarı sınavında görülmeyen alternatif fikirlerin olduğu görülmüştür.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre enerji aktarımı teorik anlama seviyeleri Tablo 61'de sunulmuştur.

Tablo 61. Öğrencilerin EA için teorik anlama seviyeleri

Ön Başarı sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	1, 28	2	-	-	-	1	28	-
KA [1]	13, 19, 24, 30, 31, 32, 37, 46, 56, 57, 58, 69	12	-	-	30, 31, 56	32	46, 57	13, 19, 24, 37, 58, 69

Tablo 61'in devamı

TA [2]	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 70, 71	53	-	-	10, 35, 44	5, 21, 40, 41, 42, 43, 61	2, 3, 4, 6, 8, 12, 14, 16, 17, 20, 22, 26, 27, 33, 36, 45, 48, 50, 51, 53, 55, 59, 62, 63, 68, 70	7, 9, 11, 15, 18, 23, 25, 34, 38, 39, 47, 52, 60, 65, 66, 67, 71
TeA [3]	72	1	-	-	-	-	72	-
Toplam	68		-	-	6	9	30	23
							68	

Tablo 61'de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 2 öğrencinin (%2,9), KA seviyesinde 12 öğrencinin (%17,6), TA seviyesinde 53 öğrencinin (%77,9) ve TeA seviyesinde 1 öğrencinin (%1,5) sınıflandığı tespit edilmiştir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 6 öğrencinin (%8,8), TeA seviyesinde 9 öğrencinin (%13,2), KBA seviyesinde 30 öğrencinin (%44,1) ve BA seviyesinde 23 öğrencinin (%33,8) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 2 öğrenciden 1'inin TeA diğerinin KBA seviyesine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 12 öğrenciden 3'ünün TA, 1'inin TeA, 2'sinin KBA ve 6'sının BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 53 öğrenciden 3'ünün yine TA seviyesinde sınıflandırıldığı, 7'sinin TeA, 26'sının KBA ve 17'sinin BA seviyelerine yükseldikleri tespit edilmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan öğrencininse KBA seviyesine yükseldiği görülmüştür.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 62'de verilmiştir.

Tablo 62. Öğrencilerin EA teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X		28	Tanımlama	---
				Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	---
				Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	---
KA [1]	X		30	Tanımlama	---
				Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	Sürtünmeli yüzeylerde cismin enerjisi, sürtünme kuvvetinin etkisi ile zamanla azalarak en sonunda sıfır olur. Yani baştaki enerji sürtünme kuvvetine karşı yapılan işte harcanmış olur.
				Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	Evet önemlidir. Çünkü bu cisme etkileyen kuvvetler kullanılırken bileşke vektörleri alınır. Bileşke vektörlerde de kuvvetler toplanır. Zıt işaretli vektörlerin toplamı ile aynı işaretli vektörlerin toplamı çok farklıdır. Bunun için evet önemlidir.

Tablo 62'nin devamı

TA [2]	X	66	Tanımlama	İş: eğer elimde tepsi olsun ben onu aşağı yukarı kaldırarak iş yapmamış olurum. Ona yol aldırırsam bir kuvvetle x kadar yol aldırırsam iş yapmış olurum. Isı: $Q=mc\Delta t$ Güç: birim zamanda ya da t zamanda yapılan işe güç denir.
			Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	---
			Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	---
	X	44	Tanımlama	İş: makro düzeydeki enerji aktarım yoluna denir. Isı: mikro düzeydeki enerji aktarım yoluna denir. Güç: makro düzeydeki enerji aktarım hızına güç denir.
			Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	Cismin hareketi esnasında sürtünmeli yüzey ile cisim arasında cismin son enerji seviyesindeki elektronlarla sürtünmeli yüzey arasında bağlar kurulur ve kopar. Bu sırada hareket enerjisi ısı enerjisine dönüşerek aktarılır.
			Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	Önemlidir. İşaret yönünün belirtir. Matematiksel işlemlerdeki karmaşayı önler.
TeA [3]	X	72	Tanımlama	İş: kuvvetle bir cismin konumunda değişiklik meydana getirmektir.
			Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	Sürtünmeyle birlikte maddedeki kinetik enerji ısı enerjisine dönüşüyor olabilir.
			Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	---
KBA [4]	X	28	Tanımlama	İş: cismin yer değiştirmesine neden olan kuvvetle ilişkili enerji aktarımıdır. W ile gösterilir. $W=F\cdot\Delta x$ ile formüle edilir. Isı: yüksek enerjili bir sistemden düşük enerjili bir sisteme kütle değişimi olmaksızın aktarılan enerjidir. Aktarılan bu enerjinin kaynağı yüksek enerjili sistemdir. Güç: birim zamanda yapılan iş. P ile gösterilir. $P = \frac{w}{t} = \frac{F\cdot\Delta x}{t} = F \cdot V$ ile formüle edilir.
			Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	Sürtünmeli yüzeylerde enerji aktarımı makro boyuttan mikro boyuta olur. Örneğin, sürtünmeli yüzeyde hareket eden kitabı düşünelim. Bu esnada kitap ile yüzey arasındaki atomlar arasında bağlar kurulur. Kitap hareket etmeye devam ettikçe bu bağlar kırılır ve atomlar titreşim hareketi yapar. Yani atomlar mikro düzeyde kinetik enerjiye ulaşır. Bu da bize makro boyuttaki kinetik enerjinin mikro boyuttaki kinetik enerjiye dönüştüğünü gösterir.
			Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	Evet önemlidir. Eğer yapılan iş negatif ise sistemden dışarı enerji aktarılır. Eğer yapılan iş pozitif ise sisteme enerji aktarıldığını gösterir.
	X	72	Tanımlama	İş: enerji aktarım sürecine iş denir. Isı: Mikro boyuttaki enerji aktarımına ısı denir. Güç: iş yapabilme hızıdır. $P = \frac{w}{t} = \frac{F\cdot\Delta x}{t}$
			Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	Mikro boyutta maddeler arasında kimyasal bağlar oluşur. Ve hareketinden dolayı bu bağlar kırılır ve enerji aktarımı olur.
			Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	İşin işareti önemlidir. Mesela esnek bir yayda x kadar sıkıştırılan bir yay x kadar esnediğinde 0 iş yapar. Çünkü ilk önce kuvvet→ yönde iken denge konumundan sonra ← yönde olduğu için yaptığı iş 0 olur. Yani yay için alınan ve verilen enerji toplamı sıfırdır. İşaret + olsaydı enerji almış, - olsaydı vermiş olacaktı.
BA [5]	X	66	Tanımlama	İş: kuvvet etkisiyle cismin yer değiştirmesini sağlayan ve enerji aktarım yoludur. Isı: yüksek sıcaklıktaki sistemden düşük sıcaklıktaki sisteme kütle aktarımı olmaksızın enerji aktarım yoludur. Güç: enerji aktarım hızıdır.
			Aktarım yolunu belirleme ve süreci açıklama	Makro düzeydeki mekanik enerji mikro düzeydeki ısı enerjisine dönüşüyor. Yüzeyler arasındaki moleküllerin bağ kurması ve kopması sonucu moleküller titreşerek enerjisi iç enerjisine çevirmiştir. Bu süreçte geçiş halinde olan enerjiye ısı denir. Isı bir sınır olgusudur.
			Aktarım yönünün önemini bilme açıklama	Eklene ve çıkan enerjiyi göstermesi açısından önemlidir.

3.1.1.4.2. EA Pratik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin EA ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde aktarılan enerjiyi hesaplama (Başarı Sınavı 12 ve 19. sorular), makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama (Başarı Sınavı 16. soru), enerji aktarımını yorumlama (Başarı Sınavı 17a sorusu) ve enerji aktarım hızını yorumlama (Başarı Sınavı 17b ve 18. sorular) durumları dikkate alınmıştır.

Başarı sınavları analiz sonuçlarına göre öğrencilerin EA ile ilgili verdikleri cevapların nitelikleri Tablo 63’de sunulmuştur.

Tablo 63. Öğrencilerin EA pratik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı sınavı		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Aktarılan enerjiyi hesaplama	Ön	F	-	27	34	7
		%	-	39,7	50	10,3
	Son	F	19	44	-	3
		%	27,9	64,7	-	4,4
Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini görselleme	Ön	F	-	2	18	48
		%	-	2,9	26,5	70,6
	Son	F	23	26	-	19
		%	33,8	38,2	-	27,9
Enerji aktarımını yorumlama	Ön	F	-	36	25	7
		%	-	52,9	36,8	10,3
	Son	F	52	1	12	3
		%	76,5	1,5	17,6	4,4
Enerji aktarım hızını yorumlama	Ön	F	7	35	24	2
		%	10,3	51,5	35,3	2,9
	Son	F	33	34	1	-
		%	48,5	50	1,5	-

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD’de Ek-10’da verilmiştir.

Tablo 63’de sunulduğu gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrencilerden hiçbiri aktarılan enerjiyi hesaplama, makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini ve enerji aktarımını yorumlama sorularına doğru cevap verememiştir. Enerji aktarım hızını yorumlama sorusuna 7 öğrencinin (%10,3) doğru cevap verdiği tespit edilmiştir. 27 öğrencinin (%39,7) aktarılan enerjiyi hesaplama, 2 öğrencinin (%2,9) makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama, 36 öğrencinin (%52,9) enerji aktarımını yorumlama ve 35 öğrencinin (%51,5) aktarım hızını yorumlama sorularına kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. 34 öğrencinin (%50) aktarılan enerjiyi hesaplama, 18 öğrencinin (%26,5) makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama, 25 öğrencinin (%36,8) enerji aktarımını yorumlama ve 24 öğrencinin (%35,3) aktarım hızını

yorumlama sorularına yanlış cevaplar verdiği belirlenmiştir. 7 öğrencinin (%10,3) aktarılan enerjiyi hesaplama, 48 öğrencinin (%70,6) makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama, 7 öğrencinin (%10,3) enerji aktarımını yorumlama ve 2 öğrencinin (%2,9) aktarım hızını yorumlama ile ilgili sorulara cevap vermedikleri tespit edilmiştir.

Tablo 63’de sunulduğu gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 19 öğrencinin (%27,9) aktarılan enerjiyi hesaplama, 23 öğrencinin (%33,8) makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama, 52 öğrencinin (%76,5) enerji aktarımını yorumlama ve 33 öğrencinin (%48,5) aktarım hızını yorumlama sorularına doğru cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 44 öğrencinin (%64,7) aktarılan enerjiyi hesaplama, 26 öğrencinin (%38,2) makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama, 1 öğrencinin (%1,5) enerji aktarımını yorumlama ve 34 öğrencinin (%50) aktarım hızını yorumlama sorularına kısmen doğru cevaplar verdiği belirlenmiştir. 12 öğrencinin (%36,8) enerji aktarımını yorumlama ve 1 öğrencinin (%1,5) aktarım hızını yorumlama sorularına yanlış cevaplar verdiği belirlenmiştir. 3 öğrencinin (%4,4) aktarılan enerjiyi hesaplama, 19 öğrencinin (%27,9) makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama ve 3 öğrencinin (%4,4) enerji aktarımını yorumlama ile ilgili sorulara cevap vermedikleri tespit edilmiştir.

Ön başarı sınavı cevaplarının analizi sonucu enerji aktarımıyla ilgili alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği tespit edilen öğrenciler Tablo 64’de sunulmuştur.

Tablo 64. EA pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

İnceleme Konusu	Alternatif Fikir İçeren Cevaplar	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
Aktarılan enerjiyi hesaplama	F_2 ve F_3 kuvvetlerinin yaptığı iş sıfırdır. Çünkü kuvvet doğrultusunda bir hareket olmadığından işten söz edilemez.	34	1,5	-	-
	W_2 ve W_3 ters yönde.	39	1,5	-	-
	Sadece F_1 iş yapmıştır.	43	1,5	-	-
	$W_{top} = F_{top} / t_{top} = F / t$	56	1,5	-	-
	Toplam iş: $3F + (-F - F) = F$	59	1,5	31	1,5
	Toplam iş F kadardır.	62	1,5	-	-
Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama	Kıvılcımla enerji ısıya dönüşür.	35	1,5	-	-
	Bence zemine aktarılmaz. Isı ortaya çıkar. Enerji zemine geçmez.	48	1,5	-	-
Enerji aktarımını yorumlama	İkisi de aynı işi yapmışlardır. Çantanın ağırlığına göre kuvvetleri vardır ve aynı yolu almışlardır.	6, 8, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 25, 26	14,7	-	-
	İş yer değiştirme x zamandır.	21	1,5	-	-
	Cisimlere etki eden kuvvetler aynı, kütleleri eşit olduğu için ikisi de aynı miktarda iş yapmıştır.	23	1,5	-	-
	İkisi de iş yapmamıştır. Çünkü iş kuvvet doğrultusunda gerçekleşir. Kuvvete paralel olmamalıdır.	34	1,5	-	-
	Ayşe daha fazla iş yapmıştır. Daha hızlı çıktığı için.	41	1,5	-	-
	Eşit iş yapmışlardır. Çünkü ikisinin yüklerine ve zamana baktığımızda birbirini dengelemektedir.	58, 62	2,9	-	-

Tablo 64'ün devamı

Enerji aktarım hızını yorumlama	İkisi de aynı güçtedir. Çünkü güç yol x zamanla ifade edilir ve ikisinin güçleri buradan eşit gelir.	34	1,5	-	-
	Fatma, daha ağır bir çanta taşıdığı için daha güçlüdür.	5, 24, 31	4,4	-	-
	Ayşe daha güçlüdür. Yapılan işler aynı, zaman Ayşe'de daha az olduğu için.	6, 8, 23	4,4	-	-
	İkisinin güçleri eşittir. Aldığı yol eşittir.	19	1,5	-	-
	Fatma daha güçlüdür. Çünkü çantası daha ağırdır ve ikisi de aynı mesafeyi tamamlamıştır.	14	1,5	-	-
	Güç işe bağlıdır. O halde hangisi daha çok iş yaptıysa o daha güçlüdür. Ayşe daha güçlüdür.	7	1,5	-	-
	Fatma daha güçlüdür. Daha ağır çıktığı için.	41, 52	2,9	-	-
	Ayşe daha güçlüdür. Daha hızlı vardı.	42, 48, 69	4,4	-	-
	Fatma daha güçlüdür. Daha ağır kaldırdığından.	53, 67, 71	4,4	-	-
	İlk üç öğrenci aynı ağırlığa sahip ve aynı yüksekliğe çıkmışlardır. 4. öğrenci ise aynı ağırlıkta ama o 10 m ye yükselmiştir.	6, 25	2,9	-	-
	İlk çıkan enerjisini aktarır. Buna göre zaman önemlidir.	10	1,5	-	-
	V hızı kütleden bağımsız, yüksekliğe bağlı, h en fazla 4'tedir. Diğerlerinde eşittir.	23	1,5	-	-
	1=2=3 Enerji aktarım hızları aynı çünkü çıktıkları yükseklik ve kütleleri aynı.	38	1,5	-	-
	(4) enerji aktarım hızı daha az çünkü daha yükseğe çıktığı için. Enerjisini daha çabuk aktaran daha uzun sürede işini bitirir.	38, 53	2,9	-	-
		71	1,5	-	-

Tablo 64'te sunulan öğrenci alternatif fikirleri incelendiğinde, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 6 öğrencinin (%8,8) aktarılan enerjiyi hesaplama, 2 öğrencinin (%2,9) makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama, 16 öğrencinin (%23,5) enerji aktarımını yorumlama ve 26 öğrencinin (%38,2) aktarım hızını yorumlama noktasında alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre sadece 1 öğrencinin (%1,5) aktarılan enerjiyi hesaplama noktasında alternatif fikir içeren cevap verdiği belirlenmiştir.

Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre enerji aktarımını pratik anlama seviyeleri Tablo 65'de sunulmuştur.

Tablo 65. Öğrencilerin EA için pratik anlama seviyeleri

Ön Başarı sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	45	1	-	-	-	-	-	45
KA [1]	7, 9, 19, 23, 28, 34, 36, 38, 40, 52, 53, 56, 65	13	-	-	9, 38, 40	36, 65	19, 28, 34, 52, 53, 56	7, 23

Tablo 65'in devamı

TA [2]	1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 30, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72	49	-	-	13, 17, 21, 24, 30, 31, 41, 43, 55, 68, 69, 70, 71, 72	4, 26, 58, 59, 61	3, 5, 6, 10, 14, 15, 16, 20, 25, 33, 35, 37, 39, 42, 44, 46, 48, 57, 62, 67	1, 8, 11, 18, 22, 47, 50, 51, 60, 63
TeA [3]	2, 12, 27, 32, 66	5	-	-	12	-	2, 27, 32	66
Toplam	68		-	-	18	7	29	14
						68		

Tablo 65'de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 1 öğrencinin (%1,5), KA seviyesinde 13 öğrencinin (%19,1), TA seviyesinde 49 öğrencinin (%72,1) ve TeA seviyesinde 5 öğrencinin (%7,4) sınıflandığı tespit edilmiştir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 12 öğrencinin (%17,6), TeA seviyesinde 7 öğrencinin (%10,3), KBA seviyesinde 29 öğrencinin (%42,9) ve BA seviyesinde 14 öğrencinin (%20,6) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan öğrencinin BA seviyesine yükseldiği belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 13 öğrenciden 3'ünün TA, 2'sinin TeA, 6'sının KBA ve 2'sinin BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 49 öğrenciden 14'ünün yine TA seviyesinde sınıflandırıldığı, 5'inin TeA, 20'sinin KBA ve 10'unun BA seviyelerine yükseldikleri tespit edilmiştir. TeA seviyesindeki 5 öğrenciden 1'inin TA seviyesine gerilediği, 3'ünün KBA ve 1'inin BA seviyelerine yükseldikleri anlaşılmıştır.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 66'da verilmiştir.

Tablo 66. Öğrencilerin EA pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X		45	Enerji aktarımını hesaplama	---
				Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	---
				Enerji aktarımını yorumlama	---
				Enerji aktarım hızını yorumlama	---
KA [1]	X		7	Enerji aktarımını hesaplama	12) Enerji korunumu yazarsak, başlangıçta B noktasından alırsak; $E_p - mgh = 50 \cdot 50 \cdot 10 = 25.000J$

Tablo 66'nın devamı

KA [1]	X	7	Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	$E_k = W_x + E_k \rightarrow \frac{1}{2}mV^2 = \Delta x \cdot F + 0 \rightarrow \frac{1}{2}mV^2 = \Delta x \cdot F_s$
			Enerji aktarımını yorumlama	Ayşe daha fazla yapmıştır. $W_{Fatma} = \frac{2x^2-2}{2} = x^2$ gibi iş yapılmış. $W_{Ayşe} = \frac{2x^2-1}{1} = 2x^2$ gibi iş yapılmış. O halde yapılan iş kütleyle bağlı değil. Süreyle de ters orantılı.
			Enerji aktarım hızını yorumlama	17b) güç işe bağlıdır. (P) o halde hangisi daha çok iş yaptıysa o daha güçlüdür. Ayşe daha güçlüdür.
TA [2]	X	8	Enerji aktarımını hesaplama	---
			Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	<p>V hızı sürekli azalırken sürtünme kuvveti sabiti. Bu nedenle hızı sayesinde kazandığı kinetik enerjiyi sürtünmeye harcadı.</p>
			Enerji aktarımını yorumlama	İkisinin de yaptığı iş aynıdır. Çünkü çıktıkları yol da taşıdıkları çanta da aynıdır.
	X	41	Enerji aktarım hızını yorumlama	17b) ayşe daha güçlüdür. Çünkü alınan yolu daha kısa sürede kat etmiştir. 18) $1 > 4 = 2 = 3$, çıkış süreleri arttıkça enerji aktarım hızları da azalır.
			Enerji aktarımını hesaplama	12) $F_s + W = 800m$ 19) $F_{sür} = F \cdot x$, $F_2 = F \cdot x$, $F_1 = 3F \cdot x$, $F_{net} = (3F - F - F) = F$, $W = F \cdot x$ olur.
			Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	<p>kayıp ısı en.</p>
Enerji aktarımını yorumlama	Fatma daha fazla iş yapmıştır. Yollar aynı ve kütsel olarak daha fazla taşımıştır.			
Enerji aktarım hızını yorumlama	17b) ikisi de aynı güçte zaman kavramı güç için önemlidir. 18) $4 > 2 = 3 > 1$			
TeA [3]	X	2	Enerji aktarımını hesaplama	---
			Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	<p>Cisim aldığı yol boyunca sahip olduğu kinetik enerjileri sürtünmeli yüzeyi geçmek için harcayacaktır. Ax yolunu aldığı anda ise bütün kinetik enerjisini sürtünmeye harcamıştır.</p>
			Enerji aktarımını yorumlama	---
	X	59	Enerji aktarım hızını yorumlama	$2 = 3 > 4 > 1 \rightarrow$ 2 ile 3 aynı yolu aynı sürede aldıkları için eşittir. Ayrıca yaptıkları işi en erken sürede bitirdiklerinden enerji aktarım hızı da en büyüktür. 1 aldığı yolu en uzun sürede bitirdiği için enerji aktarım hızı en yavaş olandır. 4 ise birim zamanda aldığı yolun süresi 3 ile 1 arasında olduğu için enerji aktarım hızı da 3 ile 1'in arasındadır.
			Enerji aktarımını hesaplama	---
			Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	<p>Kimyasal bağlar kurulur ve hareketten dolayı kırılırlar.</p> <p>bağlar kopar ve ısı yoluyla enerji aktarılır.</p>
Enerji aktarımını yorumlama	Fatma yerçekimine göre daha fazla iş yapmıştır.			
Enerji aktarım hızını yorumlama	17b) güçleri aynıdır. 18) $4 > 2 = 3 > 1$ aynı yolu kısa sürede çıkan daha çok enerji aktarmıştır.			

Tablo 66'nın devamı

KBA [4]	X	20	Enerji aktarımını hesaplama	12) A noktasındaki kayakçının enerjisi E noktasına kadar korunur ancak E-F arasında sürtünmeli yüzeye enerji aktarımı vardır. G noktasında ise enerji yaya aktarılmıştır. 19) $F_1 \rightarrow W = 3F \cdot x$; $F_2 \rightarrow W = -F \cdot x$; $F_{\text{sürt}} \rightarrow W = -F \cdot x$ $W = F \cdot x$ $W = (3F - F - F) \cdot x = F \cdot x$
			Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	
			Enerji aktarımını yorumlama	Fatma Ayşe'den daha ağır yük taşıdığı için daha fazla iş yapmıştır.
			Enerji aktarım hızını yorumlama	17b) Fatma $\rightarrow \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{2m \cdot 10 \cdot h}{2}$, Ayşe $\rightarrow \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{m \cdot 10 \cdot h}{1}$ eşit miktarda güç 18) $1 \rightarrow \frac{m \cdot g \cdot 5}{10}$; $2 \rightarrow \frac{m \cdot g \cdot 5}{6}$; $3 \rightarrow \frac{m \cdot g \cdot 5}{6}$; $4 \rightarrow \frac{m \cdot g \cdot 5}{15}$; $2 = 3 > 4 > 1$
BA [5]	X	8	Enerji aktarımını hesaplama	12) $W_s = \mu mg \Delta x = 0,5 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 120 = 30000 \text{ J}$ (yaya aktarıldı) $E_{\text{yay}} = \frac{1}{2} kx^2 = 0,5 \cdot 50 \cdot 400 = 10000 \text{ J}$ (yaya aktarıldı) 19) $F_1 \rightarrow W = 3F \cdot x$; $F_2 \rightarrow W = -F \cdot x$; $F_{\text{sürt}} \rightarrow W = -F \cdot x$ $W = F \cdot x$ $W = (3F - F - F) \cdot x = F \cdot x$
			Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	
			Enerji aktarımını yorumlama	Fatma daha ağır çanta taşıdığı için daha fazla iş yapmıştır. Fatma'nın yaptığı bu iş Ayşe'nin yaptığı işin iki katıdır. Fatma Ayşe'den iki kat daha fazla enerji aktarmıştır.
			Enerji aktarım hızını yorumlama	17b) $P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t}$, $P_{\text{Fatma}} = \frac{2mgh}{2}$, $P_{\text{Ayşe}} = \frac{mgh}{1} \rightarrow P_A = P_F$ 18) $P_1 \rightarrow \frac{5 \cdot m \cdot g \cdot h}{10}$; $P_2 \rightarrow \frac{5 \cdot m \cdot g \cdot h}{6}$; $P_3 \rightarrow \frac{5 \cdot m \cdot g \cdot h}{6}$; $P_4 \rightarrow \frac{10 \cdot m \cdot g \cdot h}{15}$; $P_2 = P_3 > P_4 > P_1$

3.1.1.5. Öğrencilerin EK Anlama Seviyeleri

Bu başlık altında, öğrencilerin EK ile ilgili teorik ve pratik anlama seviyelerine yer verilmiştir.

3.1.1.5.1. EK Teorik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin EK ile ilgili teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji korunumunun tanımlanması ve bir cismin/sistemin enerjisinin hangi şartlar altında korunduğunu belirleme (Başarı Sınavı 8. sorusu) durumları incelenmiştir. Bu anlamda öğrencilerin sistemin sıcaklık değişimini ve enerji değerini (eşitliği), enerjinin dönüşümünü ve ortamın sürtünmeli olup olmamasını dikkate alma durumları irdelenmiştir.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre EK ile ilgili cevaplarının nitelikleri Tablo 67’de sunulmuştur.

Tablo 67. Öğrencilerin EK teorik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı sınavı		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Tanımlama	Ön	F	9	21	9	29
		%	13,2	30,9	13,2	42,6
	Son	F	46	16	-	6
		%	67,6	23,5	-	8,8

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD’de Ek-11’de verilmiştir.

Tablo 67’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre korunumunu tanımlama noktasında 9 öğrencinin (%13,2) doğru, 21 öğrencinin (%30,9) kısmen doğru cevaplar verdiği, 9 öğrencinin (%13,2) yanlış cevaplar verdiği ve 29 öğrencinin (%42,6) yöneltilen soruyu cevapsız bıraktığı belirlenmiştir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 46 öğrencinin (%67,6) doğru, 16 öğrencinin (%23,5) kısmen doğru cevaplar verdiği, 6 öğrencinin (%8,8) yöneltilen soruyu cevapsız bıraktığı belirlenmiştir.

İlgili soru kapsamında öğrencilerin bir cismin/sistemin enerjisinin korunumu için hangi şartların sağlanması gerektiği ile ilgili dikkate aldıkları durumlar Tablo 68’de sunulmuştur.

Tablo 68. Sistemin/cismin enerji korunum durumuna ilişkin öğrenci cevapları

İnceleme Konusu	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
Sıcaklık değişimi	59	1,5	4, 30, 34, 59, 66	7,4
Enerji Dönüşümü	4, 10, 16, 20, 24, 26, 27, 35, 38, 40, 42, 43, 44, 48, 50, 55, 56, 59	26,5	1, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 19, 20, 22, 24, 26, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 44, 51, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 66, 69, 70, 71	55,9
Değeri (eşitliği)	4, 9, 10, 14, 15, 19, 20, 24, 26, 42, 44, 45, 47, 51, 59, 67	23,5	3, 6, 7, 9, 11, 15, 16, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 66, 69, 70, 71	61,8
Sürtünme	5, 9, 16, 19, 20, 22, 32, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 47, 48, 52, 67	25	4, 6, 7, 10, 11, 13, 15, 18, 20, 21, 24, 26, 27, 31, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 48, 50, 58, 59, 60, 65, 66, 67, 72	47,1
Cevapsız	1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 17, 18, 21, 23, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 46, 50, 53, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72	54,4	2, 8, 43, 55, 68	7,4

Tablo 68’de sunulduğu gibi ön başarı sınavı sonuçlarına göre 1 öğrenci (%1,5) sistemin sıcaklık değişimi, 18 öğrenci (%26,5) enerjinin dönüşümünü, 16 öğrenci (%23,5) enerji değerinin değişip değişmemesini, 17 öğrenci (%25) enerjinin sürtünmeli ortamda korunmadığını dikkate almaktadır. 37 öğrenci herhangi bir cevap vermemiştir. Son başarı sınavı sonuçlarına göre 5 öğrenci (%7,4) sistemin sıcaklık değişimi, 38 öğrenci (%55,9) enerjinin dönüşümünü, 42 öğrenci (%61,8) enerji değerinin değişip değişmemesini, 32 öğrenci (%47,1) enerjinin sürtünmeli ortamda korunmadığını dikkate almaktadır. 5 öğrenci herhangi bir cevap vermemiştir.

Öğrencilerin EK ile ilgili alternatif fikir içeren cevapları Tablo 69’da sunulmuştur.

Tablo 69. EK teorik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

İnceleme Konusu	Alternatif Fikir İçeren Cevaplar	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
Tanımı	Kaybettiğimiz enerjiyi tekrar kazanabiliyorsak buna enerji korunumu diyoruz.	12	1,5	-	-
	Cisimlerin hal değiştirmeleri sonucu enerjilerinin değişmeden sabit kalması enerjinin korunumudur. Örneğin suyun sıvı haldeyken sahip olduğu enerji ile sıvı+gaz karışımı esnasında sahip olduğu enerji aynıdır.	8	1,5	-	-
	Enerji korunumu cismin içerisinde var olan enerjinin kaybolmaması demektir.	39	1,5	-	-
	Enerji korunumu, cismin bir işe başlamadan önce sahip olduğu enerjisiyle işi gerçekleştirdikten sonraki enerjisinin aynı olmasıdır.	51	1,5	-	-
Korunum şartı	Enerji hava sürtünmesi ihmal edildiği zamanlarda korunur.	23	1,5	-	-
	Mekanik enerji her zaman korunur.	21	1,5	-	-
	Havasız ortamlarda enerji korunur.	18	1,5	-	-
	Enerji korunumu bir cismin başlangıçtaki enerjisini muhafaza etmesidir. Enerji korunumu sürtünmesiz ortamlarda ya da sürtünmenin az olduğu ortamlarda olur.	9	1,5	-	-
	Sürtünmesiz ortamda korunmaz.	3	1,5	-	-
	Cismin enerjisi, sürtünmeli ve yer çekiminin olduğu ortamlarda korunur.	44	1,5	-	-
	Yerçekimi varsa, cismin rahatlıkla hareket edebileceği bir yerdeyse korunur.	57	1,5	-	-
	Ortam sürtünmesizse enerji korunur.	58	1,5	-	-
	Hareket halinde değilken enerji korunumu olur veya düzgün hareket halindeyse.	63	1,5	-	-
	... cismin enerjisi sürtünme varsa korunur. Ortam uzayda değilse korunur.	67	1,5	-	-
	Enerji her şart altında korunur.	-	-	1	1,5

Tablo 69’da sunulan alternatif fikir içeren öğrenci cevaplar incelendiğinde, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 4 öğrencinin (%5,9) enerji korunumunu tanımlama noktasında ve 10 öğrencinin (%14,7) bir cisim/sistem için enerji korunumunu belirleme noktasında alternatif fikirlere sahip olduğu görülmektedir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre sadece 1 öğrencinin (%1,5) bir cisim/sistem için enerji korunumunu belirleme noktasında alternatif fikir geliştirdiği dikkat çekmektedir.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre EK teorik anlama seviyeleri Tablo 70’de sunulmuştur.


Tablo 70. Öğrencilerin EK teorik anlama seviyeleri

Ön Başarı Sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı Sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	2, 6, 13, 17, 25, 28, 30, 34, 36, 37, 43, 46, 53, 61, 62, 65, 66, 68, 69, 70, 72	21	-	-	-	2, 13, 17, 25, 28, 30, 36, 43, 46, 53, 61, 65, 68, 69, 70, 72	6, 34, 37, 62	66
KA [1]	1, 3, 7, 8, 12, 18, 23, 57, 58, 60, 63	11	-	-	1	3, 7, 8, 12, 18, 23, 57, 63	58	60
TA [2]	9, 21, 22, 38, 39, 67, 71	7	-	-	-	9, 21, 22, 39, 67, 71	38	-
TeA [3]	4, 5, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 24, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 56	27	-	-	-	5, 10, 14, 15, 16, 19, 27, 31, 32, 33, 35, 41, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 56	4, 11, 20, 24, 26, 40	-
KBA [4]	42, 59	2	-	-	-	-	42	59
Toplam	68		-	-	1	51	13	3
			68					

Tablo 70’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 21 öğrencinin (%30,9), KA seviyesinde 11 öğrencinin (%16,2), TA seviyesinde 7 öğrencinin (%10,3), TeA seviyesinde 27 öğrencinin (%39,7) ve KBA seviyesinde 2 öğrencinin (%2,9) sınıflandığı tespit edilmiştir. BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 1 öğrencinin (%1,5), TeA seviyesinde 51 öğrencinin (%75), KBA seviyesinde 13 öğrencinin (%19,1) ve BA seviyesinde 3 öğrencinin (%4,4) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 21 öğrenciden 16’sının TeA, 4’ünün KBA ve 1’inin BA seviyesine yükseldiği belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 11 öğrenciden 1’inin TA, 8’inin TeA, 1’inin KBA ve 1’inin BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 7 öğrenciden 6’sının TeA ve 1’inin KBA seviyesine yükseldikleri tespit edilmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan 27 öğrenciden 21’nin yine TeA seviyesinde sınıflandığı, 6’sının KBA seviyesine yükseldikleri belirlenmiştir. KBA seviyesinde sınıflandırılan 2 öğrenciden biri yine KBA seviyesinde sınıflandırılırken diğerinin BA seviyesine yükseldiğini anlaşılmıştır.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 71’de verilmiştir.

Tablo 71. Öğrencilerin EK teorik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
AY [0]	X		65	Tanımlama ve korunum şartlarını belirleme	---
KA [1]	X		57		Yerçekimi varsa, cisim rahatlıkla hareket edebileceği bir yerdeyse korunur.
TA [2]	X		22		Sürtünme gibi kuvvetler yoksa enerji korunur.  <p>Ör: Başlangıçtaki enerji =mgh Son enerji=1/2mV²=0</p> <p>Enerji kaybı olmuş.</p>
		X	1		Enerji korunumu, sahip olunan bir enerjinin asla kaybolmayacağı demektir. Yani sahip olunan bir enerji sadece başka tür enerjilere çevrilir kaybolmaz. Kinetik enerji potansiyel enerji çevrimleri gibi. Enerji her şartlar altında korunur. Mekanik enerji = potansiyel + kinetik
TeA [3]	X		4		Potansiyel enerjiye sahip bir cisim hareket ettirince enerji kinetik enerjiye döner. Bu iki enerjinin toplamı mekanik enerjidir. Cisim yavaşlayıp durunca kinetik enerji potansiyel enerjiye döner. Yani değişmez sabittir.
		X	69		Bir sistemin enerjisinin sabit kalmasıdır. Yani kinetik, potansiyel, termal olarak birbirine dönüşmesidir. Yoktan var edilemez, vardan yok edilemez. Enerji bu nedenle korunur.
KBA [4]	X		42		Doğada hiçbir enerji yok olmaz. Ancak birbirine dönüşür. Enerji korunumu vardır. Ancak sürtünmeden dolayı oluşan ısıyı dikkate alırsak son enerjiyi ilk enerjiye eşit olmayabilir.
		X	37		Enerji hiçbir zaman vardan yok yoktan var edilemez. Sürekli başka çeşidine dönüşür. Duran bir cisim durumundan dolayı bir yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir. Hareket etmeye başladıktan sonra pot. enerjisi kinetiğe dönüşür. Eğer sürtünmeli bir ortamda hareket ediyorsa kinetik enerjisi de ısıya dönüşür. Bu durumda sistemin enerjisi azalır ve korunmaz.
BA [5]		X	66		Sistem enerji kaybetmiyorsa enerji korunmuştur derim. Gerçekte enerji vardan yok yoktan var olmaz. Sadece birbirine dönüşür. Bir sistemin enerji kaybetmesi ortamın sürtünmeli olduğunu veya sıcaklık farkının olduğunu gösterir.

3.1.1.5.2. EK Pratik Anlama Seviyeleri için Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin EK ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji korunumu belirleme (Başarı Sınavı 14. soru), enerjinin korunduğunu gösterme (Başarı Sınavı 13 ve 23. sorular), hesaplamada kullanma (Başarı Sınavı 10. soru) ve korunumu dikkate alma (Başarı Sınavı 22b ve 22c soruları) durumları dikkate alınmıştır.

Başarı sınavlarının analiz sonuçlarına göre öğrencilerin enerji korunumu ile ilgili verdikleri cevapların nitelikleri Tablo 72’de sunulmuştur.

Tablo 72. Öğrencilerin EK pratik anlama cevaplarının nitelikleri*

İnceleme Konusu	Başarı sınavı		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Korunumu belirleme	Ön	f	6	20	20	22
		%	8,8	29,4	29,4	32,4
	Son	f	48	19	-	1
		%	70,6	27,9	-	1,5
Korunduğunu gösterme	Ön	f	-	5	19	44
		%	-	7,4	27,9	64,7
	Son	f	14	47	3	4
		%	20,6	69,1	4,4	5,9

Tablo 72'nin devamı

Hesaplama kullanma	Ön	f	-	7	11	50
		%	-	10,3	16,2	73,5
	Son	f	30	16	13	9
		%	44,1	23,5	19,1	13,2
Korunumu dikkate alma	Ön	f	-	14	36	18
		%	-	20,6	52,9	26,5
	Son	f	26	35	4	3
		%	38,2	51,5	5,9	4,4

* Hangi öğrencinin hangi kategoride sınıflandırıldığına ilişkin detaylar CD'de Ek-11'de verilmiştir.

Tablo 72'de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre sadece korunumunu belirleme noktasında 6 öğrencinin (%8,8) doğru cevap verdiği belirlenmiştir. 20 öğrencinin (%29,4) korunumu belirleme, 5 öğrencinin (%7,4) korunduğunu gösterme, 7 öğrencinin (%10,3) hesaplamada kullanma ve 14 öğrencinin (%20,6) korunumu dikkate alma sorularına kısmen doğru bilgiler verdiği görülmüştür. 20 öğrencinin (%29,4) korunumu belirleme, 19 öğrencinin (%27,9) korunduğunu gösterme, 11 öğrencinin (%16,2) hesaplamada kullanma ve 36 öğrencinin (%52,9) korunumu dikkate alma sorularına yanlış cevaplar verdiği tespit edilmiştir. 22 öğrencinin (%32,4) korunumu belirleme, 44 öğrencinin (%64,7) korunduğunu gösterme, 50 öğrencinin (%73,5) hesaplamada kullanma ve 18 öğrencinin (%26,5) korunumu dikkate alma ile ilgili soruları cevapsız/anlamsız bıraktıkları anlaşılmıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 48 öğrencinin (%70,6) korunumu belirleme, 14 öğrencinin (%20,6) korunduğunu gösterme, 30 öğrencinin (%44,1) hesaplamada kullanma ve 26 öğrencinin (%38,2) korunumu dikkate alma sorularına doğru cevap verdiği belirlenmiştir. 19 öğrencinin (%27,9) korunumu belirleme, 47 öğrencinin (%69,1) korunduğunu gösterme, 16 öğrencinin (%23,5) hesaplamada kullanma ve 35 öğrencinin (%51,5) korunumu dikkate alma sorularına kısmen doğru cevaplar verdiği görülmüştür. 3 öğrencinin (%4,4) korunduğunu gösterme, 13 öğrencinin (%19,1) hesaplamada kullanma ve 4 öğrencinin (%5,9) korunumu dikkate alma noktalarında yanlış cevaplar verdiği tespit edilmiştir. Korunumunu belirleme noktasındaysa hiçbir öğrencinin yanlış cevap vermediği görülmüştür. 1 öğrencinin (%1,5) korunumu belirleme, 4 öğrencinin (%5,9) korunduğunu gösterme, 9 öğrencinin (%13,2) hesaplamada kullanma ve 3 öğrencinin (%4,4) korunumu dikkate alma ile ilgili soruları cevapsız/anlamsız bıraktıkları anlaşılmıştır.

Ön ve son başarı sınavları cevaplarının analizi sonucu enerji korunumuyla ilgili alternatif fikirler içerdiği tespit edilen öğrenciler Tablo 73'de sunulmuştur.

Tablo 73. EK pratik anlaması için alternatif fikir içeren öğrenci cevapları

		Alternatif Fikir İçeren Cevaplar	Ön başarı sınavı	Yüzde	Son başarı sınavı	Yüzde
Korunumu belirleme	A şıkta	Cismin enerjisi korunur. Çünkü cisme etkiyen kuvvet onu belirli bir x mesafesine götürmüştür.	2, 16, 18, 70	5,9	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Bir süre sonra cisme uygulanan kuvvet bitmiştir.	17, 35, 52	4,4	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü cisim durmuş enerjisi kalmamıştır.	10	1,5	-	-
	B şıkta	Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü başlangıçta belli bir kinetik enerjiyle başlayan cisim sonunda belli bir yol almıştır. Bu konum değişikliğinde enerji korunumu olmamıştır.	4, 6, 19, 21, 32	7,4	-	-
		Cismin enerjisi korunmuştur. Çünkü enerjide vektörel olduğu için yön önemlidir. Bu nedenle 0-t ₁ , t ₁ -t ₂ , t ₂ -t ₃ ve t ₃ -t ₄ aralıkları birbirlerinin enerjisini sıfırlar. Yani burada enerji korunmuş olur.	8, 15, 16, 18, 70	7,4	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü ilk başladığı noktada değildir.	17, 58	2,9	-	-
	C şıkta	Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü harcanan enerji fazladır.	8	1,5	-	-
		Cismin enerjisi korunur. Çünkü cisim durmamış.	10	1,5	-	-
		Cismin enerjisi korunur. Çünkü sürtünmesiz yüzey olduğu için enerji korunur.	16, 18, 70	4,4	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü ilk başladığı noktada değildir.	58	1,5	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü cisim hızını artırarak potansiyel enerjisinin bir miktarını kinetiğe çevirmiş ama potansiyel enerji değeri değişmemiş.	5	1,5	-	-
	D şıkta	Cismin enerjisi korunur. Çünkü cisim ters yönde hareket edip başlangıçtaki noktaya geri dönüyor. Değişmez.	4	1,5	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü sabit hızla ilerlediği zaman aralıklarından dolayı enerji korunmamıştır.	8	1,5	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü cisim durmuş enerjisi kalmamıştır.	10, 16, 18, 35	5,9	-	-
		Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü başlangıçta ilk hızsız başlayan cisim sonunda belli bir yol alarak hızı sıfır olmuştur. Burada kinetik enerjiye olmuştur. Enerji korunmaz.	6, 13, 19, 21	5,9	-	-
Cismin enerjisi korunmaz. Çünkü ilk başladığı noktada değildir.		58	1,5	-	-	
Korunduğunu gösterme	...özetle, B cisimi 0 bir enerjiyle başlayıp E gibi bir enerjiyle yoluna devam ediyor. E _{ilk} <E _{son} 'dur.	7, 25	2,9	-	-	
	A cisminin sahip olduğu potansiyel enerjisi y ₂ noktasına gelene kadar sıfırlandığından durmuştur.	11, 14	2,9	-	-	
	B'de sürtünme olduğu için hareketine durmadan devam eder. Çünkü enerjisi vardır.	61	1,5	-	-	
	B'de tel ile madde arasında sürekli bir enerji alışverişi olduğundan cisim durmamaktadır.	72	1,5	-	-	
Korunumu dikkate alma	Cismin A, B ve C konumlarında toplam enerjisinin eşit olduğunu belirtenler.	39, 41, 50, 56, 67	7,4	24, 63	2,9	
	Cismin toplam enerjisinin sırasıyla C, B ve A konumlarında daha fazla olduğunu belirtenler.	62, 65, 69	4,4	-	-	
	Cismin toplam enerjisinin sırasıyla B, C ve A konumlarında daha fazla olduğunu belirtenler.	72	1,5	-	-	
	Suyun A, B ve C konumlarında toplam enerjisinin eşit olduğunu belirtenler.	38, 39, 50, 56, 67	7,4	24, 63	2,9	
	Suyun toplam enerjisinin sırasıyla A, B ve C konumlarında daha fazla olduğunu belirtenler.	42, 62, 65, 69, 71	7,4	-	-	
	Suyun toplam enerjisinin sırasıyla B, C ve A konumlarında daha fazla olduğunu belirtenler.	51	1,5	-	-	
	Enerji sıvı basıncına dönüştü.	3	1,5	-	-	
	Kinetik ve sürtünme enerjisine dönüştü.	42	1,5	-	-	
	Enerji pistonu aktarılmıştır.	31	1,5	-	-	
B ve C durumlarında kinetik enerjiye dönüşmüştür.	41, 50, 56, 63	5,9	-	-		

Tablo 73'de sunulan alternatif fikir içeren öğrenci cevapları incelendiğinde, ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 18 öğrencinin (%26,5) enerji korunumunu belirleme, 6 öğrencinin (%8,8) enerjinin korunduğunu gösterme ve 17 öğrencinin (%25) enerjinin korunduğunu dikkate alma durumlarını açıklamada alternatif fikirler içeren cevaplar

verdiği tespit edilmiştir. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 2 öğrencinin (%2,9) enerjinin korunduğunu göstermede alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği görülmüştür.

Öğrencilerin ön ve son başarı sınavları analiz sonuçlarına göre enerji korunumu pratik anlama seviyeleri Tablo 74’de sunulmuştur.

Tablo 74. Öğrencilerin EK için pratik anlama seviyeleri

Ön Başarı Sınavı Anlama Seviyesi			Son Başarı sınavı Anlama Seviyesi					
Kod	Öğrenci		AY [0]	KA [1]	TA [2]	TeA [3]	KBA [4]	BA [5]
	No	Toplam						
AY [0]	26, 36, 43, 60, 66	5	-	-	26		36, 43	60, 66
KA [1]	2, 3, 7, 11, 18, 24, 28, 31, 35, 38, 39, 45, 46, 51, 53, 55, 56, 57, 59, 61, 65, 68, 70, 71	24	-	-	24, 38, 53, 55, 57, 61, 68	11, 35, 56, 65	2, 3, 18, 28, 39, 45, 46, 51, 59, 70	7, 31, 71
TA [2]	1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 25, 27, 30, 32, 33, 34, 37, 40, 41, 42, 47, 48, 50, 52, 58, 62, 63, 67, 69, 72	36	-	-	17, 25, 30, 33, 34, 41, 47, 48, 52, 63	40, 62	1, 4, 6, 8, 9, 10, 14, 19, 20, 21, 27, 37, 42, 50, 58, 67, 69, 72	5, 13, 15, 16, 23, 32
TeA [3]	12, 22, 44	3	-	-	-	-	22, 44	12
Toplam	68		-	-	18	6	32	12
			68					

Tablo 74’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre AY seviyesinde 5 öğrencinin (%7,4), KA seviyesinde 24 öğrencinin (%35,3), TA seviyesinde 36 öğrencinin (%52,9) ve TeA seviyesinde 3 öğrencinin (%4,4) sınıflandığı tespit edilmiştir. KBA ve BA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre TA seviyesinde 18 öğrencinin (%26,5), TeA seviyesinde 6 öğrencinin (%8,8), KBA seviyesinde 32 öğrencinin (%47,1) ve BA seviyesinde 12 öğrencinin (%17,6) sınıflandığı tespit edilmiştir. AY ve KA seviyelerinde öğrenci sınıflandırılmamıştır.

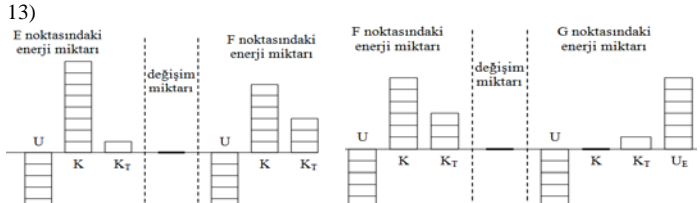
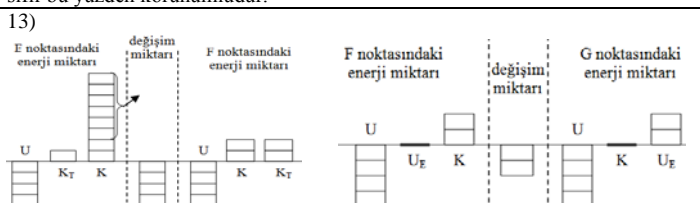
Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön başarı sınavı analizinde AY seviyesinde sınıflandırılan 5 öğrenciden 1’inin TA, 2’sinin KBA ve 2’sinin BA seviyesine yükseldikleri belirlenmiştir. KA seviyesinde sınıflandırılan 24 öğrenciden 7’sinin TA, 4’ünün TeA, 10’unun KBA ve 3’ünün BA seviyelerine yükseldikleri belirlenmiştir. TA seviyesinde sınıflandırılan 36 öğrenciden 10’unun yine TA seviyesinde sınıflandırıldığı, 2’sinin TeA, 18’inin KBA ve 6’sının BA seviyelerine yükseldikleri tespit edilmiştir. TeA seviyesinde sınıflandırılan 3 öğrenciden 2’sinin KBA ve 1’inin BA seviyesine yükseldiği görülmüştür.

Belirlenen anlama seviyeleriyle ilgili örnek öğrenci cevapları Tablo 75’de verilmiştir.

Tablo 75. Öğrencilerin EK pratik anlama seviyeleri için örnek cevapları

Seviye	Başarı sınavı		Öğrenci	İnceleme Konusu	Öğrenci Cevabı
	Ön	Son			
KA [1]	X		28	Korunumu belirleme	C cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü başlangıçta cisim duruyorken enerjisi sıfırdı. En son hızı V olduğu için belli bir kinetik enerjiye sahip olacağı için enerjisi korunmaz.
				Korunduğunu gösterme	---
				Hesaplama kullanma	$E_{PA} - f_{s[EF]} = \frac{1}{2}kx^2 \rightarrow m \cdot g \cdot h_1 - \mu EF = \frac{1}{2}kx^2$ $5 \cdot 10 \cdot 80 - 0,5 \cdot 120 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot x^2$ $4000 - 60 = 25x^2 \rightarrow 3940 = 25x^2 \rightarrow x = \sqrt{\frac{39,0}{25}}$
				Korunumu dikkate alma	---
TA [2]	X		17	Korunumu belirleme	A cisminin enerjisi korunur. Çünkü + ve - işaretlerin toplamı birbirine eşittir. B cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü + ve - işaretlerin toplamı birbirine eşit değildir. C cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü + ve - işaretlerin toplamı birbirine eşit değildir. D cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü + ve - işaretlerin toplamı birbirine eşit değildir.
				Korunduğunu gösterme	---
				Hesaplama kullanma	---
				Korunumu dikkate alma	22b) cisim A>B>C; su A>B>C 22c) azalır. Çünkü potansiyel enerji mgh'tir. h azalacağından dolayı enerjide azalır.
	X		21	Korunumu belirleme	A cisminin enerjisi korunur. Çünkü yaptığı yer değiştirme sıfır. B cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü başlangıç hızıyla son hız farklı yer değiştirme sıfır değil. C cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü yapmış olduğu hareket hız değişimi var. Yer değiştirme sıfır değil. D cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü yer değiştirme sıfır değil.
				Korunduğunu gösterme	23) $m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2}mV_s^2 \rightarrow h_1 > h_2$ olduğu için PE'de azalma var.
				Hesaplama kullanma	$F - F_s = m \cdot g - k \cdot N \rightarrow 50 - \frac{1}{2} \cdot 50 = 25F$
				Korunumu dikkate alma	22b) cismin B>C>A; suyun C>B>A 22c) B ve C durumlarında cismin h'ında azalma olduğu için PE azalır.
	X		17	Korunumu belirleme	A cisminin enerjisi korunur. Çünkü $V_0=V_{son}$ olduğu için. B cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü $V_0 \neq V_{son}$ olduğu için. C cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü $V_0 \neq V_{son}$ olduğu için. D cisminin enerjisi korunur. Çünkü $V_0=V_{son}$ olduğu için.
				Korunduğunu gösterme	<p>13)</p> <p>23) B cisminde yaydan ve V hızından kaynaklanan esneklik potansiyel enerjisi ve kinetik enerjisi vardır. Sürekli birbirine dönüştürerek hareketin devamını sağlar. A cismi harekete başladığında kinetik enerjisi olacaktır. Ancak dengeye geldiği anda duracaktır. Enerji aktarımı olmadığından A cismi hareketine devam edemez.</p>
				Hesaplama kullanma	$mgh = \frac{1}{2}kx^2 \rightarrow 50 \cdot 10 \cdot 50 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot x^2 \rightarrow x^2 = 1000 \rightarrow x = 10\sqrt{10}m$
				Korunumu dikkate alma	22b) $A_C=B_C=C_C$; $A_S=B_S=C_S$ Çünkü enerji korunumu vardır. Enerji birbirine dönüştürülmüştür ancak kaybolmamıştır. Bu yüzden tüm konumlarda enerjiler birbirine eşittir. 22c) cismin A konumundaki yerçekimi potansiyel enerjisinin bir kısmı B ve C durumlarında kinetik enerjiye dönüştürülür.
TeA [3]	X		12	Korunumu belirleme	A cisminin enerjisi korunur. Çünkü ilk hızız başlamıştı belli bir enerji kazandı ve yine ilk konumuna geldi. B cismin enerjisi korunur. Çünkü belli bir hızla hareketine başladı ve ters yönde de olsa yine bu hızla hareketine devam etti. C cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü ilk hızız başlamıştı enerji kazanıp kaybetti ve sabit bir enerjiyle yoluna devam etti. Enerjisini ilk konumuna göre koruyamadı. D cisminin enerjisi korunur. Çünkü ilk hızına tekrar düştüğü için.
				Korunduğunu gösterme	---

Tablo 75'in devamı

TeA [3]	X		12	Hesaplama kullanma	---	
			Korunumu dikkate alma	---		
	X	14	Korunumu belirleme	A ve B cisimlerinin enerjisi korunur. Çünkü harcanan kinetik enerji kazanılan kinetik enerjiye eşittir. C cisminin kinetik enerjisi korunmaz. Çünkü kinetik enerji kazanmıştır. D cisminin kinetik enerjisi korunur. Çünkü kinetik enerji yok. $V_1=V_2=0$.		
			Korunduğunu gösterme	23) B cismi durmadan hareketine devam ediyorsa yüzey sürtünmesiz demektir. A'da ise havanın sürtünme kuvveti dikkate alınmıştır.		
			Hesaplama kullanma	---		
Korunumu dikkate alma	22b) cisim için $A>B>C$, su için $A<B<C$ 22c) yer çekimi potansiyel enerjisi B ve C durumlarında kinetik enerjiye dönüşerek enerji korunmuştur.					
KBA [4]		X	13	Korunumu belirleme	A cisminin enerjisi korunur. Çünkü $\Delta E_{Mek}=0$. Cismin ilk enerjisi yoktu. Sonunda yok. Yani $E_i=E_s$. B cisminin enerjisi korunur. Çünkü $\Delta E_{Mek}=0$. Cismin başlangıçta $\frac{1}{2}mV^2$ lik bir kinetik enerjisi var. Sonunda yine $\frac{1}{2}mV^2$ lik bir kinetik enerjisi var. Yani $E_i=E_s$ olduğundan enerji korunur. C cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü $\Delta E_{Mek} \neq 0$. Cismin başlangıçta hızı olmadığı için kinetik enerjisi yoktu. Sonunda ise $\frac{1}{2}mV^2$ lik bir kinetik enerjisi var. $E_i=E_s$ olduğu için enerji korunmaz. Cismin enerjisi korunur. Çünkü $\Delta E_{Mek}=0$. Cismin başlangıçta hızı olmadığı için kinetik enerjisi yoktu. Sonunda ise yine hızı olmadığı için yine kinetik enerjisi olmaz. Yani $E_i=E_s=0$ olduğundan enerji korunur.	
				Korunduğunu gösterme	 <p>23) B cisminin başlangıçta sahip olduğu esneklik potansiyel enerjisi x_1'den x_2'ye geldiğinden kinetik enerjiye dönüşür. Bu kinetik enerji x_2'den x_3 konumuna geldiğinde esneklik potansiyel enerjisine dönüşür. Yani enerji hep dönüşüm içerisinde olduğu için cisim durmadan hareketine devam eder.</p>	
				Hesaplama kullanma	$E_i = E_s$ $mgh_i - w_s = \frac{1}{2}kx^2 + mgh_s \rightarrow mgh_i - f_s \cdot EF = \frac{1}{2}kx^2 + mgh_s$ $50 \cdot 10 \cdot 30 - 250 \cdot 120 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot x^2 + 50 \cdot 10 \cdot (-50)$ $15.000 - 30.000 = 25x^2 - 25.000$ $x = 20m$	
				Korunumu dikkate alma	22b) Cisim için $U_A>U_B>U_C$; su için $K_{TA}<K_{TB}<K_{TC}$	
BA [5]		X	12	Korunumu belirleme	A cisminin enerjisi korunur. Çünkü ilk durumda hızı sıfırdı, eksi yönde hızlandı, daha sonra tekrar pozitif yönde hızlanıp hızını 0 yaptı. B cisminin enerjisi korunur. Çünkü ilk durumda hızı V ve son durumda da hızı V olduğu için enerji değeri korunmuştur. C cisminin enerjisi korunmaz. Çünkü ilk durumda hızı sıfırdı ama daha sonra sabit hızda yoluna devam etti ve hızı V oldu. Bu yüzden Korunumlu değildir. D cisminin enerjisi korunur. Çünkü ilk hızı sıfırdı, son durumda da hızı sıfır bu yüzden korunumludur.	
				Korunduğunu gösterme	 <p>23) B cisminin ilk ve son konumları arasındaki enerjisi enerji korunur, eşittir. Çünkü cismin ileri-geri hareketine aynen devam etmesi ortamın sürtünmesiz olduğunu gösterir. $U_E = \frac{1}{2}kx^2 \rightarrow \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mV^2$</p> <p>A cisminin y_2'de cismin hızından dolayı sahip olduğu kinetik enerji ve yüksekliğinden dolayı yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. A cisminin durması ortamın sürtünmeli olması ile açıklanır. Yerçekimi potansiyel enerjisinin bir kısmı hava sürtünmesi nedeniyle hava moleküllerine aktarılır. Bu aktarım değeri y_1 ve y_2 konumlarındaki yerçekimi potansiyel enerji farkına eşittir.</p>	

Tablo 75'in devamı

BA [5]	X	12	Hesaplama kullanma	$mgh = -mgh_2 + kmgx + \frac{1}{2}kx^2$ $50 \cdot 10 \cdot 30 = -50 \cdot 10 \cdot 50 + \frac{5}{10} \cdot 50 \cdot 10 \cdot 120 + \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot x^2$ $300 = -500 + 600 + \frac{1}{2}x^2$ $x = 20m$
			Korunumu dikkate alma	<p>22b) Suyun ilk durumda sahip olduğu termal enerji son durumda cismin suyu sıkıştırması ve moleküllerden dolayı sahip olduğu enerjiyi artırmıştır.</p> $C_{su} > B_{su} > A_{su} \quad A_{cisim} > B_{cisim} > C_{cisim}$ <p>22c) Cismin A konumundaki potansiyel enerjisi B ve C'de suyu sıkıştırarak suyun ilk durumda moleküllerinden dolayı sahip olduğu termal enerjisini artırmıştır. Yani termal enerjiye dönüşmüştür. Su sıkıştıkça moleküllerin titreşimi artmıştır ve bu yüzden de termal (iç) enerjisi artmıştır.</p>

3.1.2. Öğrenci Zihinsel Modelleri

Enerji konusuna ilişkin genel zihinsel modellerinin belirlenmesinde öncelikle öğrencilerin EİK, ET, ESİ, EA ve EK alt konuları için zihinsel modelleri ortaya çıkarılmıştır. Bunun için öğrencilerin anlama seviyeleri dikkate alınmıştır. Alt konular için belirlenen zihinsel modellerden hareketle de öğrencilerin enerji konusuna ilişkin genel zihinsel modelleri tespit edilmiş olup elde edilen bulgular bu çerçevede sunulmuştur.

3.1.2.1. Enerji Kavramı Alt Konu Alanları İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri

Enerji konusu alt konu alanlarına yönelik zihinsel modeller öğrencilerin bu konuyla ilgili teorik ve pratik anlama seviyeleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Öğrenci zihinsel modelleri alt konu alanları için aşağıda sırasıyla verilmiştir.

3.1.2.1.1. EİK İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri

Öğrencilerin EİK ile ilgili zihinsel modelleri, ön ve son başarı sınavları analizleri doğrultusunda elde edilen modeller ve bu modellerin karşılaştırılması sırasıyla sunulmuştur. Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön zihinsel modelleri Tablo 76'de sunulmuştur.

Tablo 76. EİK için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
Uyumsuz Model	2	2	1, 3, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 40, 42, 46, 47, 51, 52, 53, 56, 58, 59, 60, 63, 69, 71, 72	34	59	86,8
	2	1	57	1		
	2	0	36, 45	2		
	1	2	2, 4, 33, 34, 35, 38, 39, 41, 48, 50, 55, 61, 62, 70	14		
	1	1	68	1		
	1	0	37, 65	2		
	0	2	8, 18, 30, 43	4		
	0	0	28	1		
İlkel Model	3	2	5, 6, 7, 10, 17, 67	6	9	13,2
	2	3	27	1		
	1	3	44, 66	2		

Tablo 76’da görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci ön modelleri, uyumsuz ve ilkel modeller olmak üzere iki modelden oluşmaktadır. Buna göre 59 öğrenci (%86,8) uyumsuz modele 9 öğrenci (%13,2) ilkel modele sahiptir.

Öğrencilerin son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre son zihinsel modelleri Tablo 77’de sunulmuştur.

Tablo 77. EİK için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
Uyumsuz Model	2	2	30, 35	2	2,9	
İlkel Model	3	2	41, 43, 55, 70, 71	5	7,4	
Pratik Model	2	4	42	1	1,5	
Teorik Model	5	2	3, 9, 12, 13, 17, 20, 21, 24, 40, 68, 69	11	16	23,5
	4	2	2, 31, 33, 38, 72	5		
Temel Model	3	3	14, 45, 46, 58, 61, 62	6	8,8	
Geçiş Modeli	4	4	5, 11, 28, 52, 53	5	14	20,6
	4	3	10, 19, 26, 32, 56, 59	6		
	3	4	16, 25, 44	3		
Baskın model	5	3	1, 4, 36, 37, 63, 67	6	8,8	
Bilimsel Model	5	5	8, 23, 47, 50, 51, 66	6	18	26,5
	5	4	6, 15, 18, 22, 39, 48, 57, 65	8		
	4	5	7, 27, 34, 60	4		

Tablo 77’de sunulduğu gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci son modelleri, uyumsuz, ilkel, pratik, teorik, temel, geçiş, baskın ve bilimsel modeller olmak üzere sekiz model çeşidinden oluşmaktadır. 2 öğrenci (%2,9) uyumsuz, 5 öğrenci (%7,4) ilkel, 1 öğrenci (%1,5) pratik, 16 öğrenci (%23,5) teorik, 6 öğrenci (%8,8) temel, 14

öğrenci (%20,6) geçiş, 6 öğrenci (%8,8) baskın ve 18 öğrenci (%26,5) bilimsel modele sahiptir.

Öğrencilerin ön ve son zihinsel modellerine ait karşılaştırma Tablo 78’de sunulmuştur.

Tablo 78. EİK için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması

Ön Zihinsel Model			Son Zihinsel Model							
	Öğrenci	Toplam	UM	İM	PM	TM	TeM	GM	BM	BiM
UM	1, 2, 3, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 71, 72	59	30, 35	41, 43, 55, 70, 71	42	2, 3, 9, 12, 13, 20, 21, 24, 31, 33, 38, 40, 68, 69, 72	14, 45, 46, 58, 61, 62	11, 16, 19, 25, 26, 28, 32, 52, 53, 56, 59	1, 4, 36, 37, 63	8, 15, 18, 22, 23, 34, 39, 47, 48, 50, 51, 57, 65, 60
İM	5, 6, 7, 10, 17, 27, 44, 66, 67	9	-	-	-	17	-	5, 10, 44	67	6, 7, 27, 66
Toplam		68	2	5	1	16	6	14	6	18
			68							

Tablo 78’de görüldüğü gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 68 öğrenciden 66’sının (%97,1) ön modellerinde değişim gerçekleşmiştir. Ön başarı sınavı analizine göre uyumsuz model sınıfında değerlendirilen 59 öğrenciden 2’sinin yine uyumsuz model sınıfında kaldığı, 5’inin ilkel, 1’inin pratik, 15’inin teorik, 6’sının temel, 11’inin geçiş, 5’inin baskın ve 14’ünün bilimsel model olarak değiştiği belirlenmiştir. Ön modeli ilkel model olan 9 öğrenciye ait son modellerin, 1’inin teorik, 3’ünün geçiş, 1’inin baskın ve 4’ünün bilimsel model olacak şekilde dağılım gösterdiği ortaya çıkmıştır.

3.1.2.1.2. ET İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri

Öğrencilerin ET ile ilgili zihinsel modelleri, ön ve son başarı sınavları analizleri doğrultusunda elde edilen modeller ve bu modellerin karşılaştırılması sırasıyla sunulmuştur. Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön zihinsel modelleri Tablo 79’de sunulmuştur.

Tablo 79. ET için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam		Yüzde
	TAS	PAS				
UM	2	2	1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 23, 27, 31, 33, 35, 38, 41, 47, 52, 53, 57, 59, 61, 67, 71, 72	31	53	77,9
	2	0	44	1		
	1	2	55, 58, 70	3		
	0	2	6, 18, 20, 22, 25, 30, 32, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 62, 63, 66, 68, 69	18		
İM	3	2	4, 19, 24, 28, 34, 36, 50, 56, 60, 65	10	14	20,6
	3	1	51	1		
	3	0	48	1		
	2	3	46	1		
	0	3	2	1		
TeM	3	3	26	1		1,5

Tablo 79’da görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci ön modelleri, uyumsuz ilkel ve temel modeller olmak üzere üç modelden oluşmaktadır. Uyumsuz model kategorisinde 53 öğrenci (%77,9), ilkel model kategorisinde 14 öğrenci (%20,6) ve temel model kategorisinde 1 öğrenci (%1,5) mevcuttur.

Öğrencilerin son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre son zihinsel modelleri Tablo 80’de sunulmuştur.

Tablo 80. ET için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam		Yüzde
	TAS	PAS				
UM	2	2	44, 55	2		2,9
İM	3	2	30, 31, 42	3	8	11,8
	2	3	32, 41	2		
	2	4	19, 25, 35	3		
TM	5	2	5, 10, 22	3	4	5,9
	4	2	7	1		
TeM	3	3	14, 16, 38, 43, 45, 56, 58, 59, 63, 66	10		14,7
GM	4	4	1, 2, 8, 15, 37, 40, 47, 53, 57, 60, 61, 62, 67, 68, 70	15	18	26,5
	4	3	34	1		
	3	4	3, 17	2		
BM	5	3	12, 33, 69	3	5	7,4
	3	5	4, 28	2		
BiM	5	5	13, 27, 36, 39, 46, 48, 50, 51, 52, 65, 71, 72	12	21	30,9
	5	4	6, 9, 11, 18, 20, 21, 23, 24	8		
	4	5	26	1		

Tablo 80’de son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci son modelleri, uyumsuz, ilkel, teorik, temel, geçiş, baskın ve bilimsel modeller olmak üzere yedi modelden oluştuğu görülmektedir. Buna göre 2 öğrenci (%2,9) uyumsuz modele, 8 öğrenci (%11,8) ilkel

modele, 4 öğrenci (%5,9) teorik modele, 10 öğrenci (%14,7) temel modele, 18 öğrenci (%26,5) geçiş modeline, 5 öğrenci (%7,4) baskın modele ve 21 öğrenci (%30,9) bilimsel modele sahiptir.

Öğrencilerin ön ve son zihinsel modellerine ait karşılaştırma Tablo 81’de sunulmuştur.

Tablo 81. ET için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması

Ön Zihinsel Model			Son Zihinsel Model							
	Öğrenci	Toplam	UM	İM	PM	TM	TeM	GM	BM	BiM
UM	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	53	44, 55	25, 30, 31, 32, 35, 41, 42	-	5, 7, 10, 22	14, 16, 38, 43, 45, 58, 59, 63, 66	1, 3, 8, 15, 17, 37, 40, 47, 53, 57, 61, 62, 67, 68, 70	12, 33, 69	6, 9, 11, 13, 18, 20, 21, 23, 27, 39, 52, 71, 72
İM	2, 4, 19, 24, 28, 34, 36, 46, 48, 50, 51, 56, 60, 65	14	-	19	-	-	56	2, 34, 60	4, 28	24, 36, 46, 48, 50, 51, 65
TeM	26	1	-	-	-	-	-	-	-	26
Toplam		68	2	8	-	4	10	18	5	21
			68							

Tablo 81’de görüldüğü gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 68 öğrenciden 65’inin (% 95,6) ön modellerinde değişim gerçekleşmiştir. Ön başarı sınavı analizine göre uyumsuz model sınıfında değerlendirilen 53 öğrenciden 2’sinin yine uyumsuz model sınıfında kaldığı, 7’sinin ilkel, 4’ünün teorik, 9’unun temel, 15’inin geçiş, 3’ünün baskın ve 13’ünün bilimsel model olarak değiştiği belirlenmiştir. Ön modeli ilkel model olan 14 öğrenci arasından 1’inin yine ilkel model seviyesinde kaldığı, 1’inin temel, 3’ünün geçiş, 2’sinin baskın ve 7’sinin bilimsel model olacak şekilde değişim gösterdiği bulunmuştur. Ön modeli temel model olan öğrencinin de son modeli bilimsel model olarak değişim göstermiştir.

3.1.2.1.3. ESİ için Öğrenci Zihinsel Modelleri

Öğrencilerin ESİ ile ilgili zihinsel modelleri, ön ve son başarı sınavları analizleri doğrultusunda elde edilen modeller ve bu modellerin karşılaştırılması sırasıyla sunulmuştur. Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön zihinsel modelleri Tablo 82’de sunulmuştur.

Tablo 82. ESİ için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
UM	2	2	4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 24, 25, 27, 34, 71	14	56	82,3
	2	1	20	1		
	2	0	62	1		
	1	2	3, 5, 7, 17, 19, 21, 22, 50, 51, 61	10		
	0	2	1, 2, 15, 23, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 45, 48, 53, 55, 59, 60, 65, 66, 69, 70	25		
	0	1	14, 18, 26, 40, 68	5		
İM	3	2	39, 43, 47, 56, 57, 58, 63, 67, 72	9	11	16,2
	3	0	44	1		
	1	3	52	1		
TM	4	2	46	1		1,5

Tablo 82’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci ön zihinsel modelleri, uyumsuz ilkel ve teorik modeller olmak üzere üç modelden oluşmaktadır. Uyumsuz model kategorisinde 56 öğrenci (%82,3), ilkel model kategorisinde 11 öğrenci (%16,2) ve teorik model kategorisinde 1 öğrenci (%1,5) mevcuttur.

Öğrencilerin son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre son zihinsel modelleri Tablo 83’de sunulmuştur.

Tablo 83. ESİ için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
UM	2	2	11, 33, 35	3	4,4	
İM	3	2	1, 3, 14, 19, 27, 30, 34, 44, 46, 52, 61, 67, 70	13	14	20,6
	0	3	40	1		
PM	2	5	71	1	4	5,9
	0	5	24, 57	2		
	0	4	7	1		
TM	5	2	56	1	7	10,3
	4	2	5, 16, 38, 42, 55, 65	6		
TeM	3	3	37, 41, 45, 48, 62	5		7,4
GM	4	4	43	1	16	23,5
	4	3	4, 10, 13, 17, 23, 68	6		
	3	4	6, 8, 21, 25, 36, 53, 58, 59, 72	9		
BM	3	5	15, 26, 31, 32, 51, 66	6		8,8
BiM	5	5	18, 22, 50, 69	4	13	19,1
	5	4	2, 12	2		
	4	5	9, 20, 28, 39, 47, 60, 63	7		

Tablo 83’de son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci son modelleri, uyumsuz, ilkel, pratik, teorik, temel, geçiş, baskın ve bilimsel modeller olmak üzere sekiz modelden oluştuğu görülmektedir. Buna göre 3 öğrenci (%4,4) uyumsuz modele, 14 öğrenci (%20,6) ilkel modele, 4 öğrenci (%5,9) pratik modele, 7 öğrenci (%10,3) teorik modele, 5 öğrenci (%7,4) temel modele, 16 öğrenci (%23,5) geçiş modeline, 6 öğrenci (%8,8) baskın modele ve 13 öğrenci (%19,1) bilimsel modele sahiptir.

Öğrencilerin ön ve son zihinsel modellerine ait karşılaştırma Tablo 84’de sunulmuştur.

Tablo 84. ESİ için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması

Ön Zihinsel Model			Son Zihinsel Model							
	Öğrenci	Toplam	UM	İM	PM	TM	TeM	GM	BM	BiM
UM	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 45, 48, 50, 51, 53, 55, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 68, 69, 70, 71	56	11, 33, 35	1, 3, 14, 19, 27, 30, 34, 40, 61, 70	7, 24, 71	5, 16, 38, 42, 55, 65	37, 41, 45, 48, 62	4, 6, 8, 10, 13, 17, 21, 23, 25, 36, 53, 59, 68	15, 26, 31, 32, 51, 66	2, 9, 12, 18, 20, 22, 28, 50, 60, 69
İM	39, 43, 44, 47, 52, 56, 57, 58, 63, 67, 72	11	-	44, 52, 67	57	56	-	43, 58, 72	-	39, 47, 63
TM	46	1	-	46	-	-	-	-	-	-
Toplam		68	3	14	4	7	5	16	6	13
68										

Tablo 84’de görüldüğü gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 68 öğrenciden 62’sinin (% 95,6) ön modellerinde değişim gerçekleşmiştir. Değişim gösteren 61 öğrenciden 60’ında olumlu yönde 1’inde olumsuz yönde değişim olduğu tabloda görülmektedir. Ön başarı sınavı analizine göre uyumsuz model sınıfında değerlendirilen 56 öğrenciden 3’ünün yine uyumsuz model sınıfında kaldığı, 10’unun ilkel, 3’ünün pratik, 6’sının teorik, 5’inin temel, 13’ünün geçiş, 6’sının baskın ve 10’unun bilimsel model olarak değiştiği belirlenmiştir. Ön modeli ilkel model olan 11 öğrenci arasından 3’ünün yine ilkel model seviyesinde kaldığı, 1’inin pratik, 1’inin teorik, 3’ünün geçiş ve 3’ünün bilimsel model olacak şekilde değişim gösterdiği bulunmuştur. Ön modeli teorik model olan öğrencinin de son modeli ilkel model olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

3.1.2.1.4. EA İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri

Öğrencilerin EA ile ilgili zihinsel modelleri, ön ve son başarı sınavları analizleri doğrultusunda elde edilen modeller ve bu modellerin karşılaştırılması sırasıyla sunulmuştur. Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön zihinsel modelleri Tablo 85’da sunulmuştur.

Tablo 85. EA için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
UM	2	2	3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 26, 33, 35, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 55, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 70, 71	39	62	91,2
	2	1	7, 9, 23, 34, 36, 38, 40, 52, 53, 65	10		
	1	2	13, 24, 30, 31, 37, 46, 57, 58, 69	9		
	1	1	19, 56	2		
	0	2	1	1		
	0	1	28	1		
İM	3	2	72	1	6	8,8
	2	3	2, 12, 27, 66	4		
	1	3	32	1		

Tablo 85’da görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön modeller, uyumsuz ve ilkel modeller olmak üzere iki modelden oluşmaktadır. Uyumsuz model kategorisinde 62 öğrenci (%91,2) ve ilkel model kategorisinde 6 öğrenci (%8,8) mevcuttur.

Öğrencilerin son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre son zihinsel modelleri Tablo 86’da sunulmuştur.

Tablo 86. EA için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
UM	2	2	30, 31	2	2,9	
İM	3	2	21, 40, 41, 43	4	5,9	
PM	2	4	10, 35, 44, 56	4	5,9	
TM	5	2	9,13, 24, 38, 69, 71	6	13	19,1
	4	2	12, 17, 27, 55, 68, 70, 72	7		
TeM	3	3	61	1	1,5	
GM	4	4	2, 3, 6, 14, 16, 20, 28, 33, 46, 48, 53, 57, 62	13	20	29,4
	4	3	4, 26, 36, 59	4		
	3	4	5, 32, 42	3		
BM	5	3	58, 65	2	3	4,4
	3	5	1	1		
BiM	5	5	7, 11, 18, 23, 47, 60, 66	7	21	30,9
	5	4	15, 19, 25, 34, 37, 39, 52, 67	8		
	4	5	8, 22, 45, 50, 51, 63	6		

Tablo 86'dan son tez analiz sonuçlarına göre öğrenci son modellerinin, uyumsuz, ilkel, pratik, teorik, temel, geçiş, baskın ve bilimsel modeller olmak üzere sekiz modelden oluştuğu görülmektedir. Buna göre 2 öğrenci (%2,9) uyumsuz modele, 4 öğrenci (%5,9) ilkel modele, 4 öğrenci (%5,9) pratik modele, 13 öğrenci (%19,1) teorik modele, 1 öğrenci (%1,5) temel modele, 20 öğrenci (%29,4) geçiş modeline, 3 öğrenci (%4,4) baskın modele ve 21 öğrenci (%30,9) bilimsel modele sahiptir.

Öğrencilerin ön ve son zihinsel modellerine ait karşılaştırma Tablo 87'de sunulmuştur.

Tablo 87. EA için ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması

Ön Zihinsel Model			Son Zihinsel Model							
	Öğrenci	Toplam	UM	İM	PM	TM	TeM	GM	BM	BiM
UM	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 70, 71	62	30, 31	21, 40, 41, 43	10, 35, 44, 56	9, 13, 17, 24, 38, 55, 68, 69, 70, 71	61	3, 4, 5, 6, 14, 16, 20, 26, 28, 33, 36, 42, 46, 48, 53, 57, 59, 62	1, 58, 65	7, 8, 11, 15, 18, 19, 22, 23, 25, 34, 37, 39, 45, 47, 50, 51, 52, 60, 63, 67
İM	2, 12, 27, 32, 66, 72	6	-	-	-	12, 27, 72	-	2, 32	-	66
Toplam		68	2	4	4	13	1	20	3	21
68										

Tablo 87'de görüldüğü gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 68 öğrencinin 66'sının (%97,1) ön modellerinde değişim gerçekleşmiştir. Ön başarı sınavı analizine göre uyumsuz model sınıfında değerlendirilen 62 öğrenciden 2'sinin yine uyumsuz model sınıfında kaldığı, 4'ünün ilkel, 4'ünün pratik, 10'unun teorik, 1'inin temel, 18'inin geçiş, 3'ünün baskın ve 20'sinin bilimsel model olarak değiştiği belirlenmiştir. Ön modeli ilkel model olan 6 öğrenci arasından 3'ünün teorik, 2'sinin geçiş ve 1'inin bilimsel model olacak şekilde değişim gösterdiği görülmüştür.

3.1.2.1.5. EK İçin Öğrenci Zihinsel Modelleri

Öğrencilerin EK ile ilgili zihinsel modelleri, ön ve son başarı sınavları doğrultusunda elde edilen modeller ve bu modellerin karşılaştırılması sırasıyla sunulmuştur. Öğrencilerin ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre ön zihinsel modelleri Tablo 88'da sunulmuştur.

Tablo 88. EK için öğrencilerin belirlenen ön zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
UM	2	2	9, 21, 67	3	37	54,4
	2	1	38, 39, 71	3		
	1	2	1, 8, 23, 58, 63	5		
	1	1	3, 7, 18, 57	4		
	1	0	60	1		
	0	2	6, 13, 17, 25, 30, 34, 37, 62, 69, 72	10		
	0	1	2, 28, 46, 53, 61, 65, 68, 70	8		
	0	0	36, 43, 66	3		
İM	3	2	4, 5, 10, 14, 15, 16, 19, 20, 27, 32, 33, 40, 41, 47, 48, 50, 52, 56	18	28	41,2
	3	1	11, 24, 31, 35, 45, 51, 55	7		
	3	0	26	1		
	2	3	22	1		
	1	3	12	1		
TM	4	2	42	1	2	2,9
	4	1	59	1		
TeM	3	3	44	1		1,5

Tablo 88’de görüldüğü gibi ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci ön modelleri, uyumsuz ilkel, teorik ve temel modeller olmak üzere dört modelden oluşmaktadır. Uyumsuz model kategorisinde 37 öğrenci (%54,4), ilkel model kategorisinde 28 öğrenci (%41,2), teorik model kategorisinde 2 öğrenci (%2,9) ve temel model kategorisinde 1 öğrenci (%1,5) mevcuttur.

Öğrencilerin son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre son zihinsel modelleri Tablo 89’da sunulmuştur.

Tablo 89. EK için öğrencilerin belirlenen son zihinsel modelleri

Zihinsel Model	Anlama Seviyesi		Öğrenci No	Toplam	Yüzde	
	TAS	PAS				
İM	3	2	17, 25, 30, 33, 41, 47, 48, 52, 53, 55, 57, 61, 63, 68	14	20,6	
PM	2	4	1	1	1,5	
TM	4	2	24, 26, 34, 38	4	5,9	
TeM	3	3	14, 35, 56, 65	4	5,9	
GM	4	4	4, 6, 20, 37, 42, 58	6	32	47,1
	4	3	11, 40, 62	3		
	3	4	2, 3, 8, 9, 10, 18, 19, 21, 22, 27, 28, 36, 39, 43, 44, 45, 46, 50, 51, 67, 69, 70, 72	23		
BM	3	5	5, 7, 12, 13, 15, 16, 23, 31, 32, 71	10	14,7	
BiM	5	5	60, 66	2	3	4,4
	5	4	59	1		

Tablo 89’da son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre öğrenci son modelleri, ilkel, pratik, teorik, temel, geçiş, baskın ve bilimsel modeller olmak üzere yedi model çeşidinden

oluştugu görülmektedir. Buna göre 14 öğrenci (%20,6) ilkel modele, 1 öğrenci (%1,5) pratik modele, 4 öğrenci (%5,9) teorik modele, 4 öğrenci (%5,9) temel modele, 32 öğrenci (%47,1) geçiş modeline, 10 öğrenci (%14,7) baskın modele ve 3 öğrenci (%4,4) bilimsel modele sahiptir.

Öğrencilerin ön ve son zihinsel modellerine ait karşılaştırma Tablo 90’da sunulmuştur.

Tablo 90. EK ön ve son öğrenci zihinsel modellerinin karşılaştırılması

Ön Zihinsel Model			Son Zihinsel Model							
	Öğrenci	Toplam	UM	İM	PM	TM	TeM	GM	BM	BiM
UM	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 13, 17, 18, 21, 23, 25, 28, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 43, 46, 53, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	37	-	17, 25, 30, 53, 57, 61, 63, 68	1	34, 38	65	2, 3, 6, 8, 9, 18, 21, 28, 36, 37, 39, 43, 46, 58, 62, 67, 69, 70, 72	7, 13, 23, 71	60, 66
İM	4, 5, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 40, 41, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 56	28	-	33, 41, 47, 48, 52, 55	-	24, 26	14, 35, 56	4, 10, 11, 19, 20, 22, 27, 40, 45, 50, 51	5, 12, 15, 16, 31, 32	-
TM	42, 59	2	-	-	-	-	-	42	-	59
TeM	44	1	-	-	-	-	-	44	-	-
Toplam		68	-	14	1	4	4	32	10	3
			68							

Tablo 90’da görüldüğü gibi son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 68 öğrenciden 62’sinin (% 91,2) ön modellerinde değişim gerçekleşmiştir. Ön başarı sınavı analizine göre uyumsuz model sınıfında değerlendirilen 37 öğrenciden 8’inin ilkel, 1’inin pratik, 2’sinin teorik, 1’inin temel, 19’unun geçiş, 4’ünün baskın ve 2’sinin bilimsel model olarak değiştiği belirlenmiştir. Ön modeli ilkel model olan 28 öğrenci arasından 6’sının yine ilkel model seviyesinde kaldığı, 2’sinin teorik, 3’ünün temel, 11’inin geçiş ve 6’sının baskın model olacak şekilde değişim gösterdiği bulunmuştur. Ön modeli teorik model olan iki öğrenciden birinin geçiş diğerinin bilimsel modele sahip olduğu belirlenmiştir. Ön modeli temel model olan öğrencinin de son modeli geçiş modeli olarak değişim göstermiştir.

3.1.2.2. Enerji Konusu İçin Öğrencilerin Genel Zihinsel Modelleri

Enerji konusuna ilişkin zihinsel modellerin ortaya çıkarılması amacıyla öğrencilerin enerjinin alt konuları için belirlenen zihinsel modelleri bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Enerji konusuna ilişkin öğrenci zihinsel modelleri ön ve son genel modeller ve zihinsel modellerdeki değişim durumlarının sunulması sırasıyla verilmiştir.

3.1.2.2.1. Enerji Konusu İçin Öğrencilerin Ön Genel Zihinsel Modelleri

Öğrencilerin ön genel zihinsel modelleri Tablo 91’de sunulmuştur.

Tablo 91. Enerji konusu için öğrencilerin ön genel zihinsel modelleri

Ön Zihinsel Modeller		Öğrenci No	Toplam	Yüzde
Yerleşik Model	Uyumsuz Nitelikli Yerleşik Model	1, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 71	45	66,2
	Ağırlıklı Model	2, 4, 5, 7, 10, 12, 19, 20, 24, 26, 32, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 66, 67, 72	20	32,4
	İlkel Nitelikli Ağırlıklı Model	27, 56	2	
Dağınık Model		44	1	1,5

Tablo 91’de ön genel zihinsel modellerle ilgili olarak 45 öğrencinin (%66,2) uyumsuz nitelikli yerleşik modele, 22 öğrencinin (%32,4) uyumsuz ve ilkel nitelikli ağırlıklı modele ve 1 öğrencinin (%1,5) dağınık modele sahip oldukları görülmektedir.

3.1.2.2.2. Enerji Konusu İçin Öğrencilerin Son Genel Zihinsel Modelleri

Öğrencilerin son genel zihinsel modelleri Tablo 92’de sunulmuştur.

Tablo 92. Enerji konusu için öğrencilerin son genel zihinsel modelleri

Son Zihinsel Modeller		Öğrenci No	Toplam	Yüzde
Yerleşik Model	İlkel Nitelikli Yerleşik Model (İNYM)	41	1	10,3
	Teorik Nitelikli Yerleşik Model (TNYM)	38	1	
	Geçiş Nitelikli Yerleşik Model (GNYM)	53	1	
	Bilimsel Nitelikli Yerleşik Model (BiNYM)	18, 39, 50, 60	4	
Ağırlıklı Model	İlkel Nitelikli Ağırlıklı Model (İNAM)	30	1	29,4
	Teorik Nitelikli Ağırlıklı Model (TNAM)	12, 24	2	
	Temel Nitelikli Ağırlıklı Model (TeNAM)	14, 45	2	
	Geçiş Nitelikli Ağırlıklı Model (GNAM)	2, 3, 4, 6, 8, 10, 28, 36, 59, 62	10	
	Bilimsel Nitelikli Ağırlıklı Model (BiNAM)	22, 23, 47, 51, 66	5	
Dağınık Model		1, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 42, 43, 44, 46, 48, 52, 55, 56, 57, 58, 61, 63, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72	41	60,3

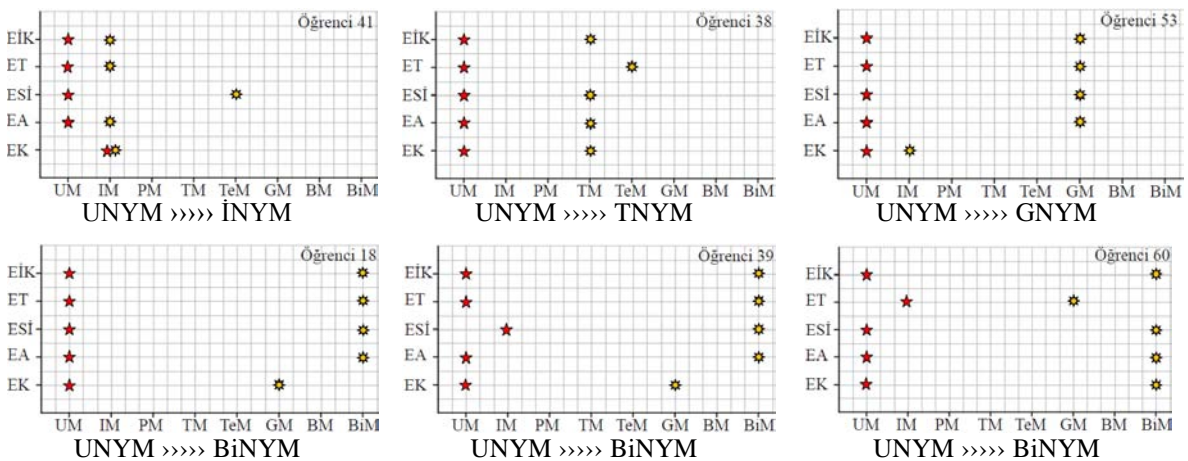
Tablo 92’de son genel zihinsel modellerle ilgili olarak 7 öğrencinin (%10,3) farklı nitelikli (ilkel, teorik, geçiş ve bilimsel) yerleşik modele, 20 öğrencinin (%29,4) farklı nitelikli (ilkel, teorik, temel, geçiş ve bilimsel) ağırlıklı modele, 41 öğrencinin (%60,3) dağınık modele sahip oldukları görülmektedir.

3.1.2.2.3. Öğrencilerin Genel Zihinsel Modellerinin Değişim Durumları

Bu başlık altında öğrencilerin genel zihinsel modellerinin ön ve son durumlardaki değişimleri sunulmuştur. Değişim durumlarını ayrıntılı olarak sunmak için elde edilen bulgular öğrencilerin ön genel zihinsel modelleri baz alınarak verilecektir.

Ön Genel Zihinsel Modeli Uyumsuz Nitelikli Yerleşik Model Olan Öğrencilerdeki Değişim Durumları

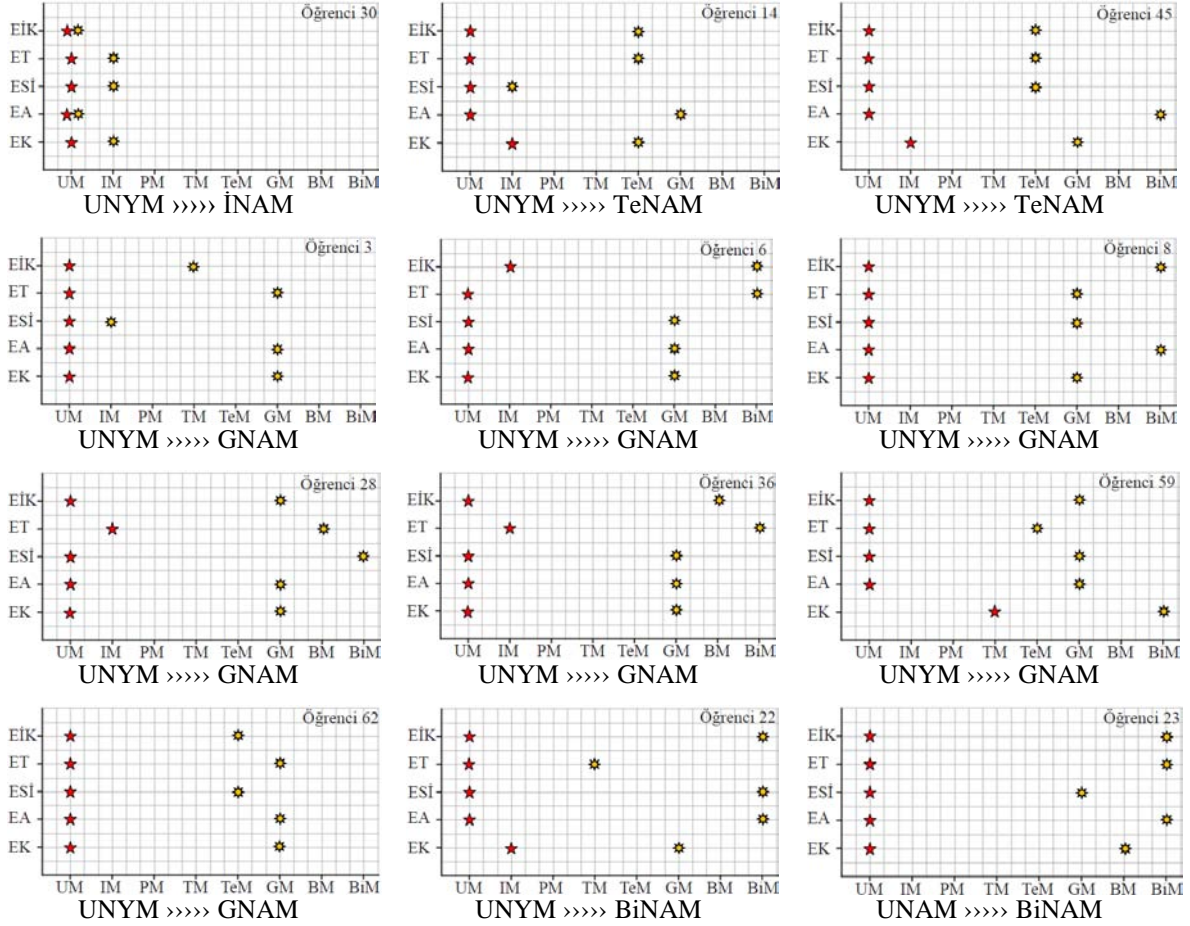
Ön genel zihinsel modelleri uyumsuz nitelikli yerleşik model olan öğrencilerin, son genel zihinsel modellerinin 6’sı farklı nitelikte (ilkel, teorik, geçiş ve bilimsel nitelikli) yerleşik model, 12’si farklı nitelikte (ilkel, temel, geçiş ve bilimsel) ağırlıklı model ve 27’si dağınık model olacak şekilde değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ön genel zihinsel modeli UNYM olan ve son genel zihinsel modeli farklı nitelikte yerleşik model olarak değişim gösteren 6 öğrencinin değişim durumları Şekil 22’de verilmiştir (★ işareti ön zihinsel modeli, ✨ işareti son zihinsel modeli temsil etmektedir).



Şekil 22. Son genel zihinsel modeli farklı nitelikte yerleşik model olarak değişen öğrenciler

Şekil 22’de görüldüğü gibi ön genel zihinsel modeli UNYM olan ve son genel zihinsel modeli yerleşik model olarak değişen 6 öğrenciden birer kişinin İNYM, TNYM ve GNYM ve üç kişinin BiNYM ile değişim gösterdiği belirlenmiştir.

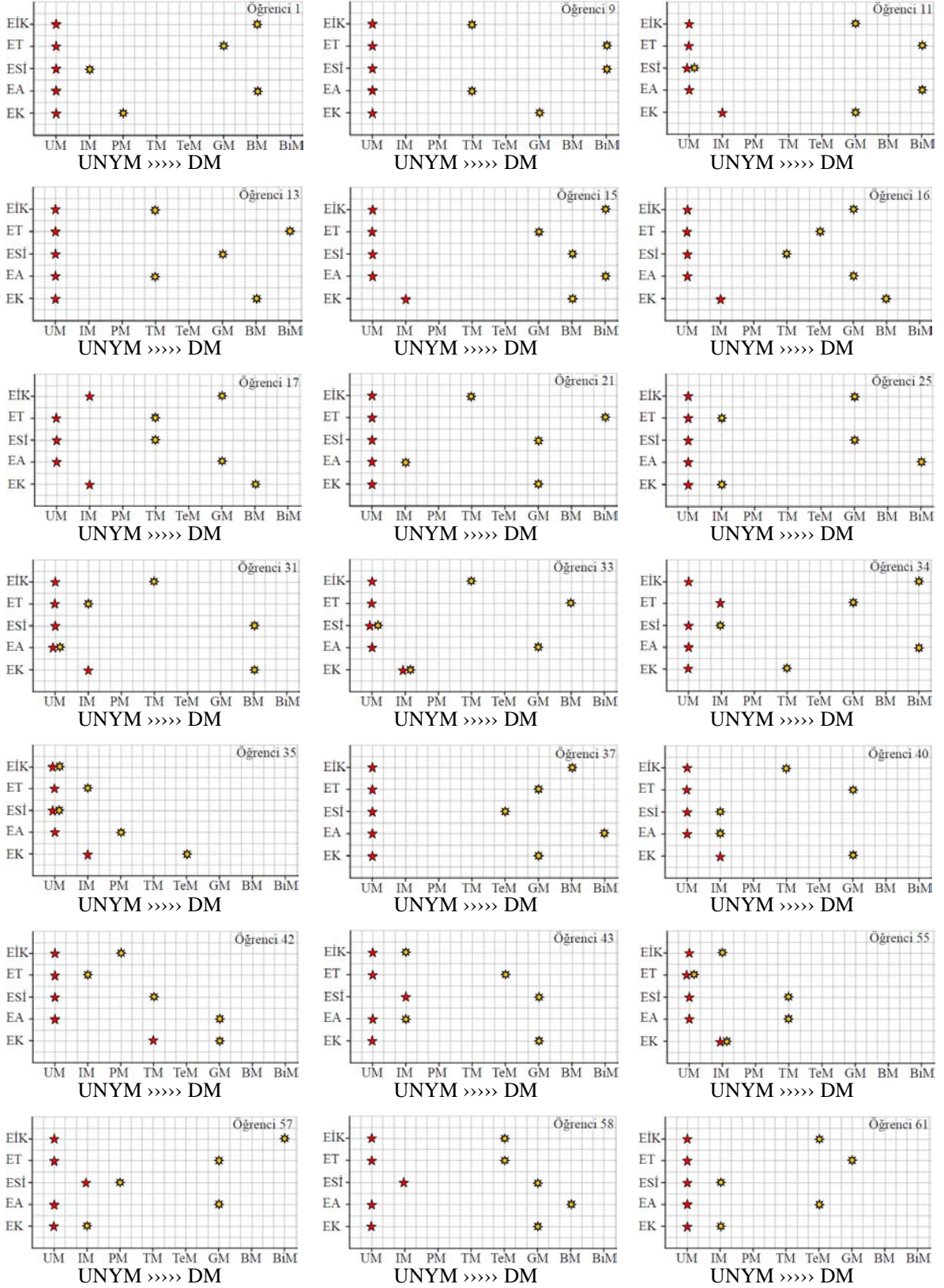
Ön genel zihinsel modeli UNYM olan ve son genel zihinsel modeli ağırlıklı model olarak değişim gösteren 12 öğrencinin değişim durumları Şekil 23’de verilmiştir.



Şekil 23. Son genel zihinsel modeli farklı nitelikte ağırlıklı model olarak değişen öğrenciler

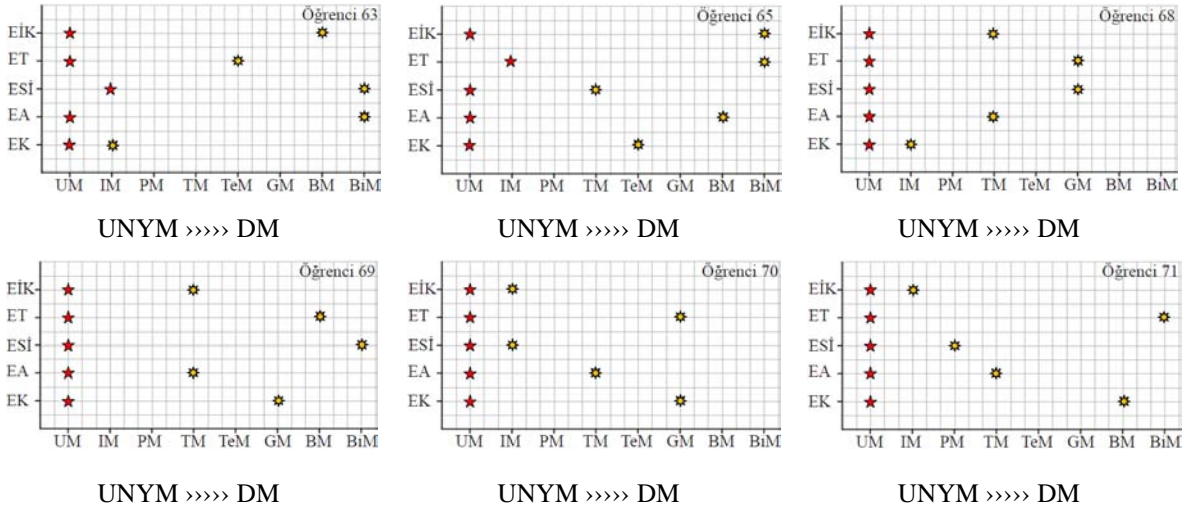
Şekil 23’de görüldüğü gibi ön genel zihinsel modeli UNYM olan ve son genel zihinsel modeli yerleşik model olarak değişim gösteren 12 öğrenciden 1’inin İNAM, 2’sinin TeNAM, 7’sinin GNAM ve 2’sinin BiNAM ile değişim yaptığı belirlenmiştir.

Ön genel zihinsel modeli UNYM olan ve son genel zihinsel modeli DM olarak değişim gösteren 27 öğrencinin değişim durumları Şekil 24’te verilmiştir.



Şekil 24. Son genel zihinsel modeli dağınık model olarak değişim gösteren öğrenciler

Şekil 24'ün devamı

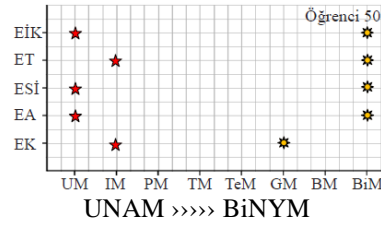


Şekil 24'te görüldüğü gibi öğrencilerin ön genel zihinsel modelleri uyumsuz nitelikli yerleşik modelken son genel zihinsel modelleri dağınık model olarak değişmiştir. Öğrenci modelleri incelendiğinde, 34, 63 ve 65 numaralı öğrencilerin bilimsel model merkezli, 15 numaralı öğrencinin bilimsel ve baskın model merkezli, 11 numaralı öğrencinin bilimsel ve geçiş model merkezli, 9 numaralı öğrencinin bilimsel ve teorik model merkezli bir yapıda dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. 1 ve 31 numaralı öğrencilerin dağınık modelleri baskın model merkezli bir yapıda dağılım göstermektedir. Son zihinsel modellerin 16, 21, 37, 42 ve 57 numaralı öğrencilerde geçiş model merkezli, 25, 40, 43 ve 70 numaralı öğrencilerde geçiş ve ilkel modeller merkezli, 17 ve 68 numaralı öğrencilerde geçiş ve teorik model merkezli ve 58 numaralı öğrencide geçiş ve temel model merkezli dağılım gösterdiği belirlenmiştir. 13 ve 69 numaralı öğrencilerde teorik model merkezli, 61 numaralı öğrencide temel ve ilkel model merkezli, 55 numaralı öğrencide teorik ve ilkel model merkezli ve 35 numaralı öğrencide uyumsuz model merkezli olacak şekilde dağılım gösterdiği görülmüştür. 33 ve 71 numaralı öğrencilerdeyse alt konulara ilişkin zihinsel modellerde tamamen bir dağılım söz konusudur. Buna göre 25, 35, 40, 43, 55, 61 ve 70 numaralı öğrencilere ait son zihinsel modellerde ilkel veya uyumsuz model merkezli bir dağılımın olduğu dikkat çekmektedir.

Ön Genel Zihinsel Modeli Uyumsuz Nitelikli Ağırlıklı Model Olan Öğrencilerdeki Değişim Durumları

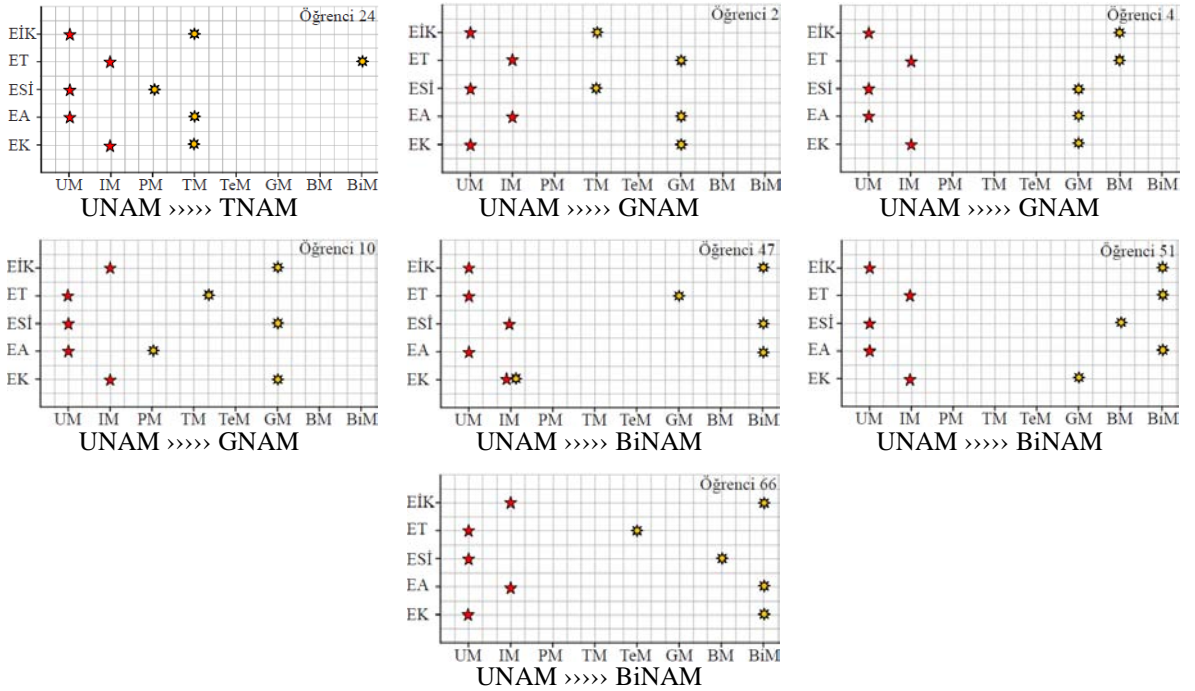
Ön genel zihinsel modelleri ağırlıklı model olan öğrencilerin, son genel zihinsel modellerinin 1'i yerleşik model, 7'si farklı nitelikte (teorik, geçiş ve bilimsel) ağırlıklı model ve 12'si dağınık model olacak şekilde değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Ön genel zihinsel modeli UNAM olan ve son genel zihinsel modeli BiNYM olarak değişim gösteren öğrencinin değişim durumu Şekil 25'de verilmiştir.



Şekil 25. Son zihinsel modeli Bilimsel Nitelikli Yerleşik Model olarak değişen öğrenci

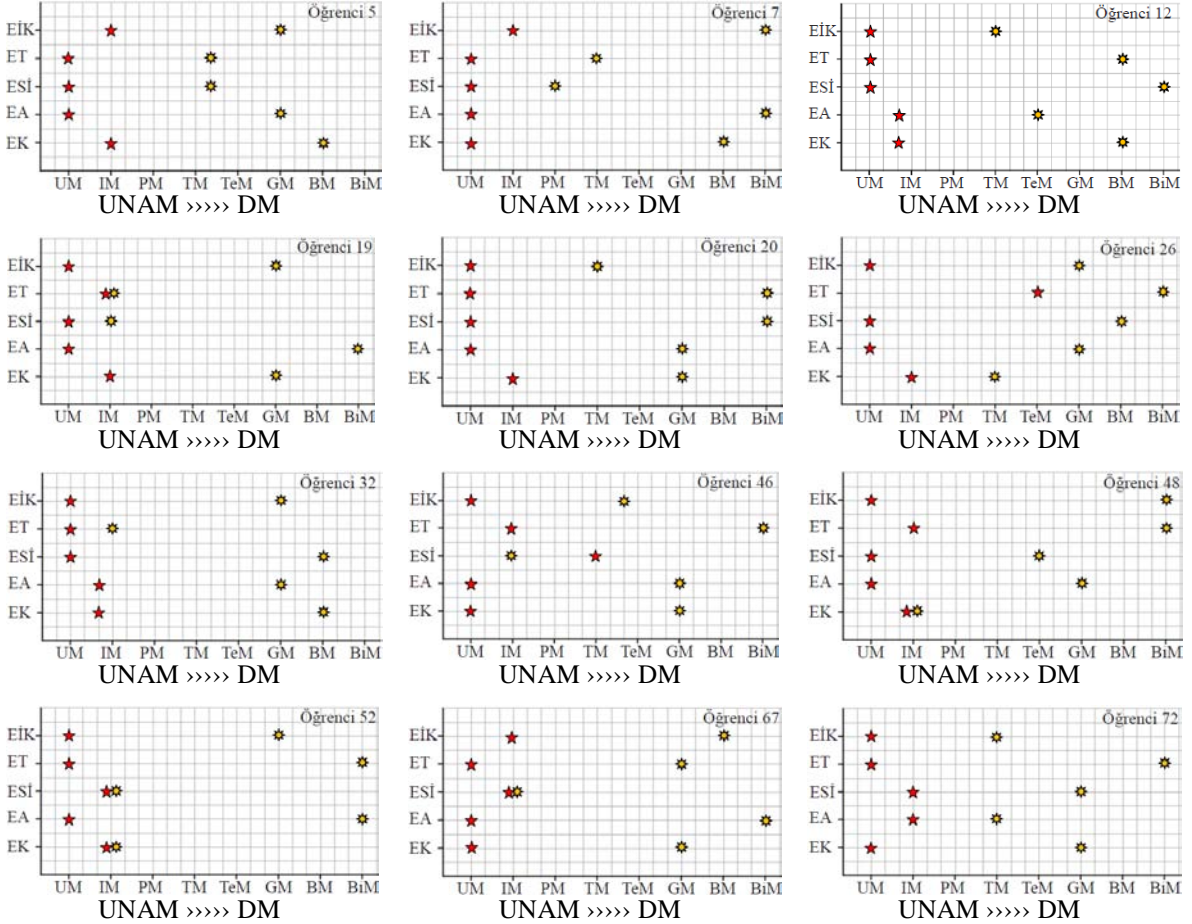
Ön genel zihinsel modeli UNAM olan ve son genel zihinsel modeli farklı nitelikte ağırlıklı model olarak değişim gösteren 7 öğrencinin değişim durumları Şekil 26'da verilmiştir.



Şekil 26. Son zihinsel modeli farklı nitelikte ağırlıklı model olarak değişen öğrenciler

Şekil 26’da görüldüğü gibi ön genel zihinsel modeli UNAM olan ve son genel zihinsel modeli ağırlıklı model olarak değişim gösteren 7 öğrenciden 1’inin TNAM, 3’ünün GNAM ve 3’ünün BiNAM ile değişim yaptığı anlaşılmaktadır.

Ön genel zihinsel modeli UNAM olan ve son genel zihinsel modeli DM olarak değişim gösteren 12 öğrencinin değişim durumları Şekil 27’de verilmiştir.



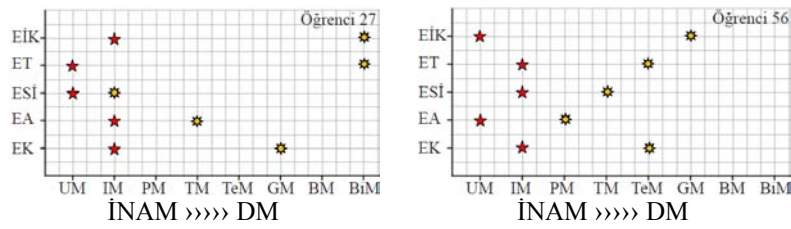
Şekil 27. Son genel zihinsel modeli dağınık model olarak değişim gösteren öğrenciler

Şekil 27’de görüldüğü gibi öğrencilerin ön genel zihinsel modelleri UNAM iken son genel zihinsel modelleri DM olarak değişmiştir. Öğrenci modelleri incelendiğinde, 7 ve 48 numaralı öğrencilerin bilimsel model merkezli, 20 numaralı öğrencinin bilimsel ve geçiş model merkezli, 52 numaralı öğrencinin bilimsel ve ilkel model merkezli bir yapıda dağılım gösterdiği dikkat çekmektedir. 12 numaralı öğrencinin baskın model merkezli, 26, 46 ve 67 numaralı öğrencilerin geçiş model merkezli, 32 numaralı öğrencinin baskın ve geçiş model merkezli, 5 ve 72 numaralı öğrencilerin geçiş ve teorik model merkezli ve 19 numaralı öğrencinin geçiş ve ilkel model merkezli yapıda dağılım gösterdiği görülmüştür.

Buna göre sadece 19 ve 52 numaralı öğrencilere ait son genel zihinsel modellerde ilkel model merkezli bir dağılımın olduğu dikkat çekmektedir.

Ön Genel Zihinsel Modeli İlkel Nitelikli Ağırlıklı Model Olan Öğrencilerdeki Değişim Durumları

Ön genel zihinsel modelleri İNAM olan öğrencilerin, son genel zihinsel modellerinin dağılık model olacak şekilde değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Öğrencilerin değişim durumları Şekil 28’de verilmiştir.

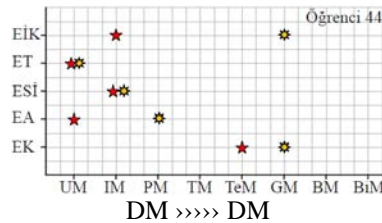


Şekil 28. Son genel zihinsel modeli dağılık model olarak değişim gösteren öğrenciler

Şekil 28’de görüldüğü gibi öğrencilerin ön genel zihinsel modelleri ilkel nitelikli ağırlıklı modelken son genel zihinsel modelleri dağılık model olarak değişmiştir. Öğrenci modelleri incelendiğinde, 27 numaralı öğrencinin bilimsel model merkezli ve 56 numaralı öğrencinin temel model merkezli yapıda dağılık gösterdiği dikkat çekmektedir.

Ön Genel Zihinsel Modeli Dağılık Model Olan Öğrencideki Değişim Durumları

Ön genel zihinsel modeli DM olan öğrencinin, son genel zihinsel modelinin yine DM olacak şekilde değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Öğrencinin değişim durumu Şekil 29’da verilmiştir.



Şekil 29. Ön ve son genel zihinsel modeli dağılık model olan öğrenci

Şekil 29'da 44 numaralı öğrencinin ön ve son genel zihinsel modeli dağınık model olarak görülmesine karşın son genel zihinsel modelinin geçiş model merkezli olduğu görülmektedir.

3.2. MTÖ Yaklaşımına Dayalı Öğrenme Ortamının Etkileri: Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Klinik mülakatlar ön ve son başarı sınavları uygulanmalarından sonra olmak üzere iki kez gerçekleştirilmiştir. Her iki mülakatta da aynı mülakat protokolü kullanılarak aynı öğrencilerle mülakatlar yapılmıştır. Bu sayede öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrası zihinsel modellerinde meydana gelen değişiklikler ve öğrenme ortamının zihinsel modeller üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Ön ve son başarı sınavlarından sonra gerçekleştirilen klinik mülakatlarda toplam 6 soru ve verilen cevaplara bağlı olarak farklı sayılarda alt sorulara yer verilmiştir. Klinik mülakata katılan öğrenciler gönüllüler arasından seçilmiştir. Bu öğrencilerden üçü UNAM (Öğrenci: 2, 10, 52) ve sekizi UNYM (Öğrenci: 30, 34, 35, 38, 40, 53, 65, 68) ön zihinsel modeline sahiptir. UNAM ve UNYM zihinsel modellerine sahip öğrenciler arasından kaçar kişinin seçilmesi gerektiğine bu modellerin çalışma grubundaki dağılımları dikkate alınarak karar verilmiştir. 2 ve 68 kodlu öğrenciler beş dersin tamamına, 34, 40, 52 ve 53 kodlu öğrenciler dört derse, 65 kodlu öğrenci üç derse ve 10, 30, 35 ve 38 kodlu öğrenciler sadece iki derse katılmışlardır (bkz. CD'de Ek-13).

Bu çalışmada yürütülen klinik mülakatlar enerji konusunun alt konu alanlarına bağlı olarak beş alt başlık altında sunulmuştur.

3.2.1. EİK ile İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin EİK hakkındaki teorik anlamalarını ortaya çıkarmak için enerji, iş, güç, ısı ve kuvvet kavramlarını düşündüğünde/duyduğunda aklına neler geldiği (mülakatın 1. sorusu) ve pratik anlamalarını ortaya çıkarmak için gerçek yaşama yönelik durumlarla (mülakatın 5 ve 6. soruları) ilgili olarak yöneltilen soruları cevaplamaları istenmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar ana sorular ve alt sorular temelinde tablolar halinde sunulmuştur. Tablolardan sonra bazı öğrencilerle yapılan mülakatlardan alıntılar verilmiştir.

Teorik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerden cevaplama istenen birinci soru kapsamındaki “enerji kavramını duyduğunda/düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusu ve ilgili alt sorular için verilen cevaplar Tablo 93’de sunulmuştur.

Tablo 93. Klinik mülakatların 1. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji kavramıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Enerji kavramını duyduğunda düşündüğünde aklına ne geliyor?	Bir şeyi yapmak için gerekli olan kuvvet.	2, 35	-
	Bir şeyin yapılabilirliği, hareket edebilirliği ile ilgili bir olgu.	10, 53	35, 38
	Bir işi yapmak için gereken motivasyon.	10, 35	-
	Sahip olunan güç	30, 52	-
	Sahip olunan ham madde	30	-
	Fizikte anlatılan konu, gerçekte olmayan	34	-
	İş yapabilme yeteneği	38, 68	-
	İş yapmak için harcanan	40, 53, 68	-
	Gerçekte ne olduğu belli olmayan / tanımlanamayan	-	2, 10, 30, 34, 40, 52, 53, 65, 68
	Maddeyi değiştiren, hareketlendiren	-	2, 10, 30, 34, 52, 53, 65
	Nicel değerleri korunan	-	2, 10, 30, 34, 52, 53, 65
	Evrendeki olayları açıklamak için ortaya atılmış bir kavram	-	40, 52, 68
	Vardan yok yoktan var olmayan	-	40, 65, 68
	Doğadaki dönüşümleri açıklamak için kullanılan	-	38, 68
	Birbirine dönüşen	-	65
Var olmadan dolayı sahip olunan	-	34	
Enerji sadece canlılara mı özgüdür?	Olabilir/Emin değilim.	10, 38	-
	Her şeyde var.	2, 30, 35, 40, 52, 65	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Cevap yok (suskunluk)	53	-
Enerji somut mudur? Gözle görülebilir mi?	Gözle görülebilir.	30	-
	Gözle görülür bir şey değil, soyuttur.	2, 10, 34, 35, 40, 52, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Enerji maddenin atom gibi bir bileşenidir.	52	-
İş yapabilme yeteneği ne demek? Açıklar mısın?	Bir olayı gerçekleştirme	68	-
	İş yapma	30	-
	Doğadaki kaynaklardan faydalanmak için kullanılan yöntem ve metotların bütünü	34	-
	Enerji harcama	40	-
	Enerjinin tanımı	53	38, 53, 68
	Enerjinin harcanabilmesi aktarılabilmesi	-	2, 10, 34, 40, 52, 53, 65
Cevap yok (Suskunluk/Bilmiyorum/Hatırlamıyorum)	2, 10, 35, 52, 65	30, 35, 52	

Tablo 93'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji kavramı hakkında çeşitli alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir. 2 ve 35 kodlu öğrencilerin enerjii kuvvet ve 30 ve 52 kodlu öğrencilerin enerjii güç kavramıyla karıştırdıkları görülmektedir. Bu öğrenciler böyle düşünmelerine rağmen her şeyin enerjisi olduğunu, 2 ve 35 kodlu öğrenciler enerjinin soyut olduğunu ve 30 kodlu öğrenci gözle görülebilir olduğunu belirtmişlerdir. 52 kodlu öğrenciyse enerjii hem soyut hem de maddenin atom gibi bir bileşeni olarak tanımlamıştır. 35 kodlu öğrenci aynı zamanda enerjii bir işi yapmak için gerekli motivasyon olarak da anlamlandırmıştır. Benzer şekilde 10 kodlu öğrenci enerjii bir işi yapmak için gerekli motivasyon, 30 kodlu öğrenci sahip olunan ham madde olduğunu ve 34 kodlu öğrenci fizikte anlatılan konu olduğunu ancak gerçekte olmadığını söylemişlerdir. 35 kodlu öğrenci “ilk başta direk elektrik falan geliyor. Günümüzde en çok kullandığımız şey yani. Enerji kaynağı olarak güneş enerjisi var elektrik enerjisi var. Bize de tabi enerji lazım. Ya bir işi yapmak için gereken motivasyon gibi bir şey. Bir işi yapmak için kullandığımız kuvvetlerin toplamı.”, 30 kodlu öğrenci “enerji, belli bir işi oluşu gerçekleştirmek için sahip olduğumuz ham madde veya güç denilebilir.” ve 34 kodlu öğrenci “enerji direk bana iş, güç... Hani fizikte anlatılan konular olarak geliyor, günlük hayatta güneş enerjisi gibi.... Enerjii nasıl açıklarım... Zaten sorunda burada. Soyut... Öyle bir yerleştirildi ki fizikte günlük hayatta bağdaştırıp bir açıklama sunamıyorum. Enerji... Bilmiyorum. Gerçekten hiçbir şey çağrıştırmıyor.” şeklinde düşüncelerini dile getirmiştir. 10 ve 53 kodlu öğrenciler enerjii bir şeyin yapılabilirliği, hareket edebilirliği ile ilgili bir olgu olduğunu, 38 ve 68 kodlu öğrenciler enerjinin iş yapabilme yeteneği olduğunu ve 40, 53 ve 68 kodlu öğrencilerde enerjii iş yapmak için harcanan olarak algıladıklarını söyleyerek kısmen doğru cevaplar vermişlerdir. Öğrenciler arasından 10 ve 38 kodluların enerjinin sadece canlılara özgü olabileceğini söyledikleri, 53 kodlu öğrencinin bu konuda cevap vermekten kaçındığı ve diğerlerinin doğru cevaplar verdikleri tespit edilmiştir. İş yapabilme yeteneği ifadesini 68 kodlu öğrenci bir olayı gerçekleştirme, 30 kodlu öğrenci iş yapma, 34 kodlu öğrenci doğadaki kaynaklardan faydalanmak için kullanılan yöntem ve metotların bütünü, 40 kodlu öğrenci enerji harcama ve 53 kodlu öğrenci enerjinin tanımı olarak anlamlandırdıklarını söylemişlerdir. Diğer öğrencilerse cevap vermemişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 68 kodlu öğrenci düşüncesini “bir olayı gerçekleştirme yani. O zaman her yaptığımızın bir enerji mi oluyor. Yani, ne bileyeyim. Yaptığımız her işte enerji vardır herhalde. O zaman

enerji, bir olayı gerçekleştirmek için sahip olduğumuz ya da harcadığımız... Bilmiyorum. Böyle bir şey herhalde.” şeklinde belirtmiştir.

Son klinik mülakatlarda ise öğrencilerin algılamalarının olumlu yönde değiştiği Tablo 93’de görülmektedir. Öğrencilerin tamamının enerjinin özelliklerine odaklandığı ilk dikkati çeken noktadır. Öğrencilerin tamamı enerjinin soyut ve her şeyin enerjisi olduğunu ifade etmişlerdir. 2, 10, 30, 34, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler enerjiyi gerçekte ne olduğu belli olmayan ya da tanımlanamayan olarak algıladıklarını ve 2, 10, 30, 34, 52, 53 ve 65 kodlu öğrenciler enerjiyi maddeyi (özdeği) değiştiren, hareketlendiren ve bu süreçte nicel değeri korunan olarak algıladıklarını belirtmişlerdir. 40, 52 ve 68 kodlu öğrenciler enerjiyi evrendeki olayları açıklamak üzere ortaya atılmış bir kavram olarak algıladıklarını, 38 ve 68 kodlu öğrenciler enerjinin doğadaki dönüşümleri açıklamak üzere kullanıldığını ve 40, 65 ve 68 kodlu öğrenciler enerjinin vardan yok yoktan var olmadığını ifade etmişlerdir. 35 ve 38 kodlu öğrenciler enerjiyi bir şeyin yapılabirliği, hareket edebilirliği ile ilgili bir olgu olduğunu, 65 kodlu öğrenci birbirine dönüşebildiğini ve 34 kodlu öğrenci var olmadan dolayı sahip olduğunu söylemişlerdir. Bu öğrenciler arasında örneğin 10 kodlu öğrenci düşüncesini “özdeğe hareket veren değiştiren ama niceliği korunan soyut bir gerçeklik... Gerçekten ne olduğunu bilmediğimizi söyledik. Ondan sonra zaten soyut olduğunu söyledik. Bizim hani ilk görüşmede de söylemiştim. Hareketlendiriyor bir şeyi bunlara açıklık getirdi.” şeklinde ifade ederken 65 kodlu öğrenci “en başta düşünemiyordum enerjinin ne olduğunu ama şimdi... Enerji aslında ne olduğu tam olarak anlatılamayan özellikleriyle tanımlanan bir kavramdır... Enerji soyut bir kavram olduğu için özellikleriyle tanımlayacağız. Bu kitaptan okuduğum. Aslında kendim de tam olarak tanımlayamadığım için özellikleriyle tanımlamak daha doğru oldu. Bu bana gayet mantıklı geldi. Çünkü direk bana enerjinin ne olduğunu hani somut bir şey olmadığı için kafamda canlandırıp şudur demek zor oluyordu... Benim için enerji özdeğe hareket veren değiştiren ama niceliği korunan bir şey. Soyut bir kavram. Birbirine dönüştürülebilir. Vardan yok yoktan var edilemiyor.” şeklinde dile getirmiştir. İş yapabilme yeteneği ifadesini 38, 53 ve 68 kodlu öğrenciler enerjinin tanımı ve 2, 10, 34, 40, 52, 53 ve 65 kodlu öğrenciler enerjinin harcanabilmesi, aktarılabilmesini ifade ettiğini söylemişlerdir. Diğer öğrenciler cevapsız bırakmışlardır. Bu öğrenciler arasında örneğin 38 kodlu öğrenci düşüncesini “enerji demek. Enerjinin tanımı.” ve 40 kodlu öğrenci düşüncesini “enerjinin harcanabilmesi aktarılabilmesiyle ilgili...” şeklinde ifade etmişlerdir. Enerji kavramıyla

ilgili olarak 2 ve 30 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur. A araştırmacıyı simgelemektedir.

- A:** Enerji kavramını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?
2: enerji, bir şeyi yapmak gerekli olan kuvvet olabilir, ne bileyim ısınmak için ısı enerjisi olarak ısıtmaya yarayabilir. (ÖKM)
2: Enerji maddeyi değiştiren hareketlendiren ve bu süreçte nicel değerleri korunan gerçekte de ne olduğu belli olmayan soyut bir kavramdır. Gerçekte var ama. Gözle görülmez. Ama sonuçta maddeye bir değişim veriyor. Değerlerini koruyor. (SKM)
A: Enerji sadece canlılara özgü müdür?
2: her şeyde olur yani. (ÖKM)
2: her yerde enerji vardır. (SKM)
A: Enerji somut mudur?
2: soyuttur. (ÖKM)
A: İş yapabilme yeteneği ne demek? Açıklar mısın?
2:(ÖKM)
2: enerjinin aktarabilmeyle ilgili bir ifade... (SKM)

- (A):** Enerji kavramını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?
30: enerji, belli bir işi oluşu gerçekleştirmek için sahip olduğumuz ham madde veya güç denilebilir. Enerji eşittir güç değil ama enerji sayesinde ortalığa çevreye çok büyük bir güç çıkabilir. (ÖKM)
30: maddeyi değiştiren, hareket katan ancak gerçekte ne olduğunu tam olarak açıklayamadığımız soyut bir kavram... Maddeyi istediğimiz şeyi yaptırmanızı sağlayan ancak korunan ancak sadece belli bir cisim de değil yaptıktan sonra başka bir şeye de dönüşebilen. Enerji korunur ancak aktarımı vardır. (SKM)
A: ham madde derken enerji somut mu demek istiyorsun?
30: enerji... daha doğrusu elle tutulur bir şey değil ama gözle görülebilir mesela. Parıltılarla ya da kıvılcımlarla falan görülebilir. (ÖKM)
A: Enerji sadece canlılara özgü müdür?
30: değildir tabii ki. Her şeyde vardır. (ÖKM)
30: hayır... (SKM)
A: İş yapabilme yeteneği ne demek? Açıklar mısın?
30: iş yapma...(ÖKM)
30: (SKM)

Öğrencilerden cevaplama istenen ilk soru olan “güç kavramını duyduğunda-düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusuna verilen cevaplar Tablo 94’de sunulmuştur.

Tablo 94. Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında güç kavramıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Güç kavramını duyduğunda düşündüğünde aklına ne geliyor?	Hareket ettirmek için gerekli olan enerji	2, 65	-
	Bir istemi yapabilmek için gerekli kuvvet	30, 53	-
	Bir şey kaldırıp taşıyan kişi/insan gücü	10	-
	Cisim üzerinde etki bırakma	34	-
	Güçlü insanların daha fazla iş yapması	38	-
	Enerjiyi kullanabilme, depolama	52	-
	Birim zamanda yapılan iş	68	30, 38, 52, 65
	Enerji aktarım hızı	-	2, 10, 34, 40, 68

Tablo 94'ün devamı

	İş yapabilmek için ortaya konan enerjilerin toplamı	-	35
	Enerji değişiminin birim zamandaki gerçekleşmesi	-	10
	Cevap yok (suskunluk/bilmiyorum)	35, 40	53

Tablo 94'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda 68 kodlu öğrencinin doğru cevap verdiği, 35 ve 40 kodlu öğrencilerin cevap vermediği ve diğer öğrencilerin tamamının güç kavramı hakkında çeşitli alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir. Tablodan da anlaşıldığı üzere öğrencilerin güç ve enerji kavramları arasında doğru bir ilişkilendirme yapamadıkları dikkat çekmektedir. 2 ve 65 kodlu öğrenciler gücü herhangi bir hareketi gerçekleştirmek için gerekli olan enerji, 30 ve 53 kodlu öğrenciler bir istemi yapabilmek için gerekli kuvvet, 10 kodlu öğrenci insan gücü, 34 kodlu öğrenci cisim üzerinde etki bırakma, 38 kodlu öğrenci daha fazla iş yapma ve 52 kodlu öğrenci enerjiyi kullanma ve depolama olarak algıladıklarını belirtmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci “güç, işte hareket ettirmek için gerekli olan güçtür.”, 30 kodlu öğrenci “güç belli bir istemi yapabilmek için gerekli kuvvet.” ve 53 kodlu öğrenci “Uyguladığım kuvvet...” şeklinde düşüncesini söylemektedir.

Son klinik mülakatlarda ise öğrencilerin güç kavramı ile ilgili algılamalarının olumlu yönde değiştiği Tablo 94'de görülmektedir. 2, 10, 34, 40 ve 68 kodlu öğrenciler güçle ilgili enerji aktarım hızı, 30, 38, 52 ve 65 kodlu öğrenciler birim zamanda yapılan iş ve 10 kodlu öğrenci birim zamandaki enerji değişimi şeklinde ifadeler kullanmışlardır. 35 kodlu öğrenci güç hakkında iş yapabilmek için ortaya konan enerjilerin toplamı şeklinde bir ifade kullanırken 53 kodlu öğrenci bilmiyorum şeklinde cevap vermiştir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci düşüncesini “güçte maddeyi... bir yerden bir yere enerji aktarım hızı.”, 30 kodlu öğrenci düşüncesini “birim zamanda yapılan iş. Ne kadar iş yapabiliyorsam ne kadar kısa sürede yapabiliyorsam o kadar güçlüyümdür. Hatta o geçende yaptığımız sınavda vardı mesela. Ayşe aynı merdiveni 2dk diğeri 1dk çıkıyor, hangisi daha güçlüdür? 1dk çıkan daha güçlüdür. Çünkü daha kısa sürede daha çok iş yapıyor.” ve 53 kodlu öğrenci düşüncesini “ben itip çekme diye düşünmüştüm ama sonradan düşündüm bizim lisede bir cismin hareketini yönünü değiştirmeye yarayan kuvvet diyeceğim ama... kuvvette değil.... bilmiyorum.” şeklinde belirtmektedir. Güç kavramıyla ilgili olarak 34 ve 68 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Güç kavramını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

34: güç, bir cismin üzerinde etki bırakabilmek şeklini boyutunu konumunu değiştirebilmek. (ÖKM)

34: bir çeşit hız. Enerji aktarım hızı.... enerjiler bir yerden birine aktarılıyorlar. Bu aktarımlar, aktarım sürecinin ne kadar çabuk ya da ne kadar geç gerçekleştiğinin ifadesi. (SKM)

.....

A: Güç kavramını düşündüğünüzde/duyduğunuzda aklınıza ne geliyor?

68: güç kavramı da işte çantamızı alıp yürürken o süreyle alakalı. Yani zamanda yaptığımız iş. Birim zamanda yapılan iş. (ÖKM)

68: güç kavramını düşündüğümde işte enerjinin aktarım hızı.... mesela nasıl diyeyim. Güç, birim zamanda yapılan iş.... Kişiden kişiye değişir. Mesela ikimizde aynı enerjiye sahibiz ama belli bir zamanda ben bu kadar iş yapıyorum siz aynı işi biraz daha uzun zamanda yapıyorsunuz. (SKM)

Öğrencilerden cevaplama istenen ilk soru kapsamındaki “iş kavramını duyduğunda/düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 95’de sunulmuştur.

Tablo 95. Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında iş kavramıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
İş kavramını duyduğunda düşündüğünde aklına ne geliyor?	Gün içerisinde yapılanlar	2, 10, 35, 65	-
	Uygulanan kuvvetle yer değiştirme	30, 53	30, 35, 40, 52, 53, 65, 68
	Enerjiden kaynaklanan eylem/yer değişikliği	38, 40	-
	Kuvvetle paralel yönde yapılan hareket	34	-
	Hareket, yer değişikliği	68	-
	Enerji harcama	40	-
	Güç harcama, hareket etme	52	-
	Makro boyutta enerji aktarımı	-	2, 10, 34, 68
	Enerji aktarım yolu	-	2, 38, 65
	Enerji değişim miktarı	-	34, 40
	Enerji aktarım süreci	-	52
	Yol aldırılan cismin enerjisinin artması veya azalması	-	10

Tablo 95’deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda bazı öğrencilerin iş kavramı ile ilgili alternatif fikirlere sahip olduğu ve bazılarının yeterli açıklama yapamadıkları belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin çoğunluğunun iş kavramını enerji kavramı ile birlikte düşünmediği dikkat çekmektedir. 2, 10, 35 ve 65 kodlu öğrenciler iş kavramını gün içerisinde yapılanlar olarak algıladıklarını söylemişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci “iş... Yapılacak bir şey. Örnek verirsem çay topluyorum ben. Çay toplamak bir iş. İşte onu yaparken yaptığım hareket.”, 10 kodlu öğrenci “iş deyince... Gün içerisinde veya her zaman yaptığımız şeyler geliyor.” ve 65 kodlu öğrenci

“İş yaptığımız her şey. Faaliyette bulunduğumuz her şey.” şeklinde düşüncelerini belirtmişlerdir. 38 ve 40 kodlu öğrenciler işi enerjiden kaynaklanan eylem/yer değişikliği şeklinde ifade ederek iş kavramını doğru algılayamadıklarını ve enerji ile kuvvet kavramını birbirlerinin yerine kullanabildiklerini göstermişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 38 kodlu öğrenci “iş kavramı o enerjiden doğan bir ürün. Ürün değil daha doğrusu enerjiden doğan bir eylem diyeyim daha doğrusu.” şeklinde düşüncesini söylemiştir. 52 kodlu öğrenciyse iş kavramını hakkında “güç harcama, hareket etme” ifadelerini kullanmıştır. Aslında bu öğrenci harcananın (aktarılan anlamında) güç değil enerji olduğunu gözden kaçırmaktadır. 30 ve 53 kodlu öğrenciler iş kavramıyla ilgili olarak uygulanan kuvvetle yer değiştirme, 34 kodlu öğrenci kuvvetle paralel yönde yapılan hareket, 68 kodlu öğrenci hareket, yer değişikliği ve 40 kodlu öğrenci enerji harcama ifadelerini kullanmışlardır. Bu öğrenciler arasından 30 kodlu öğrenci “belli bir iş oluş hareket kesinlikle olacak işte? Sonuçta yer değiştirmesiydi, belli bir kuvvet harcamasıydı... bunların olması gerekir.” ve 40 kodlu öğrenci “iş kavramını düşündüğümde belli bir enerji harcadığı aklıma geliyor.” ifadelerini söylemiştir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin iş kavramı ile ilgili ifadelerinin enerji kavramıyla ilişkili ve olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 95). 30, 35, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler iş kavramını uygulanan kuvvetle yer değiştirme olarak ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler iş kavramını aynı zamanda enerji aktarımıyla da ilişkilendirmişlerdir. 2, 10, 34 ve 68 kodlu öğrenciler iş kavramını makro boyutta enerji aktarım yolu, 2, 38 ve 65 kodlu öğrenciler enerji aktarım yolu, 52 kodlu öğrenci enerji aktarım süreci olarak nitelendirmişlerdir. 34 ve 40 kodlu öğrenciler aynı zamanda işi enerji değişim miktarı olarak belirtmişlerdir. Ayrıca 10 kodlu öğrenci işi yol aldırılan cismin enerjisinin artması veya azalması ile ilişkilendirmiştir. İş kavramıyla ilgili olarak 40 ve 52 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: iş kavramını düşündüğünde aklına ne geliyor?

40: iş kavramını düşündüğümde belli bir enerji harcadığı aklıma geliyor. mesela bir iş olması için enerjinin harcanması gerekiyor diye düşünüyorum. (A: örneğin duvarı itsem iş yapmış olur muyum?) değildir. Çünkü hatırladığım kadarıyla iş olması için uyguladığımız hani o uğraştığımız şeyde bir konum değişikliği veya yer değişikliği, yer değiştirme olması gerekiyordu. (A: her enerji harcanması iş yapılıyor mu demektir?) yok. Gerektirmiyor o zaman böyle düşünürce. (ÖKM)

40: iş kavramı deyince aklıma bir cisme bir kuvvet uygulayıp onda yer değiştirmeye sebep olma aklıma geliyor. İşte ben hep liseden beri ilk baştan beri aklımda hep şey var öğretmenimiz bize bir kitabı yükseğe kaldırıp işte elimizle daha yukarı kaldırdığımızda iş yapmış olmayız ama bir raftan bir rafa koyduğumuzda iş yapmış oluruz dediğini hatırlıyorum.

Hep o geliyor aklıma. (A: doğru mu anlatılanlar sence?) normalde yerçekimine karşı bir iş yapmış oluyoruz ama nedense aklıma hep orda bir yanlış anlaşılma mı oldu yoksa yatayda bir yer değiştirme mi oldu bilmiyorum ama hep o geliyor. Şuan biliyorum ki artık yukarı kaldırdığımızda yerçekimine karşı bir iş yapmış oluyorum. Enerjisini artırmış oluyorum. (SKM)

.....

A: İş kavramını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

52: Mesela, harcadığım gücün bir şeyi başarabilmesi. Hareket ettirme. Benim aklıma hareket geliyor daha çok. (A: Şöyle devam edelim! Çantayı elime alsam buradan karşı odaya götürsem iş yapmış olur muyum?) Olursunuz. (ÖKM)

52: enerji aktarım süreci olduğunu biliyoruz. Bir de işin olabilmesi için kuvvetle aynı doğrultuda bir yer değiştirmenin olması gerekiyor. (SKM)

Öğrencilerden cevaplama istenen ilk soru kapsamındaki “ısı kavramını duyduğunda/düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 96’da sunulmuştur.

Tablo 96. Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında ısı kavramıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Isı kavramını duyduğunda düşündüğünde aklına ne geliyor?	Sıcaklık	10, 30, 34, 35	-
	Enerji türü	2, 53	-
	Cisimlerin her durumda sahip olduğu enerji	34, 68	-
	Sürtünme ile açığa çıkar.	40, 52	-
	Maddede depolanan enerji türü	52	-
	Doğal ısı, yapay ısı	38	-
	Mikro boyutta enerji aktarım yolu	-	34, 35, 38, 52, 53, 65, 68
	Yüksek sıcaklıktaki bir cismin düşük sıcaklıktaki bir cisme kütle aktarımı olmadan enerji aktarım yolu	-	2, 10, 40, 65, 68
	Kütle değişimi olmaksızın enerji değişimini sağlayan	-	30
	Cevap yok (bilmiyorum)	65	-

Tablo 96’daki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin ısı kavramı ile ilgili bilimsel nitelikte bilgilere sahip olmadıkları tespit edilmiştir. 10, 30, 34 ve 35 kodlu öğrenciler ısı kavramını sıcaklık kavramıyla, 2 ve 53 kodlu öğrenciler enerji türüyle ilişkilendirmektedirler. 34 ve 68 kodlu öğrencilerse cisimlerin her durumda sahip olduğu enerji olarak anlamlandırmaktadırlar. Bu öğrenciler arasında örneğin 2 kodlu öğrenci “O da bir enerji türü ama farklı olarak ne katabilirim ısıya... ısı maddenin fiziksel boyutunu değiştiren bir enerji türü. Katıyı sıvı yapan türde.” ve 35 kodlu öğrenci “ısı, ortamın sıcaklığıdır.” ifadeleriyle düşüncelerini belirtmişlerdir. 40 ve 52 kodlu öğrenciler ısıyı sürtünme ile açığa çıkan olarak ifade etmektedirler. 52 kodlu öğrenci ısıyı aynı

zamanda maddede depolanan enerji türü olarak algılamaktadır. 38 kodlu öğrenciyse doğal ve yapay ısılardan söz etmektedir. 52 kodlu öğrenci ısı kavramıyla ilgili düşüncesini “Isıda bir enerji gibi sanki. ...bence ısı da bir enerji türüdür. Mesela maddeleri birbirine sürttüğünüzde ısı açığa çıkar.... Madde de depolanan enerjidir.” şeklinde dile getirmektedir. 65 kodlu öğrenciyse cevap vermemiştir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin ısı kavramı ile ilgili ifadelerinin olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 96). 34, 35, 38, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler ısıyı mikro boyutta enerji aktarım yolu olarak ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 35 kodlu öğrenci “ısı enerji aktarım yoludur.”, 38 kodlu öğrenci “ha.. ısı enerji aktarım yolu ama mikroskobik boyutta. İş’te enerji aktarım yolu bu da makroskobik boyutta.” ve 65 kodlu öğrenci “ısı da yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa aktarılan enerji. ya... enerji aktarım yolu.” şeklinde düşüncelerini belirtmişlerdir. 2, 10, 40, 65 ve 68 kodlu öğrenciler ısıyı yüksek sıcaklıktaki bir cismin düşük sıcaklıktaki bir cisme kütle aktarımı olmadan enerji aktarım yolu ve 30 kodlu öğrenci kütle değişimi olmaksızın enerji değişimini sağlayan olarak ifade etmektedirler. Bu öğrenciler arasından örneğin 30 kodlu öğrenci düşüncelerini “yüksek sıcaklıkta iletim yolu gibi düşünüyorum mesela ısı alış-verişleri. Maddenin kütlede değişim yapmayan... Kütlelerini değiştirmeyen ancak enerji yaymasını sağlayan.” olarak söylemiştir. Isı kavramıyla ilgili olarak 10 ve 53 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Isı kavramını düşündüğünüzde/duyduğunuzda aklına ne geliyor?

10: sıcaklık... (ÖKM)

10: buda yüksek sıcaklıktaki bir cismin düşük sıcaklıktaki bir cisme kütle aktarımı olmadan enerji aktarım yolu. (SKM)

.....

A: Isı kavramını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

53: Bir enerji çeşidi. Hep aynı yere geliyor zaten. Bir şeyleri yaptıktan sonra aynı kapıya çıkan....Tamamıyla aynı değil de çeşitleri aynı benim kafamda... Doğru olduğuna çok emin değilim de bir güçle kuvvete verdiğim cevapta da birbiriyle bağlantılı oldu. (ÖKM)

53: mikro boyutta enerji aktarımı. (SKM)

Öğrencilerden cevaplama istenen ilk soru kapsamındaki “kuvvet kavramını duyduğunda/düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 97’de sunulmuştur.

Tablo 97. Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında kuvvet kavramıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Kuvvet kavramını duyduğunda düşündüğünde aklına ne geliyor?	Kullanılan/Uygulanan güç	2, 30, 35, 53	-
	Hareketi sağlamak veya engellemek için etki yapma	34, 40	-
	İş yapmak için gerekli olan	65	-
	Kuvvet sonucunda güç harcama, iş yapma.	52	-
	Cismin hareketini, durumunu ve şeklini değiştiren etki	-	2, 10, 30, 34, 40, 52, 68
	Gereken motivasyon, güç.	-	35
	Cisme hareket kazandırmak için yapılan etki	-	38
	Yer değiştirmeye neden olan	-	65
	Cevap yok (bilmiyorum/hatırlamıyorum)	10, 38, 68	53

Tablo 97'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin kuvvet kavramı ile ilgili çeşitli alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir. 2, 30, 35 ve 53 kodlu öğrenciler kuvvet kavramını uygulanan/kullanılan güç, 34 ve 40 kodlu öğrenciler hareketi sağlamak veya engellemek için etki yapma, 65 kodlu öğrenci iş yapmak için gerekli olan ve 52 kodlu öğrenci kuvvet sonucunda güç harcama, iş yapma şeklindeki ifadelerle algıladıklarını göstermişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 35 kodlu öğrenci “kuvvet... bir işi yapmak için harcanan güç. Mesela bu masayı iteklemek için kullandığım güce kuvvet denir.” ve 53 kodlu öğrenci “Uyguladığım güç.” olarak düşüncelerini belirtmişlerdir. 10, 38 ve 68 kodlu öğrenciler kuvvet kavramıyla ilgili görüş belirtmemiştir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin genelinde kuvvet kavramı ile ilgili algılamalarının olumlu yönde değiştiği Tablo 97'de görülmektedir. 2, 10, 30, 34, 40, 52 ve 68 kodlu öğrenciler kuvvet kavramını cismin hareketini, durumunu ve şeklini değiştiren etki, 35 kodlu öğrenci gereken motivasyon ve güç, 38 kodlu öğrenci cisme hareket kazandırmak için yapılan etki ve 65 kodlu öğrenci yer değiştirmeye neden olan olarak algıladıklarını göstermişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci “kuvvet cismin durumunu veya şeklini değiştiren etkendir.”, 38 kodlu öğrenci “bir cisme hareketlilik kazandırmak için ona uygulanan etki.” ve 52 kodlu öğrenci “duran bir cismi hareket ettirebilen hareket eden bir cismi durdurabilen, doğrultu ve yönünü değiştirebilen bir etkidir.” ifadeleriyle düşüncelerini dile getirmişlerdir. 53 kodlu öğrenci kuvvet kavramı ile ilgili görüş belirtmemiştir. Kuvvet kavramıyla ilgili olarak 34 ve 65 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: kuvvet kavramını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

34: Newton geliyor. Newton prensipleri. Cismin üzerine etki bırakabilmek. Cismin hareketine... hareket ettirebilmek duran bir cismi ya da hareket halindeki bir cismi durduracak bir etki yapmak. (ÖKM)

34: kuvvet cismin üzerinde hareketlendirme durdurma ya da şeklinde değişiklik meydana getiren bir etki. (SKM)

.....

A: kuvvet kavramını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

65: Fizik dersinde yazmışız. Sınavlara çalışırken fark ettim. Bir şey itme veya çekme tarzında bir açıklama olmuş da. Bana pek doğru gelmedi. Tanımlayamıyorum zaten. (A: Nasıl kullanıyorsun peki?) **65:** İş yapmamız için gerekli olan şey yani. Kuvvetimiz olmadan nasıl bir şeyler yapacağız. (ÖKM)

65: hala onu tam çıkaramadım. Bir şeyin yer değiştirmesine neden olan. Bir şeye kuvvet uyguluyoruz. Onun yer değiştirmesini sağlıyoruz. (SKM)

Pratik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Klinik mülakatlarda öğrencilerden enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili cevaplaması istenen bir diğer soru mülakatın beşinci sorusu olan ‘Ali ve Can 10 kg kütleli bir bavulu 1m yüksekliğindeki masanın üzerine kaldırma yarışı yaparlar. Ali 1 dakikada 10 kez kaldırıp indirirken Can bavulu 30 saniyede 10 kez kaldırıp indirmektedir. Buna göre bu süreçte iş yapılmış mıdır?’ sorusudur. Bu soru ve ilgili alt sorular için verilen cevaplar Tablo 98’de sunulmuştur.

Tablo 98. Klinik mülakatların 5. sorusu ve alt soruları kapsamında iş ve güç kavramlarıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Ali ve Can 10 kg kütleli bir bavulu 1 m yüksekliğindeki masanın üzerine kaldırma yarışı yaparlar. Ali 1 dakikada 10 kez kaldırıp indirirken Can bavulu 30 saniyede 10 kez kaldırıp indirmektedir. Buna göre bu süreçte iş yapılmış mıdır?	Yapılmıştır.	2, 34, 35, 38, 40, 65, 68	-
	Yerçekimine karşı yapılmıştır.	10	10
	Yer değişimi olduğu için yapılmıştır.	-	38
	Yer değiştirme olmadığı için iş yapılmamıştır.	30, 52, 53	2, 30, 34, 35, 40, 52, 53, 65, 68
Bavulu masanın üzerine kaldırmakla hangisi daha fazla iş yapmıştır? Açıklayınız?	İş kaldırma ve koyma olduğu için aynı	2, 38, 40, 65	-
	Mesafe aynı, iş aynı	10, 35, 68	10, 38
	İşler aynı. Kuvvet iş ilişkisini net hatırlamıyorum.	34	-
Hangisinin daha güçlü olduğu söylenebilir? Niçin?	Daha kısa sürede yaptığı için Can.	34, 38, 40, 65	-
	Daha hızlı kaldırıp indirdiği için Can.	2, 35	-
	Güç birim zamanda yapılan iş	10, 68	30
	Enerjiyi daha az saniyede kullandığı için Can.	52	-
	İş yapılmadığı için kıyaslanamaz	53	-

Tablo 98'in devamı

	Masaya kadar daha kısa sürede iş yaptığı için Can.	30	10, 34, 38, 52, 53, 68
	Daha kısa sürede yaptığı için Can ama iş yapılmadı. Zamana bölemeyiz...	-	35
	Güç enerji aktarım hızı olduğu için Can	-	2, 40, 65

Tablo 98'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin genelinin ilgili soru kapsamında işin yapılması ve gücün yorumlanması ile ilgili alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir. Buna göre üç öğrenci (30, 52 ve 53) soruda belirtilen Ali ve Can'ın iş yapmadıklarını söyleyerek doğru cevap verirken diğerleri yanlış cevaplar vermişlerdir. 53 kodlu öğrenci işin yapılmadığını doğru olarak belirtmiş olsa da hangisinin güçlü olduğunu belirleme noktasında başarılı olamamıştır. 53 kodlu öğrenci düşüncesini "Can daha güçlü gözüküyor. Gerçi böyle bir şey diyemem ki. Çünkü iş yapmamışlar. Kıyaslamayı nasıl yapacağız." şeklinde ifade etmiştir. İşin yapılmadığını belirten öğrenciler arasından 2, 38, 40 ve 65 kodlu öğrenciler işin kaldırma ve yerine koymadan ibaret olduğunu ve her ikisinin de eşit iş yaptığını belirtmişlerdir. Aslında bu öğrencilerin günlük konuşma dilindeki iş kelimesine odaklandıkları açıktır. Bu anlamda örneğin 40 kodlu öğrenci düşüncesini "ikisi de 10 kez kaldırdıkları için aynı işi yapmışlardır. İş eşittir diye düşünüyorum. Mesela burada süre farklıya buradaki süre farkı onların yaptığı işi değiştirmiyor. Sonuçta ne kadar süre geçerse geçsin ikisi de 10 kez kaldırıp indirdiği için ikisi de aynı işi yapmış oluyor. Ama güçleri farklı." olarak söylemiştir. 10 kodlu öğrenciyse yerçekimine karşı iş yapıldığını vurgulamıştır. 10, 35 ve 68 kodlu öğrenciler mesafenin aynı olduğunu vurgulayarak yapılan işlerin eşit olduğunu, 34 kodlu öğrenci işlerin aynı olduğunu ancak sebebini hatırlayamadığını ifade etmiştir. Tüm öğrenciler Can'ın daha güçlü olduğunu belirtmiş olmalarına karşın bu durumun sebebini farklı şekillerde açıklamışlardır. 34, 38, 40 ve 65 kodlu öğrenciler Can'ın işi kısa sürede yapmasını, 2 ve 35 kodlu öğrenciler hızını ve 30 kodlu öğrenci masaya kadar olan işin zamanını dikkate aldıklarını ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 35 kodlu öğrenci düşüncesini "çünkü o daha hızlı indirip çıkartmıştır." şeklinde ve 38 kodlu öğrenci düşüncesini "Can daha güçlüdür. Çünkü 30 sn'de daha fazla iş yapmış. Yani daha az zamanda daha fazla iş yapmış." şeklinde belirtmiştir. 10 ve 68 kodlu öğrenciler birim zamanda yapılan iş olarak tanımlamaktadır. Bu öğrenciler arasından örneğin 68 kodlu öğrenci düşüncesini "Güç birim zamanda yapılan iş. Yaptıkları iş eşitse Can 30 saniyede Ali 60 saniyede yapmış bu işi. Demek ki Can daha güçlü." şeklinde söylemiştir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin ilgili soru kapsamında işin yapılması ile ilgili algılamalarının olumlu yönde değiştiği Tablo 98’de görülmektedir. Öğrencilerden bazıları (10, 34, 38, 52, 53 ve 68) Ali ve Can arasından hangisinin daha güçlü olduğunu belirlemek için masaya kadar olan yer değişikliği sürecinde yapılan işi dikkate almaktadırlar. Bu öğrenciler arasından örneğin 52 kodlu öğrenci düşüncelerini “masanın üzerine kaldırmalarını yorumlamak lazım. Buna göre Can daha güçlü.” şeklinde ve 68 kodlu öğrenci düşüncelerini “bahsedemeyiz ki. Yer değiştirme yok. İş yok yani... ama masanın üstünü baz alırsak Can daha güçlü olur. Çünkü masanın üstüne kadar yapılan işi Can daha kısa sürede yapmıştır.” şeklinde söylemiştir. Benzer şekilde 30 kodlu öğrenci gücü birim zamanda yapılan iş olarak tanımlamaktadır. 35 kodlu öğrenciyse birim zamanda yapılan iş tanımlamasını anlamlandıramayarak iş yapılmadığını bu nedenle gücün yorumlanamayacağını belirtmektedir. Bu öğrenci “çünkü... ama iş yapılmadığı için sayılmaz... güçleri hakkında yorum yapabilirsin ama tam kesin bir şey söyleyemezsin. Çünkü güç birim zamanda yapılan işti. Bunların ikisi de iş yapamadığı için zamana bölemeyiz. İş yapsalardı zaman bölerdik.” şeklinde düşüncelerini ifade etmektedir. 2, 40 ve 65 kodlu öğrenciler gücü enerji aktarım hızı şeklinde tanımlayarak Can’ın daha güçlü olduğunu söylemektedirler. Örneğin 40 kodlu öğrenci “Can. İkisi de 10 kez yapıyor. Biri bir dakikada diğeri 30 saniyede. Can daha hızlı. Hani enerji aktarım hızı demiştik güç için. Birinin hızı daha fazla.... Her zaman gücü yorumlamak için her zaman iş yapılmak zorunda değil.” şeklinde düşüncelerini belirtmektedir. 5. soruyla ilgili olarak 30 ve 65 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Ali ve Can 10 kg kütleli bir bavulu 1 m yüksekliğindeki masanın üzerine kaldırma yarışı yaparlar. Ali 1 dakikada 10 kez kaldırıp indirip yerine bırakıyor. Can bavulu 30 saniyede 10 kez kaldırıp indirmekte ve yerine bırakmaktadır. Bu süreçte bir iş yapılmış mıdır?

30: bence iş yapılmamıştır... çünkü belli bir yer değiştirme yok sadece... İş yapıldıysa da yer çekimi kuvvetine karşı iş yapılmıştır. Ama toplamında bir iş yoktur bence. bir yer değiştirme yok. Konumunda veya cisimde her hangi bir yer değiştirme yok. Olduğu gibi sadece olduğu yerde kaldırıyorlar, indiriyorlar. Başka bir şey yok. (ÖKM)

30: sonuçta uyguladığım kuvvet doğrultusunda... Burada bir şey konuşmalıyım bunlar yürütmüyorlar. Sadece yukarı kaldırıyorlar şurada bu masanın üzerine koyuyorlar. (A: aldıkları ilk konuma bırakıyorlar. Nereden almışlarsa oraya bırakıyorlar.) bu bavulu yerden masanın üzerine çıkartırken iş var. Sonuçta benim uyguladığım kuvvet doğrultusunda bir yer değişmesi var bunun. Ama toplam olarak bakarsam orda bir iş yok. Sonuçta bir yer değiştirme yok. (SKM)

A: hangisi daha güçlüdür?

30: o kesinlikle Can. Çünkü daha kısa sürede daha fazla kaldırıp indiriyor. (ÖKM)

30: ...ya bu Can daha güçlü gibi geliyor ama kafamı karıştıran iş yok. İşin olmadığı yerde gücü... sonuçta güç birim zamanda yapılan iş... Bence Can daha güçlüdür. (A: toplam iş sıfırda güçten söz edebilir miyiz?) ya buradan bi toplam iş yok ama şimdi orda iki hareket var.

Bir aşağıdan yukarı birde yukardan aşağı hareket var. Bu hareketleri ayrı ayrı düşündüğünüzde belki bir iş var. Bu iş olduğundan dolayı burada da belli bir güç elde edilecek. Gücünde artışı eksisi yok. Buna göre Can daha güçlü. (SKM)

.....

A: Ali ve Can 10 kg kütleli bir bavulu 1 m yüksekliğindeki masanın üzerine kaldırma yarışı yaparlar. Ali 1 dakikada 10 kez kaldırıp indirirken Can bavulu 30 saniyede 10 kez kaldırıp indirmekte ve yerine bırakmaktadır. Bu süreçte bir iş yapılmış mıdır?

65: Yapılmıştır... Kaldırıyor koyuyor iş yapıyor yani. (ÖKM)

65: yapılmamıştır. $F \cdot \Delta x$ di. Yer değişimi yok. (SKM)

A: Hangisi daha fazla iş yapmıştır? Ali mi Can mı?

65: Normalde Can 30 sn'de daha hızlı iş yapıyor ama ikisi de iş yapıyor. Sonuçta iş, hani oraya kaldırma koyma olduğuna göre ikisi de aynı işi yapıyor. Biri daha hızlı yapıyor. (A: Peki bu hızlilik neyi gösterir?) Hızlilik... daha hızlı yaptığını gösterir. (ÖKM)

A: Hangisi daha güçlüdür? Ali mi Can mı?

65: Can daha güçlüdür. 30 sn'de kaldırıyor, koyuyor. Ali 1dk. koyuyor. (ÖKM)

65: Ali dakikada 10 kez kaldırıyor, Can 30 saniyede 10 kez kaldırıyor. Güç birim zamanda yapılan enerji aktarımdı. O zaman Can daha güçlüdür. (SKM)

Klinik mülakatlarda enerji ve ilişkili kavramlarla ilgili öğrencilere son olarak 'Kum torbasına yumruk atan sporcunun vuruşu sürecinde iş yapılmış mıdır?' sorusu yöneltilmiştir. Bu soru ve ilgili alt sorular için verilen cevaplar Tablo 99'da sunulmuştur.

Tablo 99. Klinik mülakatların 6. sorusu ve alt soruları kapsamında iş ve güç kavramlarıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Kum torbasına yumruk atan sporcunun vuruşu sürecinde iş yapılmış mıdır?	Yapılmıştır.	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
Sporcunun vuruşu esnasında kum torbasına uyguladığı kuvvetin 5N, bu süreçte kum torbasının yer değiştirmesinin 20cm ve geçen zamanın 0,5s olduğu bilgisinden hareketle yapılan işi hesaplayınız.	Hesaplayamam (hatırlamıyorum)	2, 40, 53, 65	53
	$iş = F \cdot x = 5 \cdot 20 = 100$	34, 38	-
	$iş = F \cdot \Delta x = 5N \cdot 0,2m = 1$	35, 68	-
	$W = F \cdot x = 5 \cdot 20 = 100 \text{ Joule}$	1	34
	$F \cdot x$ zamana da bağlı olduğundan hesaplayamam.	30	-
	$iş = 5 \cdot 20 = 100 \text{ N} \cdot \text{sn}$	52	-
	$W = F \cdot \Delta d = 5 \cdot (0,2) = 1 \text{ Joule}$	-	2, 10, 30, 35, 38, 40, 52, 65, 68
Sporcunun gücünü hesaplayınız.	Hesaplayamam (hatırlamıyorum)	2, 40, 53, 65	53
	$Güç = \frac{100}{0,5} = 100 \cdot \frac{10}{5} = 200$	10, 52	-
	$Güç = iş \cdot zaman = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ wolt}$	34, 38	-
	$Güç = \frac{iş}{t} = \frac{1}{0,5} = 2$	35, 68	-
	$P = \frac{F \cdot \Delta d}{t} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ watt}$	-	2, 10, 30, 35, 38, 40, 52, 65, 68
	$\frac{100}{0,5} = 200 \text{ volt}$	-	34

Tablo 99'daki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrenciler sporcunun vuruşu sürecinde iş yapıldığını belirtmelerine karşın, işin ve gücün

hesaplanması noktasında başarılı olamamışlardır. İşi hesaplamada 2, 40, 53 ve 65 kodlu öğrenciler ilgili formülü hatırlayamadıkları gerekçesiyle hesaplama yapamamışlardır. 30 kodlu öğrenci ilgili formülü hatırlamasına karşın formülün zamana da bağlı olduğunu düşündüğünden hesaplama yapamamıştır. Bu öğrenci düşüncesini “iş $F \cdot x$ idi yatayda. Bunun zamana bağlılığını düşünürsek bu zamanda tam bir şey söyleyemiyorum ya...” olarak ifade etmiştir. 10, 34, 38, 35, 52 ve 68 kodlu öğrenciler işin hesaplanmasında kuvvet ve yer değiştirme arasındaki ilişkiyi doğru anlamlandırsalar da başarılı olamamışlardır. Bu öğrenciler iş ve/veya yer değiştirmenin birimini belirleme noktasında yanılıya düşmüşlerdir. Gücü hesaplamada 2, 40, 53 ve 65 kodlu öğrenciler ilgili formülü hatırlayamadıkları gerekçesiyle hesaplama yapmamışlardır. 10 ve 52 kodlu öğrenciler işi doğru hesaplayamamadan kaynaklanan hata nedeniyle birimi de göstermeksizin yanlış cevap vermişlerdir. 34 ve 58 kodlu öğrenciler iş ve zaman arasındaki ilişkiyi doğru kuramadıkları için yanlış hesaplama yapmışlardır. 35 ve 68 kodlu öğrenciler doğru hesaplama yapmalarına karşın birimi yazamamıştır.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin ilgili soru kapsamında işin ve gücün hesaplanması noktasında daha başarılı oldukları görülmektedir (Tablo 99). Öğrencilerin tamamı işin yapıldığını belirtmişlerdir. 53 kodlu öğrenci formülü hatırlayamadığı için hesaplama yapamamıştır. 34 kodlu öğrenci yer değişiminin birimini belirleyemediği için doğru cevap verememiştir. Diğer öğrencilerin tamamı başarılı olmuşlardır. Sporcunun gücünü hesaplama konusunda da 34 ve 53 kodlu öğrenciler hariç tüm öğrenciler başarılı olmuşlardır. 6. soruyla ilgili olarak 38 ve 52 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Şimdi, şekilde gördüğün gibi bir sporcu kum torbasına yumruk atmaktadır. Kum torbasına atılan yumruk sürecinde iş yapılmış mıdır?

38: iş yapmış mıdır? Kuvvet uyguluyor. Bunun yeri değişiyor. İş yapmıştır. Kuvvet uygulandığında kum torbasının yerini değiştirebiliyor. (ÖKM)

38: yapılmıştır. (SKM)

A: Kum torbasına yumruk atan sporcunun vuruşu esnasında kum torbasına uyguladığı kuvvetin 5N, bu süreçte kum torbasının yer değiştirmesinin 20cm ve geçen zamanın 0,5s olduğu bilgisinden hareketle yapılan işi hesaplayabilir misin?

38: $P = F \cdot x = 5 \cdot 20 = 100$ (A: birimi?) Newton x santimetre diyecem şimdi. Birimini bilmiyorum. (ÖKM)

38: $W = F \cdot \Delta x = 5 \cdot (0,2) = 1 \text{ Joule}$ (SKM)

A: Sporcunun gücünü hesaplayabilir misin?

38: güç, iş çarpı zaman... $Güç = P \cdot t = 100 \cdot 0,5 = 50$ (A: birimi ne?) bilmiyorum. (ÖKM)

38: $P = \frac{W}{t} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ watt}$ (A: birimi?) watt. (SKM)

.....

A: Şimdi, şekilde gördüğün gibi kum torbasına yumruk atan sporcunun vuruşu esnasında kum torbasına uyguladığı kuvvetin 5N, bu süreçte kum torbasının yer değiştirmesinin 20cm ve

geçen zamanın 0,5s olduğu bilgisinden hareketle bir işin yapılıp yapılmadığını söyleyebilir misin?

52: Yapılmıştır. Sonuçta uygulanan kuvvetten dolayı kum torbasında değişiklikler oluyor fiziksel olarak. Mesela büzüşüyor. Hareket ediyor. (ÖKM)

52: yer değiştirme olduğu için yapılmıştır. (SKM)

A: İş hesaplayabilir misin?

52: İş... İşin formülü...güç çarpı saniye miydi değildi. Kuvvet çarpı yol olabilir iş. 5×20 olabilir mesela. $İş=5 \cdot 20=100$. (A: Birimi). Ne olabilir? Joule olamaz. Newton'da olamaz. (A: Joule ya da Newton niçin olamaz?) Çünkü birimi N·sn.... (A: Joule niçin olamaz?) Joule enerji birimi. (ÖKM)

52: $W = F \cdot \Delta x = 5 \cdot (0,2) = 1 \text{ Joule}$ (SKM)

A: Sporcunun gücünü hesaplayabilir misin?

52: $100/0,5=200$ (A: Niçin böldün?) Bir işi ne kadar şey yapabiliyorsanız... Ya aklıma şey geliyor. Bir işi ne kadar kısa zamanda yapabiliyorsanız o kadar güçlüsünüz. (A: Birimi nedir?) Gücün birimi W'li (double v) bir şeydi galiba. Hatırlayamadım. (ÖKM)

52: $P = \frac{W}{t} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ watt}$ (SKM)

3.2.2. ET İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Bu kapsamda öğrencilere enerji türlerini düşündüğünde/duyduğunda aklına neler geldiği (mülakat 1. sorusu kapsamında) ve gerçek yaşama yönelik durumlarla (mülakat 2, 3 ve 4. soruları kapsamında) ilgili sorular yöneltilmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar ana sorular ve alt sorular temelinde tablolar halinde sunulmuştur. Tablolardan sonra bazı öğrencilerle yapılan mülakatlardan alıntılara verilmiştir.

Teorik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerden cevaplama istenen ilk soru olan “enerji türlerini duyduğunda-düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusu ve ilgili alt sorular için verilen cevaplar Tablo 100’de sunulmuştur.

Tablo 100. Klinik mülakatların 1. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji türleriyle ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Enerji çeşitlerini duyduğunda-düşündüğünde aklına ne geliyor?	Isı enerjisi	2, 10, 30, 34, 35, 40, 52, 53, 65, 68	35
	Kinetik enerjisi	10, 34, 38, 40, 52, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Potansiyel enerjisi	10, 34, 35, 38, 52, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Işık enerjisi	2, 30, 52, 68	
	Elektrik enerjisi	10, 34, 53, 68	
	Güneş enerji	38, 40, 52, 65	
	Mekanik enerji	35, 52	

Tablo 100'ün devamı

	Rüzgâr enerjisi	38, 53		
	Nükleer enerji	65, 68		
	Su enerjisi	30, 38		
	Hareket enerjisi	2, 40	30	
	Kimyasal enerji	65, 68		
	Ses enerjisi	68		
	Bio enerji	68		
	Termal enerji	-	30	
	Esneklik potansiyel enerji	-	35	
- Belirttiğin enerji çeşitlerini belirli gruplar altında toplayabiliyor musun?	Cevap yok (suskunluk/bilmiyorum/sınıflandıramam).	2, 34, 35, 40, 52, 53, 65, 68	30, 35	
	Potansiyel enerji	---		
	Kinetik enerji	Isı enerjisi	10	-
		Elektrik enerjisi		
	Etkisine göre enerji	Parlayan enerji	30	-
		Dağıtıcı-yıkıcı enerji		
	Yayılma durumuna göre enerji	Dalga dalga yayılan enerji	30	-
		Serpintili yayılan enerji		
	Doğal ve yapay enerji	38	-	
	Kinetik enerji	Mekaniksel kinetik enerji	-	2, 10, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
		Termal enerji	-	2, 10, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
		Ses enerjisi	-	2, 10, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Potansiyel enerji	Yer çekimi potansiyel enerjisi	-	2, 10, 38, 40, 52, 53, 65, 68
		Esneklik potansiyel enerjisi	-	2, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
		Elektriksel potansiyel enerjisi	-	2, 10, 34, 38, 40, 52, 65, 68
		Manyetik potansiyel enerji	-	2, 10, 34, 40, 53, 65, 68
		Nükleer potansiyel enerji	-	2, 10, 34, 40, 52, 53, 65
Kimyasal potansiyel enerji		-	10, 34, 38, 40, 52, 65, 68	
Radyan potansiyel enerji		-	2, 10, 40, 52, 65, 68	

Tablo 100'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji türleri ile ilgili oldukça fazla alternatif fikire sahip oldukları görülmektedir. Öğrenciler, enerji türleri olarak çoğunlukla ısı enerjisi (Ö2, Ö10, Ö30, Ö34, Ö35, Ö40, Ö52, Ö53, Ö65, Ö68), kinetik enerji (Ö10, Ö34, Ö38, Ö40, Ö52, Ö65, Ö68), potansiyel enerji (Ö10, Ö34, Ö35, Ö38, Ö52, Ö65, Ö68), ışık enerjisi (Ö2, Ö30, Ö52, Ö68), elektrik

enerjisi (Ö10, Ö34, Ö53 ve Ö68) ve güneş enerjisinden (Ö38, Ö40, Ö52 ve Ö65) söz etmişlerdir. Az sayıda öğrenci mekanik enerji (Ö35 ve Ö52), rüzgâr enerjisi (Ö38 ve Ö53), nükleer enerji (Ö65 ve Ö68), su enerjisi (Ö30 ve Ö38), hareket enerjisi (Ö2 ve Ö40), kimyasal enerji (Ö65 ve Ö68), ses enerjisi (Ö68) ve bio enerjiden (Ö68) bahsetmişlerdir. Buna göre öğrencilerin gerçekte enerji çeşitlerini ifade ettikleri açıktır. Enerji çeşitlerinin türlerine göre sınıflandırılmasına ise öğrencilerin tamamına yakınının cevap veremediği dikkat çekmektedir. Bu soruya cevap veren öğrenciler arasından 10 kodlu öğrenci enerji türlerini potansiyel ve kinetik olarak ayırırken ısı ve elektrik enerjisini kinetik enerjinin çeşidi olarak nitelendirmektedir. Öğrenci düşüncelerini “mesela yapısal olarak durduğundan dolayı, yüksekliğinden kaynaklanan enerjiye potansiyel, hareketinden dolayı olana kinetik, ısı enerjisinde maddelerin falan çarpışması var. O yüzden onu da kinetik olarak düşünebiliriz. Elektrikte aynı şekilde yine böyle bir yerden bir yere iletilirken titreşim gibi bir şey. O şekilde gidiyor. Bunu da kinetik kategorisine koyabiliriz.” şeklinde ifade etmiştir. 30 kodlu öğrenci enerji türlerini etkisine (parlayan ve dağıtıcı/yıkıcı enerji) ve yayılma durumuna (dalga dalga ve serpintili) göre olarak sınıflandırmıştır. Öğrenci düşüncelerini “gruplanabilir. Nasıl gruplanabilir mesela enerji ortaya çıktığında verdikleri tahribata ya da oluşturdukları şeye göre mesela. Kimisi parlayan bir enerji olabilir. Kimisi dağıtıcı yıkıcı bir etkiye sahip olabilir. Bu şekilde... Mesela yaptıkları hareketlere göre kimisi dalgalı şekilde yayılıyor mesela, dalga dalga yayılır. Kimisi serpintili bir şekilde mesela...” şeklinde belirtmiştir. 38 kodlu öğrenciyse enerji türlerini doğal ve yapay enerji olarak gruplandırmıştır.

Son klinik mülakatlarda iki öğrenci hariç (30 ve 35 kodlu öğrenciler) tüm öğrencilerin enerji türleri ile ilgili algılamalarının olumlu yönde değiştiği Tablo 100’de görülmektedir. Enerji türleri ile ilgili olarak 30 kodlu öğrenci kinetik enerji, potansiyel enerji, hareket enerjisi ve termal enerjiden 35 kodlu öğrenci ısı enerjisi, kinetik enerji, yerçekimi ve esneklik potansiyel enerjiden söz etmişlerdir. Enerji türlerini doğru bilen öğrencilerin kinetik enerjinin çeşitlerini de eksiksiz belirttikleri tabloda görülmektedir. Potansiyel enerjinin çeşitleri ile ilgili 2, 10, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler yer çekimi potansiyel enerjisini, 2, 34, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler esneklik potansiyel enerjisini ve 2, 10, 34, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler elektriksel potansiyel enerjisini ifade etmişlerdir. 2, 10, 34, 40, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler manyetik potansiyel enerjisini, 2, 10, 34, 40, 52, 53 ve 65 kodlu öğrenciler nükleer potansiyel enerjisini, 10, 34, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler kimyasal potansiyel enerjisini ve 2,

10, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler radyan potansiyel enerjisini söylemişlerdir. Örneğin 10 kodlu öğrenci “iki çeşit enerji türü vardır: kinetik ve potansiyel. Sonra potansiyel enerji ayrılıyor. Yerçekimi potansiyeli, kimyasal potansiyel, nükleer potansiyel, manyetik potansiyel, elektrik potansiyel, radyan potansiyel enerji olarak kinetik ses, mekaniksel kinetik bide termal enerji.” ve 68 kodlu öğrenci “iki tane... potansiyel enerji, kinetik enerji.... kinetik enerjinin ses enerjisi, termal enerji, mekaniksel kinetik enerji. potansiyel enerjinin esneklik potansiyel enerjisi, elektriksel potansiyel enerjisi, kimyasal potansiyel enerjisi, manyetik potansiyel enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisi, radyan potansiyel enerji.” şeklinde cevaplar vermişlerdir. Enerji türleriyle ilgili olarak 35 ve 38 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Enerji türlerini düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

35: Potansiyel enerji geliyor. Isı enerjisi geliyor. Mekanik enerji geliyor. (ÖKM)

35: potansiyel enerji geliyor, kimyasal enerji geliyor, ısı enerjisi geliyor, esneklik potansiyel enerjisi geliyor. (SKM)

A: Enerji çeşitlerini düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

35:.... (A: mesela kinetiğin veya potansiyelin çeşitleri olabilir mi?) bence olamaz. Çünkü kinetik enerji zaten hareketlinin enerjisi olduğu içi hareketli tektir. (ÖKM)

35: özelliklerine göre sınıflandıramam. (SKM)

.....

A: Enerji türlerini düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

38: kinetik enerji, potansiyel enerji geliyor direk. Başka enerjilerde var tabi. Güneş enerjisi, barajlarda olan su enerjisi sanırım, rüzgâr enerjisi, moleküllerin parçalanmasıyla açığa çıkan bir enerji vardı adını bilmiyorum unuttum. (ÖKM)

38: enerji türleri iki tane, iki başlıca türü aklıma geliyor. Biri potansiyel enerjisi, diğeri kinetik enerjisi. (SKM)

A: Enerji çeşitlerini sınıflandırabilir misin?

38: hatırlamıyorum ama bir doğal enerji vardır. Güneş enerjisi gibi. Birde enerji üretiriz yapay enerji olarak. (A:yapay enerjiye örnek verebilir misin?) dedim ya hani su enerjisi. Su aslında akıyor biz onu yapıyoruz gibi geliyor bana. (A:elektrik enerjisi yapay bir enerji midir o zaman?) yani. (ÖKM)

38: Mesela potansiyel enerjisinin yerçekimi potansiyel enerjisi var, esneklik potansiyel enerjisi var. Kinetik enerjinin ses enerjisi falan var ama onları tam olarak hatırlamıyorum... Mekanik kinetik enerji ve termal enerji. (A: potansiyelin başka çeşitleri var mı?) elektriksel potansiyel enerjisi var, bağların kopmasıyla ilgili olan enerji vardı ismi aklıma gelmiyor... kimyasal potansiyel enerji. (SKM)

Pratik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerden cevaplama istenen ikinci soru kapsamındaki “Resimdeki bisikletli sabit hızla hareket halindedir. Sence bu bisikletli bir enerjiye sahip midir?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 101’de sunulmuştur.

Tablo 101. Klinik mülakatların 2. sorusu kapsamında enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Resimdeki gibi sabit hızla hareket eden bir bisikletçi hareket halindedir. Sence bu bisikletli bir enerjiye sahip midir?	Sahiptir.	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
- Hangi enerji çeşitleri vardır?	Kinetik enerji	2, 10, 34, 35, 38, 40, 52, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Potansiyel enerji	10, 34, 40, 65	30, 34, 35, 38, 40, 53, 65, 68
	Isı enerjisi	10, 34, 35, 40, 52, 53, 65, 68	35
	Mekanik enerjisi	30, 65	-
	Hareket enerjisi	53	-
	Termal	-	2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68

Tablo 101'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda tüm öğrenciler bisikletlinin enerjisi olduğunu belirtmelerine karşın enerji çeşitlerinin belirlenmesi noktasında bazı alternatif fikirler ortaya koymuşlardır. 2, 10, 34, 35, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler bisikletlinin kinetik enerjisi, 10, 34, 40 ve 65 kodlu öğrenciler potansiyel enerjisi olduğunu ve 30 ve 65 kodlu öğrenciler mekanik enerjisi olduğunu belirtmişlerdir. 10, 34, 35, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler bisikletlinin ısı enerjisine ve 53 kodlu öğrenci hareket enerjisine sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 10 kodlu öğrenci düşüncesini “sahiptir. Kinetik enerjisi var. Yoldan dolayı ilk hızı sürtünme ama o enerji olmaz ki olur mu acaba. Sürtünme kuvveti var.... Eğer duruşundan kaynaklanan bir şey varsa potansiyel enerjisi de vardır. Kendisi ısınıyor mesela, terliyor vücudu ısı enerjisine sahip.” ve 40 kodlu öğrenci düşüncesini “vardır. Hızından dolayı bir kinetik enerjiye sahiptir diye düşünüyorum. İllaki birde potansiyeli vardır. Hareketinden dolayı. Vücudunda hareketten dolayı bir ısınma meydana gelmiş olabilir. Başka enerji çeşitleri aklıma gelmiyor ki onlarda olabilir mi diye düşünüyem.” şeklinde söylemişlerdir.

Son klinik mülakatlarda bir öğrenci hariç (35 kodlu öğrenci) tüm öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme noktasındaki yeterliliklerinin olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 101). 2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler bisikletlinin kinetik enerjisi olduğunu, 30, 34, 35, 38, 40, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel enerjisi olduğunu ve 2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler termal enerjisini olduğunu belirtmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 68 kodlu öğrenci düşüncesini “sahiptir. Hareket halinde kinetik enerjisi var. Termal enerjisi var. Burasını yeri referans

noktası alırsak yerçekimi potansiyel enerjisi var.” ve 40 kodlu öğrenci düşüncesini “iç enerjisi vardır. Eğer sistem olarak düşünürsek kinetik enerjiye de sahip hareket ettiği için. Yerden belli bir yüksekte olduğu için potansiyel enerjisini dikkate alabiliriz.” olarak ifade etmişlerdir. 35 ve 53 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Resimdeki gibi sabit hızla hareket eden bir bisikletçi hareket halindedir. Sence bu bisikletli bir enerjiye sahip midir?

35: vardır. Kinetik enerjiye sahiptir hareket ettiğinden dolayı. (A: başka enerjisi var mıdır?) ısı enerjisi vardır. (A: Açıklar mısın?) ya, şunda hareket ettiği için ısınmıştır. Vücudu sıcaktır. Elleri terlemiştir. Isı enerjisi vücudundadır. (A: başka enerji çeşidine sahip midir?) bence yoktur. (ÖKM)

35: kinetik enerjisi var. (A: başka bir enerjisi var mı?) yerden yüksekte referans noktası burasıysa azda olsa potansiyel enerjisi var. Hareket ettiği için vücut ısısı artmıştır. Birde ısı enerjisi var. (SKM)

.....

A: Resimdeki gibi sabit hızla hareket eden bir bisikletçi hareket halindedir. Sence bu bisikletli bir enerjiye sahip midir?

53: Şimdi hareketinden dolayı kazandığı enerji vardır. (A: Nedir o?) Hareket enerjisi diyelim geliyor ama böyle bir enerji var mıdır? Onu da bilmiyorum. (A: Başka enerjisi var mıdır?) ısı enerjisi olabilir. Metabolizmanın çalışmasından dolayı. Çalışmasının en hızlı olduğu yerde ısı enerjisi en yüksek olur. (A: Başka enerjisi var mıdır?) yok. (ÖKM)

53: vardır. Hareket enerjisi vardır. Termal enerjisi vardır. Yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. (SKM)

Öğrencilerin, üçüncü soru kapsamındaki “A durumunda m kütleli cisim yerden 3h yüksekliğinde, yay denge konumundadır. B durumunda m kütleli cisim yayı sıkıştırarak h yüksekliğinde durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık değişimi olmamıştır. Cismin ve yayın A ve B konumlarının sahip olduğu enerji çeşitlerini söyleyebilir misin?” sorusu için verdikleri cevaplar Tablo 102’de sunulmuştur.

Tablo 102. Klinik mülakatların 3. sorusu kapsamında enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap		Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat		
A durumunda m kütleli cisim yerden 3h yüksekliğinde, yay denge konumundadır. B durumunda m kütleli cisim yayı sıkıştırarak h yüksekliğinde durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık değişimi olmamıştır. Cismin ve yayın A ve B konumlarının sahip olduğu enerji çeşitlerini söyleyebilir misin?	A konumu	Cisim	Potansiyel enerji	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68	
			Isı enerjisi	53	-	
		Yay	Cisim	Termal enerji	-	2, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
				Enerjisi yok	2, 30, 35, 38, 68	30, 35,
	Yay		Potansiyel enerji	34, 40, 52, 65	34, 52, 65,	
			Isı enerjisi	53	-	
	Termal enerji	-	2, 10, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68			

Tablo 102'nin devamı

A durumunda m kütleli cisim yerden 3h yüksekliğinde, yay denge konumundadır. B durumunda m kütleli cisim yayı sıkıştırarak h yüksekliğinde durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık değişimi olmamıştır. Cismin ve yayın A ve B konumların sahip olduğu enerji çeşitlerini söyleyebilir misin?	B konumu	Cisim	Potansiyel enerji	2, 10, 30, 34, 35, 38, 52, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
			Kinetik enerji	2, 30, 34, 40, 52, 53, 68	-
			Isı enerjisi	53	-
			Termal enerji	-	2, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
		Yay	Sıkıştırmadan kaynaklanan enerji	2, 40, 68	-
			Kinetik enerjisi	30, 35, 40	30
			Yay potansiyel enerjisi	10, 34	10
			Potansiyel enerji	52, 65	34, 65
			Esneklik potansiyel enerjisi	38	2, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
			Isı enerjisi	53	-
			Termal enerji	-	2, 10, 34, 38, 40, 52, 65, 68

Tablo 102'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrenciler enerji çeşitlerinin belirlenmesi konusunda çeşitli alternatif fikirler ortaya koymuşlardır. A konumunda cismin sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel enerjiden ve 53 kodlu öğrenci ısı enerjisinden söz etmişlerdir. A konumunda yayın sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak da 2, 30, 35, 38 ve 68 kodlu öğrenciler enerjisinin olmadığından, 34, 40, 52 ve 65 kodlu öğrenciler (yerçekimi) potansiyel enerjisinden ve 53 kodlu öğrenci ısı enerjisinden söz etmiştir. B konumunda cismin sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 2, 10, 30, 34, 35, 38, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel enerjiden, 2, 30, 34, 40, 52, 53 ve 68 kodlu öğrenciler kinetik enerjisinden ve 53 kodlu öğrenci ısı enerjisinden bahsetmiştir. B konumunda yayın sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 2, 40 ve 68 kodlu öğrenciler yayın sıkıştırılmasından kaynaklanan bir enerjisi, 30, 35 ve 40 kodlu öğrenciler kinetik enerjisi, 10 ve 34 kodlu öğrenciler yay potansiyel enerjisi, 52 ve 65 kodlu öğrenciler (yerçekimi) potansiyel enerjisi, 38 kodlu öğrenci esneklik potansiyel enerjisi ve 53 kodlu öğrenci ısı enerjisi olduğunu dile getirmişlerdir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme konusundaki yeterliliklerinin genelde olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 102). A konumunda cismin sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler yerçekimi potansiyel enerjiden ve 2, 34, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler termal enerjisinden söz etmişlerdir. A konumunda yayın sahip olduğu enerji

çeşitleriyle ilgili olarak da 30 ve 35 kodlu öğrenciler enerjisinin olmadığından, 34, 52 ve 65 kodlu öğrenciler (yerçekimi) potansiyel enerjisinden ve 2, 10, 34, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenci termal enerjisinden söz etmiştir. Buradan 30 ve 35 kodlu öğrencilerin ön mülakattaki görüşlerinde ısrarcı oldukları belirlenmiştir. B konumunda cismin sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel ve 2, 34, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler termal enerjiden bahsetmiştir. B konumunda yayın sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 34 ve 65 kodlu öğrenciler (yerçekimi) potansiyel enerjisi, 2, 34, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler esneklik potansiyel enerjisi ve 2, 10, 34, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler termal enerjisi olduğunu dile getirmişlerdir. 30 kodlu öğrenci yayın kinetik enerjisi ve 10 kodlu öğrenci yayın potansiyel enerjisi olduğunu ifade ederek ön mülakattaki görüşlerinde ısrarcı olduklarını göstermişlerdir. 40 ve 52 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: A konumunda cismin ve yayın sahip olduğu enerji çeşitlerini söyleyebilir misin?

40: Cismin bir potansiyel enerjisi var. Sabit durduğu için kinetik enerjisi yok. Yayda yine denge konumunda olduğu için onunda bir kinetik enerjiye sahip olduğunu düşünmüyorum. Oda potansiyel enerjiye sahip. (A: yaydaki potansiyel enerjiyi açıklar mısın?) sabit durumlarda olduğunu düşünüyorum. Durgun olduğu için sahip olunan enerji. (ÖKM)

40: cismin ilk durumda $3mgh$ 'lık bir yerçekimi potansiyel enerjisi var. Yay denge konumunda olduğu için esneklik potansiyel enerjisi yok. İç enerjileri var. (SKM)

A: peki B durumunda?

40: B durumuna bakınca dediğim tanım yanlış oluyor. Sabit olan her cismin potansiyeli olmuyor. Çünkü burada belli bir kinetik enerjisi oluyor hem cismin hem de yayın... Duruyorlar. Durdukları anda da illaki enerjileri var. Yay sıkıştığı için enerjisi artar. (A:hangi enerjisi artar?) ...bilmiyorum. (ÖKM)

40: eğer yeri referans kabul edersem yine bir yerçekimi potansiyel enerjisi var. Yayın esneklik potansiyel enerjisi var. İç enerjileri var. Her cismin iç enerjisi vardır. (SKM)

.....

A: A ve B durumlarında cismin ve yayın enerji çeşitlerini belirleyebilir misin?

52: A durumunda m kütesinin potansiyel enerjisi var. (A: Başka?) Bu konumda başka enerji çeşidi yok. (A:Peki yayın?) Yoktur.... Vardır aslında. Denge konumundayken vardır. Potansiyel enerjisi vardır onunda. (A: Başka?) Başka enerjisi yoktur. (ÖKM)

52: A durumunda cismin yüksekliğinden dolayı yerçekimi potansiyel enerjisi var. Termal enerjisi var. Yayın termal enerjisi var. Birde yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. (SKM)

A: B durumunda...

52: Cismin hala potansiyel enerjisi var. Bir kısmı kinetik enerji... Kinetik enerji var. (A:cismin mi?) Evet cismin. (A:Peki yayın enerjisi var mı?) Var. Cisim bir kısmını zaten yaya aktarıyor. (A: Yayın ne çeşit bir enerjisi var?) Potansiyel enerjisi var. (ÖKM)

52: cismin yine yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. Termal enerjisi var. Yayın esneklik potansiyel enerjisi ve termal enerjisi var. (SKM)

Öğrencilerden cevaplaması istenen dördüncü soru kapsamındaki “ m kütleli bir cisim A konumundan B konumuna çıkmakta ve bir an için durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık

değişimi olmamıştır. Referans noktamız yerden h yüksekliğindedir. Buna göre cismin A ve B konumlarında sahip olduğu enerji çeşitlerini belirleyebilir misin?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 103’te sunulmuştur.

Tablo 103. Klinik mülakatların 4. sorusu kapsamında enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat	
Şekilde görüldüğü gibi M kütleli bir cisim A konumundan B konumuna çıkmakta ve bir an için durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık değişimi olmamıştır. Referans noktamız yerden h yüksekliğindedir. Buna göre cismin A ve B konumlarında sahip olduğu enerji çeşitlerini belirleyebilir misin?	A konumu	Kinetik enerji	2, 10, 30, 35, 38, 52, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 65, 68
		Potansiyel enerji	10, 34, 40	2, 10, 34, 35, 38, 40, 52, 68
		Hareket enerjisi	34, 53	-
		Tanecik enerjisi	10	-
		Isı enerjisi	53	-
		Termal enerji	-	2, 10, 30, 38, 40, 52, 65, 68
	B konumu	Potansiyel enerji	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
		Kinetik enerji	10	-
		Tanecik enerjisi	10	-
		Isı enerjisi	53	-
Termal enerji		-	2, 10, 30, 38, 40, 52, 53, 65, 68	

Tablo 103’teki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda bazı öğrenciler enerji çeşitlerinin belirlenmesinde alternatif fikirler ortaya koymuşlardır. A konumunda cismin sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 2, 10, 30, 35, 38, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler kinetik enerjiden, 10, 34 ve 40 kodlu öğrenciler potansiyel enerjiden, 10 kodlu öğrenci tanecik enerjisinden ve 53 kodlu öğrenci ısı enerjisinden söz etmişlerdir. B konumunda cismin sahip olduğu enerji çeşitleriyle ilgili olarak 2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel enerjiden, 10 kodlu öğrenci kinetik ve tanecik enerjisinden ve 53 kodlu öğrenci ısı enerjisinden söz etmişlerdir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme noktasındaki yeterliliklerinin genelde olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 103). A konumunda cismin sahip olduğu enerji çeşitlerini 2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler kinetik enerji, 2, 10, 34, 35, 38, 40, 52 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel enerji ve 2, 10, 30, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler termal enerji olarak belirlemişlerdir. B konumunda cismin sahip olduğu çeşitlerini 2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel enerji ve 2, 10, 30, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler termal

enerji olarak belirtmişlerdir. 10 ve 34 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Şekilde görüldüğü gibi M kütleli bir cisim A konumundan B konumuna çıkmakta ve bir an için durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık değişimi olmamıştır. Referans noktamız yerden h yüksekliğindedir. Buna göre öncelikle cismin sahip olduğu enerji çeşitlerini belirleyebilir misin, A ve B konumlarında?

10: bunu hareket ettirdiğine göre bu noktaya çıktığına göre bunun kinetiği var. (A: başka bir enerji çeşidine sahip midir?) burası sıfır noktası değil mi? Başka bir enerjisi yoktur. Ama yapısal, bu cismin kendi yapısında potansiyel enerji vardır. Ama yüksekliğinden dolayı değil. Sadece taneciklerinden dolayı kaynaklanan. Tanecik enerjisi! (A: B durumunda?) burada potansiyel, kinetik ve bunda da tanecik vardır. (A: başka?) ısı olmadığına göre yok. (ÖKM)

10: eksi yönde bir potansiyel enerjisi var. Termal enerjisi var. Kinetik enerjiye de sahip. B konumunda potansiyel ve termal enerji. (A: başka enerji çeşidi var mı?) yok. (SKM)

.....

A: Şekilde görüldüğü gibi M kütleli bir cisim A konumundan B konumuna çıkmakta ve bir an için durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık değişimi olmamıştır. Referans noktamız yerden h yüksekliğindedir. Buna göre öncelikle cismin sahip olduğu enerji çeşitlerini belirleyebilir misin, A ve B konumlarında?

34: cismin bir ilk hızının olması gerekiyor. Bu durumda cisme bir kuvvet uygulanması lazım. Hareket enerjisinin olması gerekiyor. (A: başka?) bence potansiyel enerjisi de vardır burada. Şuan yerden herhangi bir yüksekliği yok ve biz potansiyel enerjiyi mgh olarak tanımladık. Kütlelerinden kaynaklanan bir enerjisi var. (A: kütleden kaynaklanan enerji potansiyel enerji midir?) olabilir. (A: bu cisim B noktasında hangi enerjilere sahiptir?) durduğu anda sadece potansiyeli vardır. (ÖKM)

34: ısı değişimi yoksa sürtünme yok. A'dan B'ye çıkıyorsa bir ilk hızının olması lazım. O yüzden ben A konumu için bir mekaniksel kinetik enerjisi vardır derim. Yerçekimi potansiyel enerjisi var ama eksi bir yerçekimi potansiyel enerjisi. (A: B konumunda?) B konumunda yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. (SKM)

3.2.3. ESİ İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

ESİ ile ilgili olarak öğrencilerden herhangi bir sistemin/cismin sahip olabileceği enerji çeşitlerini belirlemeleri (mülakat 1. sorusu kapsamında) ve gerçek yaşama yönelik durumları (mülakat 3 ve 4. soruları kapsamında) yorumlamaları istenmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar ana sorular ve alt sorular temelinde tablolar halinde sunulmuştur. Tablolardan sonra öğrencilerden bazılarıyla yapılan mülakatlardan alıntılar verilmiştir.

Teorik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

İlk soru kapsamındaki “enerji sistem ilişkisini duyduğunda/düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusunun alt sorularından biri olarak öğrencilere yöneltilen “bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleri nelerdir?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 104’te sunulmuştur.

Tablo 104. Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında herhangi bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleriyle ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
- Bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleri nelerdir?	Potansiyel enerji	2, 30, 34, 35, 40, 52, 65	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Kinetik enerji	10, 30, 35, 40, 52, 65	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Hareket enerjisi	2, 34, 53	-
	Isı enerjisi	2, 53	-
	Mekanik enerji	65	-
	Esneklik potansiyel enerji	-	10, 34, 35, 40, 65
	Termal enerji	-	2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 53, 65, 68
	Cevap yok (suskunluk).	38, 68	-

Tablo 104'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda bazı öğrenciler bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleriyle ilgili alternatif fikirler ortaya koymuşlardır. Öğrencilerin çoğunluğu kinetik (Ö10, Ö30, Ö35, Ö40, Ö52 ve Ö65) ve potansiyel (Ö2, Ö30, Ö34, Ö35, Ö40, Ö52 ve Ö65) enerjiden söz etmişlerdir. Bazı öğrencilerde hareket (Ö2, Ö34 ve Ö53), ısı (Ö2 ve Ö53) ve mekanik (Ö65) enerjiden bahsetmişlerdir. 38 ve 68 kodlu öğrenciler cevap vermemiştir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci “bir potansiyel enerjisi olabilir. Isısı olabilir. Hareket ediyorsa hareket enerjisi olabilir.”, 34 kodlu öğrenci “hareket halindeyse bir enerjiye sahiptir, duruyorsa duran bir enerji potansiyel enerji, en azından sürekli öğrettikleri şey enerjinin kaybolmayacağı doğada bir şekilde var olacağı.”, 40 kodlu öğrenci “bir cisim potansiyel enerjiye sahip olabilir, kinetik enerjiye sahip olabilir.” ve 65 kodlu öğrenci “Kinetik diyoruz. Potansiyel diyoruz. Mekanik diyoruz.” şeklinde düşüncelerini ifade etmişlerdir.

Son klinik mülakatlarda bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleri konusunda öğrenci yeterliliklerinin olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 104). Tüm öğrenciler kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisinin olabileceğini dile getirmişlerdir. 35 kodlu öğrenci dışındaki tüm öğrencilerse herhangi bir cismin termal enerjiye sahip olması gerektiğini belirtmişlerdir. 10, 34, 35, 40 ve 65 kodlu öğrenciler de bir cismin esneklik potansiyel enerjisine de sahip olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 40 kodlu öğrenci düşüncelerini “bir cismin bir kere termal enerjisi vardır. Sonra referans noktasına göre belli bir potansiyel enerjisi olabilir. Daha sonra hareketinden dolayı kinetik enerjisi olabilir. Durumuna göre esneklik potansiyel enerjisi olabilir.” olarak söylemiştir.

35 ve 38 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleri nelerdir?

35: duruyorsa potansiyel enerji, hareket halindeyse kinetiğe sahiptir. (ÖKM)

35: eğer hareket ediyorsa kinetik enerjisi vardır. Referans noktasına göre yerden aşağıda veya yuksekteyse potansiyel enerjisi vardır. Eğer esnek bir cisimse ve gerilmişse esneklik potansiyel enerjisi vardır. (SKM)

.....

A: bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitlerini söyler misin?

38:(ÖKM)

38: bir cisim eğer duruyorsa kinetik yok... bir termal enerjisi vardır. Ya da o konumundan kaynaklanan bir referans noktası aldığımızda potansiyel enerjisi olabilir.. o şekil. (SKM)

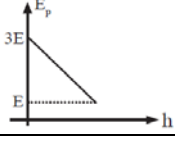
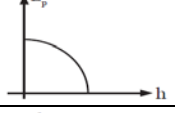
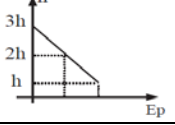
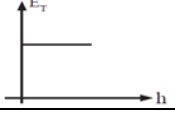
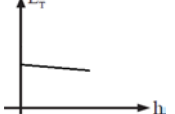
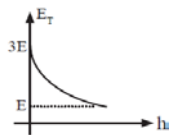
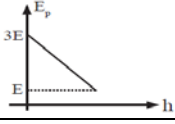
Pratik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerden cevaplama istenen üçüncü soru kapsamındaki “Cismin A konumunda sahip olduğu enerji çeşidinin süreçteki değişimine ait enerji-yükseklik (E-h) grafiğini çizebilir misin?” sorusu ile “cisim yay sisteminin toplam enerjisinin yükseklikle değişim grafiğini çizebilir misin?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 105’da sunulmuştur.

Tablo 105. Klinik mülakatların 3. sorusu kapsamında yerçekimi potansiyel enerjisinin ve toplam enerjinin yükseklikle değişim grafikleri için verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Cismin A konumunda sahip olduğu enerji çeşidinin süreçteki değişimine ait enerji-yükseklik (E-h) grafiğini çizebilir misin?		30, 35, 40	2, 10, 35, 38, 40, 52, 53, 68
		10	30
		2	
		34	
		38	

Tablo 105'in devamı

		52, 68	
		53	
		-	34
	Cevap yok (bilmiyorum)	65	65
- Grafiğini açıklar mısın?	Yükseklikle potansiyel enerji doğru orantılıdır.	10, 30, 35, 68	10, 30, 34, 35, 38, 40
	Serbest düşme hareketi olduğundan potansiyel kinetiğe dönüşür.	2	2
	Yükseklikle değişiyor ama doğrusal olmasından emin değilim.	40	-
	Potansiyel kinetiğe dönüşerek azalıyor.	38	-
	Anlamsız cevap	52	-
	Yayın sıkışmasından dolayı eğri olur.	53	-
	Enerji yükseklikle azalıyor.	-	52, 53, 68
	Cevap yok (susunluk)	34	-
Cisim yay sisteminin toplam enerjisinin yükseklikle değişim grafiğini çizebilir mısın?		2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 53	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 68
		52	
		68	
		-	65
	Cevap yok (bilmiyorum)	65	-
- Grafiğini açıklar mısın?	Toplam enerji miktarında değişim yok.	2, 10, 30, 35, 38, 40, 53	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 53
	Cismin ve yayın enerjisi kendi içinde dönüşür.	2	-
	Toplam enerji artıyor.	68	-
	Sistemin dışına enerji çıkmıyor.	-	52
	Enerjisi korunmuş.	-	68
	Cevap yok	34, 52	65

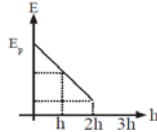
Tablo 105'deki cevaplardan da görüldüğü gibi ön klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji değişimleri ile ilgili grafiklerinin istenilen nitelikte olmadıkları belirlenmiştir. Cevap veren tüm öğrenciler cismin A konumunda sahip olduğu enerji çeşidi olarak yerçekimi potansiyel enerjisini dikkate almışlar ve potansiyel enerjinin yükseklikle değişim grafiğini çizmişlerdir. Buna göre 30, 35 ve 40 kodlu öğrenciler doğru grafiği çizerken diğer öğrenciler başarılı olamamışlardır. 10, 30, 35 ve 68 kodlu öğrenciler grafiklerini yükseklikle potansiyel enerjinin doğru orantılı olduğunu belirterek açıklamışlardır. 2 kodlu öğrenci grafiğiyle ilgili olarak cismin serbest düşme hareketi yaptığını ve bu nedenle potansiyelinin kinetiğe dönüştüğünü belirtmiştir. 40 kodlu öğrenci potansiyel enerjinin yükseklikle değiştiğini ancak grafiğin doğrusal çizilmesi gerektiğinden emin olmadığını ifade etmiştir. 38 kodlu öğrenci potansiyelin kinetiğe dönüşerek azaldığını, 53 kodlu öğrenci yayın sıkışmasından dolayı grafiğin eğri çizilmesi gerektiğini, 52 kodlu öğrenciyse karmaşık ifadelerde bulunmuştur. 34 kodlu öğrenci ise çizdiği grafik ile ilgili açıklama yapmazken 65 kodlu öğrenci hiç cevap vermemiştir. Cisim-yay sistemine ait toplam enerjinin yükseklikle değişim grafiğini çizme noktasındaysa 65 kodlu öğrenci cevap vermemiş, 52 ve 68 kodlu öğrenciler yanlış çizimlerde bulunmuş ve diğer tüm öğrenciler doğru çizim yapmışlardır. 2, 10, 30, 35, 38, 40 ve 53 kodlu öğrenciler grafiklerini toplam enerji miktarında değişim olmamasıyla açıklamışlardır. 2 kodlu öğrenci aynı zamanda cismin enerjisinin kendi içinde, yayın enerjisinin kendi içinde dönüştüğü belirtmiştir. 68 kodlu öğrenci toplam enerjinin arttığını ifade ederken 34 ve 52 kodlu öğrenciler açıklama yapmamışlardır.

Son klinik mülakatlarda cismin sahip olabileceği enerji çeşitlerinin neler olabileceğini belirleme konusunda öğrenci yeterliliklerinin olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 105). 34 kodlu öğrenci hariç diğer öğrencilerin potansiyel enerjinin yükseklikle değişim grafiğini istenilen nitelikte çizdiği söylenebilir. 65 kodlu öğrenciyse herhangi bir grafik çizmemiştir. Öğrencilerin potansiyel enerjinin yükseklikle değişim grafiğiyle ilgili açıklamaları üç noktadadır. Buna göre 10, 30, 34, 35, 38 ve 40 kodlu öğrenciler grafiklerini yükseklikle potansiyel enerjinin doğru orantılı olduğunu belirterek açıklamaktadır. 2 kodlu öğrenci ön mülakattaki düşüncelerinde ısrarcı olarak yine cismin serbest düşme hareketi yaptığını ve bu nedenle potansiyelinin kinetiğe dönüştüğünü belirterek grafiğini açıklamıştır. 52, 53 ve 68 kodlu öğrenciler potansiyel enerjinin değerinin yükseklikle azaldığını ifade ederek grafiklerini anlamlandırmışlardır. Cisim-yay sistemine ait toplam enerjinin yükseklikle değişim grafiğini çizme konusundaysa 65 kodlu öğrenci hariç tüm

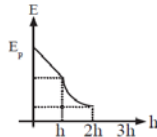
öğrenciler doğru çizim yapmışlardır. 2, 10, 30, 34, 35, 38, 40 ve 53 kodlu öğrenciler grafiklerini toplam enerji miktarında değişim olmadığını, 52 kodlu öğrenci sistemin dışına enerji çıkışı olmadığını ve 68 kodlu öğrenci enerji korunduğunu belirterek açıklamışlardır. 65 kodlu öğrenci açıklama yapmamıştır. 2 ve 52 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Cismin A konumunda sahip olduğu enerji çeşidinin süreçteki değişimine ait enerji-yükseklik (E-h) grafiğini çizebilir misin?

2: enerji-yükseklik... çizerim.

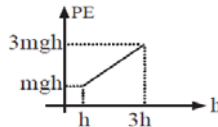


(A: grafiğini niçin bu şekilde çizdiğini açıklar mısın?) başlangıçta şurda bir potansiyel enerjisi vardır. Şurda da (B durumunu kastediyor) yüksekliğinden dolayı yine bir potansiyel enerjisine sahiptir. Aradaki fark şurda (B durumunu kastediyor) sahip olduğu kinetik enerjidir. (A: peki, niçin doğrusal çizdin?) Eğri olacak. Yanlış yaptım. (A: niçin?) yok biraz daha değiştirelim. Şurası doğrusal şurası eğri olacak.



(A: niçin?) şurda serbest düşme hareketi yapacak belli bir hızla... Şurası tamam doğrusal olacakta çünkü kaybettiği potansiyel direk kinetiğe çevrilecek hızlandığından dolayı ama şuradan emin değilim. (ÖKM)

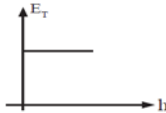
2: serbest düşme yaptığı için doğrusal bir hareket olacak. Şu bölgede (cismin yaya temasından sonrasını kastediyor) de eğimli yayı sıkıştırarak yavaş yavaş... yok tam olmadı.....



(A: açıklar mısın?) şimdi bu ilk başta serbest düşme yaptığı için potansiyeli direkt kinetik enerjiye dönüşecek kinetik artacak.... h yüksekliğine kadar inecek... 3h yüksekliğinde sahip olduğu tüm enerji 3mgh'tır. h yüksekliğine indiğinde toplam potansiyel enerji mgh'a inecektir. Burada kendi enerjisini h'a kadar direk kinetik enerjiye daha sonra esneklik potansiyel enerjisine dönüşecektir. Sonuçta h yüksekliğinde kaldığı için mgh'ı kalacaktır. (SKM)

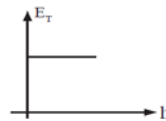
A: cisim yay sisteminin toplam enerjisinin yükseklikle değişim grafiğini çizebilir misin?

2: toplam enerjisi değişmeyecek.



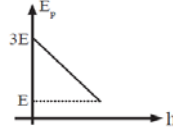
(A: niçin?) şurda kinetik ve potansiyele bölünmüştür. Buradaki de y enerjisinden x enerjisine dönüştü sonuçta toplam miktarlarda değişme olmadı. Sadece birimleri değişmiştir. (A: doğru mu anladım: cismin kendi içinde yayında kendi içinde dönüştüğünü söylüyorsun?) evet. (ÖKM)

2: toplam enerji yükseklik grafiği... buda sabit olacaktır. Toplam enerji korunduğu için. (SKM)



.....

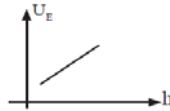
A: cismin A konumunda sahip olduğu enerji türünün süreçteki değişimine ait enerji-yükseklik (E-h) grafiğini çiziniz.



52:

(A: Niçin bu şekilde çizdiğini açıklayabilir misin?) Cismin yüksekliğinden dolayı kaynaklanan potansiyel enerji yüksekliği azaldıkça... (A: Yükseklik azalıyor mu? Artıyor mu?) Azalıyor. (A: Grafiğinde?) Artıyor. (A: Bunu nasıl açıklarsın?) (A: Peki, şunu sorayım. Grafiğin niye doğrusal?) Aslında çizilebilirde. Amacım sadece azaldığını göstermekti. Eğri de çizilebilir. (ÖKM)

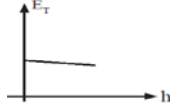
52: tabii. Yerçekimi potansiyel enerji...



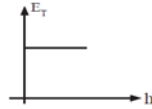
(A: Niçin bu şekilde çizdiğini açıklayabilir misin?) enerji yükseklikle azalıyor. (SKM)

A: Cisim-yay sisteminin toplam enerji-yükseklik grafiğini çizer misin?

52: Bir şey soracağım. Hava sürtünmesi falan önemsiz değil mi? (A: Sadece sıcaklık değişimi olmadığı bilgisi verilmiş.) Sıcaklık değişimi olmuyor... Sürtünmeden dolayı enerjisini kaybedebilir biraz. (A: Sıcaklık değişimi olmaması ne anlama geliyor senin için.) Acaba enerjimi kaybetmiyor. Yani şuan bir şey çağırıştıramadım. (A: Şuana kadar sahip olduğun bilgilerin ışığında enerji yükseklik grafiğini nasıl çizersin?) Çok azda olsa azalıyor. (ÖKM)



52: enerji korunur. Çünkü cisim yay ve kendi aralarında enerjini alıp veriyorlar. Yani sistemin dışına enerji çıkmıyor. (SKM)



Öğrencilerden cevaplama istenen dördüncü soru kapsamındaki “Bazı enerji çeşitleri için önceden hazırlanmış grafikler görmektesin. Bu grafikler arasında incelediğimiz cismin enerji çeşitlerine ait olanı var mı?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 106’da sunulmuştur.

Tablo 106. Klinik mülakatların 4. sorusu kapsamındaki grafiklerin hangi enerji çeşidine ait olduğunun belirlenmesiyle ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap		Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat	
Bazı enerji çeşitleri için önceden hazırlanmış grafikler görmektesin. Bu grafikler arasında incelediğimiz cismin enerji çeşitlerine ait olanı var mı?	I. grafik	Belirleme	Kinetik enerji	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68	2, 10, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
			Cevap yok	-	30
		Açıklama	Yükseklikle azalıyor olması	10, 35, 40, 52, 65, 68	10, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
			Tamamen dönüştüğünü göstermesi	2, 38	-
			Başlangıçta hızının olması	30, 34	2
	Doğrusal bir grafik olmamalıydı	53, 65	30		
	II. grafik	Belirleme	Potansiyel	10, 30, 34, 53, 65, 68	2, 10, 30, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65, 68
			Emin değilim.	35, 38, 40, 52	-
			Cevap yok	2	-

Tablo 106'nın devamı

III. grafik	Açıklama	Potansiyel enerji negatif değer almamalı	10, 34, 35, 38, 40, 52	-
		Artan enerji potansiyel olmalı	34, 65	2, 38, 68
		Sistemin merkezi nedeniyle negatif değer alabilir	30	-
		Doğrusal bir grafik olmamalıydı	53	-
		Potansiyel enerji negatif değer almasından emin değilim.	68	-
		Eksi değer sadece referans noktasının altında olduğunu gösterir.	-	2, 30, 38, 52, 65
		Eksiden artıya geçtiği için	-	34, 35, 38, 53, 65, 68
		Yükseklikle doğru orantılıdır.	-	35, 40
		Cevap yok	2, 35, 38, 40, 52	-
		Belirleme	Toplam enerji	10, 30, 35, 38, 40, 52, 68
	Mekanik enerji		34	-
	Isı enerjisi		53	-
	Termal enerji		-	2, 10, 34, 40, 52, 65, 68
	Cevap yok		2, 65	-
	Açıklama	Enerji değişimi yok	10, 68	2, 10, 35, 53, 65, 68
		Yüksekliği değişmesine rağmen korunduğu için	30	-
		Kinetik enerji potansiyel enerjiye dönüşerek korundu.	35	-
		Sıcaklık değişimi yoksa ısı değişimide yoktur	53	-
		Sıcaklık değişimi yok	-	40
		Cevap yok	2, 34, 38, 40, 52, 65	30, 34, 38, 52

Tablo 106'daki cevaplardan da görüldüğü gibi ön klinik mülakatlarda, öğrencilerin enerji çeşitleriyle ilgili olarak verilen grafikleri belirlemede ve açıklamada istenilen nitelikte olmadıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin tamamı I. grafiğin kinetik enerjiye ait olduğunu söylemişlerdir. 10, 35, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler kinetik enerji olmasını grafiğin yükseklikle azalıyor olmasına ve 2 ve 38 kodlu öğrenciler grafiğin enerjinin tamamen dönüştüğünü göstermesine dayanarak açıklamışlardır. 53 ve 65 kodlu öğrenciler grafiği kinetik enerji olarak belirtse de çizimin doğrusal olmaması gerektiğini belirterek alternatif fikirlere sahip olduklarını göstermişlerdir. 30 ve 34 kodlu öğrencilerse grafiği cismin başlangıçta bir hızı olduğunu gösterip göstermediğine göre değerlendirdiklerini ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 10 kodlu öğrenci düşüncelerini “I-kinetik. (Araştırmacı: niçin?) azalıyor kinetik enerjisi potansiyel enerji artıyor demiştik.” şeklinde ve 38 kodlu öğrenci düşüncelerini “bi saniye... Kinetik enerji... Buradan gidiyor. Potansiyel enerjiye dönüşmüş. Evet, I. kinetik enerji. (Araştırmacı: niçin?) çünkü kinetik

enerjiye sahip A konumunda ve gitgide potansiyel enerjiye gidiyor ve sıfırlanıyor burada (B konumunda).” şeklinde ifade etmişlerdir. 10, 30, 34, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler II. grafiğin potansiyel enerjiye ait olduğunu, 35, 38, 40 ve 52 kodlu öğrenciler potansiyel enerji olduğunu ama emin olmadıklarını söylerken 2 kodlu öğrenci soruyu cevapsız bırakmıştır. 10, 34, 35, 38, 40 ve 52 kodlu öğrenciler grafikte ilgili olarak potansiyel enerjinin negatif değer almaması gerektiğini ifade etmişlerdir. 34 ve 65 kodlu öğrenciler potansiyel enerji olmasını grafiğin artmasıyla açıklamışlardır. 30 kodlu öğrenci referans noktasını sistemin merkezi olarak gördüğünü bu nedenle potansiyel enerjinin negatif değer alabileceğini söylemişlerdir. 68 kodlu öğrenci potansiyel enerjinin negatif değer almasından emin olmadığını belirtmiştir. 53 kodlu öğrenciyse grafiğin doğrusal bir grafik olmaması gerektiğini vurgulamıştır. Bu öğrenciler arasından 35 kodlu öğrenci düşüncelerini “potansiyel giderek artacak II olabilir ama enerji negatiften başlayamıyor. II, sıfırdan başlamış olsaydı doğru olurdu.” ve 53 kodlu öğrenci düşüncelerini “I kinetik enerjisi olabilir ama doğrusal olacağını sanmıyorum onunda. (A: niçin?) düzgün bir düzlem değil. Düz bir şekilde artmıyor. II’de aynı şekilde... h düzgün doğrusal bir şekilde, değişmiyor. Bu grafikteki gibi değil. h burada düzgün bir şekilde değişiyor.” şeklinde ifade etmişlerdir. 10, 30, 35, 38, 40, 52 ve 68 kodlu öğrenciler III. grafiğin toplam enerjiye ait olduğunu, 34 kodlu öğrenci mekanik enerjiye ve 53 kodlu öğrenci ısı enerjisine ait olduğunu belirtmişlerdir. 2 ve 65 kodlu öğrenciler cevap vermemişlerdir. 10 ve 68 kodlu öğrenciler toplam enerji olmasını enerji değişimi olmamasıyla, 30 kodlu öğrenci yüksekliğin değişmesine rağmen enerjinin korunmasıyla ve 35 kodlu öğrenci kinetik enerjinin potansiyel enerjiye dönüşmesiyle açıklamışlardır. 53 kodlu öğrenci ısı enerji olmasını, sıcaklık değişiminin olmadığı durumlarda ısı değişiminin de olmadığını belirterek ifade etmiştir. 2, 34, 38, 40, 52 ve 65 kodlu öğrencilerse herhangi bir açıklama yapmamışlardır. Bu öğrenciler arasından örneğin 53 kodlu öğrenci düşüncelerini “III’ün ısı enerjisi olması lazım. Isı kaybı yoktu... Sıcaklık değişimi yoksa ısı değişimi de yoktur.” ve 68 kodlu öğrenci düşüncelerini “Herhalde toplam enerjidir... Çünkü değişmez toplam enerji.” şeklinde söylemişlerdir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji çeşitleriyle ilgili olarak verilen grafikleri belirleme ve açıklamadaki yeterliliklerinin olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 106). Öğrencilerin tamamı (30 kodlu öğrenci hariç) ön mülakatlarda olduğu gibi I. grafiğin kinetik enerjiye ait olduğunu söylemişlerdir. 10, 34, 35, 38, 40, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler kinetik enerji olmasını grafiğin yükseklikle azalıyor olmasına ve 2 kodlu

öğrenci cismin başlangıçta hızı olmasına dayanarak açıklamışlardır. 30 kodlu öğrenci I. grafiğin önce cismin kinetik enerjisine ait olduğunu belirtmiş ancak daha sonra grafiğin doğrusal azalmaması gerektiğini belirterek bu düşüncesinden vazgeçmiştir. Bu öğrenciye göre kinetik enerji formülü hızın karesini almayı gerektirdiğinden grafik eğri olmalıdır. Aynı öğrenci düşüncelerini “Burada en başta $t=0$ anında en yüksek ancak belli bir zaman sonra azalan grafiğimizde kinetik enerji.... Bence bu kinetik enerjinin grafiği değil ya. Azalıyor ama doğrusal bir grafik. Bence değil... Çünkü $\frac{1}{2}mV^2$. İşte burada hızı sonuçta belli bir zaman sonra azalabilir ama sonuçta kareleri ile orantılı bir şey. Bence burada bir eğri oluşacak.” şeklinde belirtmiştir. II. grafiğin hangi enerji çeşidine ait olduğuyla ilgili olarak öğrencilerin tamamı grafiğin potansiyel enerjiye ait olduğunu söylemişlerdir. 2, 38 ve 68 kodlu öğrenciler grafiğin yerçekimi potansiyel enerjisine ait olmasını artan enerji potansiyel olmalı düşüncesiyle açıklamışlardır. Aynı şekilde 35 ve 40 kodlu öğrenciler potansiyel enerjinin yükseklikle doğru orantılı olduğunu ifade etmişlerdir. 34, 35, 38, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler grafiğin eksiden artıya geçtiğini dikkate alarak ilgili grafiğin potansiyel enerjiye ait olduğunu söylemişlerdir. Bu öğrencilerin sadece potansiyel enerjinin, negatif değer alabileceğini kabul ettikleri düşünülmektedir. 2, 30, 38, 52 ve 65 kodlu öğrencilerden bazılarının yerçekimi potansiyel enerjisinin eksi değerinin sadece cismin referans noktasının altında olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci düşüncelerini “II numara potansiyel enerjimiz olabilir. Yükseklikle arttığından.... Eksi değer sadece referans noktasının altında olduğunu göstermek için.” şeklinde ifade etmiştir. III. grafiğin hangi enerji çeşidine ait olduğunu belirleme noktasında öğrencilerin tamamı grafiğin, cismin toplam enerjisine ait olduğunu söylemişlerdir. 2, 10, 34, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler aynı zamanda grafiğin termal enerjiye de ait olabileceğini ifade etmişlerdir. 2, 10, 35, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler grafiğin toplam ve/veya termal enerjiye ait olmasını enerji değişimi olmamasıyla ve 40 kodlu öğrenci sıcaklık değişimi olmamasıyla açıklamışlardır. 30, 34, 38 ve 52 kodlu öğrencilerse açıklama yapmamışlardır. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci “III numara toplam enerjiyi gösteren grafik. Termal enerjide olabilir. Değişmediği için...” ve 35 kodlu öğrenci “III. de toplam enerjidir. Çünkü toplam enerji korunuyor her daim sabit.” şeklinde düşüncelerini söylemişlerdir. 10 ve 65 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Bazı enerji çeşitleri için önceden hazırlanmış grafikler görmektesin. Bu grafikler arasında incelediğimiz cismin enerji çeşitlerine ait olanı var mı?

10: II-potansiyel (**A:** niçin?) yükseklik arttıkça potansiyel enerji artacak. (**A:** grafik negatif değerden başlıyor?) ... (**A:** potansiyel enerji eksi değer alır mı?) fizikte alır. Bence almaz ama... Burasını referans noktası kabul edersek bence alabilir... yerin altındaymış. Kabul edilenden daha aşağı. Böyle bir kabul varsa böyle bir şey ifade edilebilir. (**A:** sence?) buradaki soruda var. Ama bence olmaması lazım potansiyel enerjisi eksi. ... I-kinetik. (**A:** niçin?) azalıyor kinetik enerjisi potansiyel enerji artıyor demiştik. (**A:** III?) toplam enerji. Çünkü değişmeyecek daha deminde dedim ya... burada da toplam enerjisi var. Buradaki enerji başlangıçtaki enerjiye eşit olacak değişmediği için. (ÖKM)

10: ..II-potansiyel enerjisi. (**A:** niçin?) yükseklik arttıkça artıyor. (**A:** ancak negatiften geliyor.) potansiyel negatif değer alabiliyordu. (**A:** I ve III için ne söylersin?) III toplam enerjisi. Termal enerjide diyebiliriz. Değişmiyor. (**A:** peki, I?) kinetik enerjisi. Yüksekliği azalıyor. (SKM)

.....

A: Bazı enerji çeşitleri için önceden hazırlanmış grafikler görmektesin. Bu grafikler arasında incelediğimiz cismin enerji çeşitlerine ait olanı var mı?

65: Potansiyeli gittikçe artıyor A'dan B'ye doğru. O zaman II potansiyel olabilir. (A: Dikkat edersen grafiğimiz 0 yerine negatif bir değerden başlıyor. Buna göre potansiyel enerji eksi değer alabilir mi?) Alamaz. Çünkü mgh potansiyelin formülü. h eksi olamaz, m eksi olamaz. Bu eksilik başka bir şeyse onu bilemem de... Hani azalıyor anlamında... Bilmiyorum onu. Sadece artığı için olabilir dedim. Kinetik enerjide olamaz. Çünkü yukarı çıktıkça hızı azalıyor. Yani azalması lazım. Olamaz. (A: I ve III için ne diyorsun?) Belki I kinetik olabilir. (A: Niçin?) Çünkü yukarı doğru azalan bir hareket yapıyor yani hızı azalıyor. Bir an için duruyor. Burada (grafiğin h eksenine değen noktasını kastederek) duruyor. I kinetik enerji olabilir. III sabit... Isısı korunuyordu ya... Bilmiyorum ya III hakkında bir şey söyleyemeyeceğim. (ÖKM)

65: şimdi şu negatiften başladığı için A noktasındaki potansiyelden B'ye kadar olan potansiyeli kastetmiş olabilir iki. II- yerçekimi potansiyel enerjisi. Referans noktasının aşağısında... I'de A noktasında kinetik enerjisi vardı B noktasında bitiyor. Bu cisim için kinetik enerjisi. III sabit. İç enerjisidir. Toplam enerjide olabilir. (SKM)

Öğrencilerden cevaplama istenen dördüncü soru kapsamındaki “cismin kütlesi 1kg ve h değeri 1m olursa enerji çeşitlerinin değerini hesaplayabilir misin?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 107’de sunulmuştur.

Tablo 107. Klinik mülakatların 4. sorusu kapsamındaki enerji çeşitlerinin değerini hesaplamayla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap		Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat	
Cismin kütlesi 1kg ve h değeri 1m olursa enerji çeşitlerinin değerini hesaplayabilir misin?	A konumu	Kinetik enerji	$E_k = (1/2) V^2$	10, 38	10, 30,
			$(1/2)mV^2 = 3mgh$	68	-
			$E_k = (1/2)m V^2 = 30 \text{ Joule}$	40	-
			$E_k = \frac{1}{2} mV^2 = 10 \text{ Joule}$	-	2, 34, 35, 40, 52, 65, 68
			$E_{PB} = E_{PA} + K_E$ $20 = -10 + K_E, K_E = 30 \text{ Joule}$	-	38
			$-mgh + \frac{1}{2} mV^2 = 2mgh$ $\rightarrow V^2 = 60$ $KE = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 60 = 30 \text{ J}$	-	53
		Cevap yok (hesaplayamam)	2, 30, 34, 35, 52, 53, 65	53	

Tablo 107'nin devamı

	Potansiyel enerji	$E_p = mgh = 1 \cdot 10 \cdot (-1) = -10 \text{ Joule}$	34	2, 10, 34, 35, 38, 40, 52, 68	
		$E_{pA} = mgh = 1 \cdot 1 \cdot 10 = 10 \text{ Joule}$ $E_k = \frac{1}{2} mV^2 = 10 \text{ Joule}$	40	-	
		Cevap yok (hesaplayamam)	2, 10, 30, 35, 38, 52, 53, 65, 68	30, 53, 65	
	B konumu	Potansiyel enerji	$E_p = mgh = 30$	2, 35, 38,	-
			$E_p = mgh = 30 \text{ Joule}$	10, 52, 68	-
			$E_p = mgh = 30 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$	30	-
			$E_p = mgh = 1 \cdot 10 \cdot 2 = 20 \text{ Joule}$	34, 40	2, 10, 34, 35, 38, 40, 52, 65, 68
			$E_p = mgh = 20 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$	-	30
			$E_p = mgh = 20$	-	53
			Cevap yok (hesaplayamam)	53, 65	-

Tablo 107'deki cevaplardan da görüldüğü gibi ön klinik mülakatlarda, öğrencilerin belirledikleri enerji çeşitlerinin değerlerini hesaplama noktasında istenilen nitelikte olmadıkları görülmektedir. A konumunda cismin sahip olduğu kinetik enerjiyi hesaplama ile ilgili olarak 10, 38, 40 ve 68 kodlu öğrenciler cevap vermiş olsalar da hiçbiri doğru hesaplama yapamamıştır. Bu öğrenciler arasından 68 kodlu öğrenci doğru cevap vermiş gibi görünse de, gerçekte kinetik enerjiyi hesaplamak için dikkate aldığı potansiyel enerji ile ilgili referans noktası yanlıştır. 2, 30, 34, 35, 40, 52, 53 ve 65 kodlu öğrencilerse kinetik enerjiyi hesaplama ile ilgili cevap vermemişlerdir. A konumunda cismin sahip olduğu potansiyel enerjiyi hesaplama ile ilgili olarak 34 kodlu öğrenci doğru cevap verirken 40 kodlu öğrenci negatif değer aldığını dikkate almayarak yanlış cevap vermiştir. 2, 10, 30, 35, 38, 52, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler cismin A konumundaki potansiyel enerjisini hesaplama ile ilgili cevap vermemişlerdir. Cismin B konumundaki potansiyel enerjisini hesaplama ile ilgili olarak sadece 34 ve 40 kodlu öğrenciler doğru cevap vermişlerdir. 2, 10, 30, 35, 38, 52 ve 68 kodlu öğrenciler soruda verilen referans noktası yerine yerin yüzeyini dikkate alarak yanlış cevap vermişlerdir. 53 ve 65 kodlu öğrenciler cismin B konumundaki potansiyel enerjisini hesaplama ile ilgili soruya cevap vermemişlerdir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji çeşitlerinin değerlerini hesaplama yeterliliklerinin olumlu yönde değiştiği görülmektedir (Tablo 107). 2, 34, 35, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler cismin A konumunda sahip olduğu kinetik enerjiyle ilgili olarak doğru hesaplama yapmışlardır. 10 ve 30 kodlu öğrenciler ön mülakatta da başarısız olurken 53 kodlu öğrenci bu soruya cevap vermemiştir. 2, 10, 34, 35, 38, 40, 52 ve 68 kodlu

öğrenciler cismin A konumunda sahip olduğu potansiyel enerjiyle ilgili olarak doğru hesaplama yapmışlardır. 30, 53 ve 65 kodlu öğrenciler cismin A konumunda sahip olduğu potansiyel enerjiyi hesaplama ile ilgili soruya cevap vermemiştir. 2, 10, 34, 35, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler cismin B konumunda sahip olduğu potansiyel enerjiyle ilgili olarak doğru hesaplama yapmışlardır. 30 ve 53 kodlu öğrenciler doğru hesaplama yapmalarına karşın birimi doğru yazamamışlardır. 38 ve 68 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: M=1 kg, h=1m olsun. Bu durumda enerji çeşitlerinin değerini hesaplayabilir misin?

38: hesaplarım.

$$\begin{aligned} KE &\rightarrow E_k = \frac{1}{2}mV^2 & E_k &= \frac{1}{2}V^2 \\ PE &\rightarrow E_p = mg3h = 30 \end{aligned}$$

(A: birimleri?) (A: hesaplamalarımızda yerden yüksekliği mi dikkate alıyoruz?) evet. (ÖKM)

38: hesaplarım. Başta $-mgh$ var. Artı $\frac{1}{2}mV^2$ var. Burada da $2mgh$ var...

$$-mgh + \frac{1}{2}mV^2 = 2mgh \rightarrow V^2 = 60$$

$$\text{A konumunda YPE} = -mgh = -10 \text{ J}$$

$$KE = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 60 = 30 \text{ J}$$

$$\text{B konumunda YPE} = mgh = 20 \text{ J}$$

(A: birimleri?) Joule. (SKM)

.....

A: M=1 kg, h=1m olsun. Bu durumda enerji çeşitlerinin değerini hesaplayabilir misiniz?

68: Hızı yok A'da öyle mi? (A: Başka bir değer verilmiyor?) Tamam. Şimdi öncelikle şuradaki potansiyel enerji. En başta $(\frac{1}{2})mV^2$ 'lik kinetik enerjiye sahip. Bu enerji belli bir yüksekliğe çıkarken potansiyel enerjiye dönüşüyor. O yüksekliğimizde $3h$.

$$(\frac{1}{2})mV^2 = 3mgh$$

m'leri silersek $V^2 = 6gh$, $h=1m$ ise $V=2\sqrt{15}m/s$. Şimdi bir saniye. Neyi sormuştunuz? (A: A ve B konumlarındaki enerji çeşitlerinin değerlerini hesaplamamı istemiştin.) A'da $(\frac{1}{2})mV^2=30$ joule. B'deki enerjide aynı, 30 joule. $3mgh$ 'tan. (ÖKM)

68:

$$U_A = -mgh = -1 \cdot 10 \cdot 1 = -10 \text{ Joule}$$

A konumundaki yerçekimi potansiyel enerjisi -10 Joule. Referans noktasının altında. (A: diğer enerji çeşitleri?) burada kinetik enerjisi var bunun için B deki potansiyel enerjisini bakarım. (SKM)

$$\begin{aligned} U_B &= mgh = 1 \cdot 10 \cdot 2 = 20 \text{ Joule} \\ -10 + E_K &= 20 \rightarrow E_K = 30 \text{ Joule} \end{aligned}$$

3.2.4. EA İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Bu kapsamda öğrencilerden enerji aktarımının nasıl gerçekleşebileceği (mülakat 1. sorusu kapsamında) ve bu durumla ilgili gerçek yaşama yönelik (mülakat 2. sorusu kapsamında) olarak yöneltilen soruları cevaplamaları istenmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar ana sorular ve alt sorular temelinde tablolar halinde sunulmuştur. Tablolardan sonra öğrencilerden bazılarıyla yapılan mülakatlardan alıntılar verilmiştir.

Teorik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin cevaplama gereken “enerji aktarımını duyduğunda/düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusu ve ilgili alt sorular için verilen cevaplar Tablo 108’de sunulmuştur.

Tablo 108. Klinik mülakatların 1. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji aktarımıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Enerji aktarımını duyduğunda-düşündüğünde aklına ne geliyor?	Bir cisimden diğerine enerji geçişi	35, 52, 53,	2, 10, 30, 34, 53
	Dönüşüm	38, 65	30
	Potansiyel enerjinin kinetiğe dönüşmesi	10, 40	-
	Elektrik veya ışık enerjisinden ısı enerjisine dönüşüm	34	-
	Sürtünme kuvvetine aktarılan enerji olabilir.	2	-
	Esnek ve esnek olmayan çarpışmalar	30	
	Sürtünmeli ortam	68	-
	Isı ve iş kavramları	-	52, 65, 68
	Sürtünmeden dolayı enerji geçişi	-	35, 38
	Bir cisimden enerjiye de olabilir	-	30
	Bir enerji çeşidinin diğerine dönüşmesi	-	40
	Enerjini yer değiştirmesi	-	68
- Enerji aktarımı nasıl gerçekleşir?	Sürtünmeden kaynaklanan etkileşimle	2, 68	38,
	Cisimlerin çarpışmaları sonucu oluşan titreşim yoluyla	10	10
	Eylemsizlik nedeniyle	30	-
	Dokunmayla sürtünmeyle elektron geçişi şeklinde	35	-
	Dokunmayla veya sürtünmeyle	52	-
	Isı enerjilerini dengelemek için	53	-
	Cisimler arası oluşan bağların kopması sonucu oluşan titreşimlerle	-	2, 34, 40, 52, 53
	Isı yoluyla	-	30, 34, 40, 52, 65, 68
	İş yoluyla	-	52, 65, 68
	Temasla kurulan bağlarla	-	35
	Cevap yok (bilmiyorum)	34, 38, 40, 65	-
- Enerji aktarımının farklı yolları olabilir mi? Varsa nelerdir?	Sürtünmeyle	2, 35, 52, 68	-
	Etkileşimle	2	-
	Aktarımın sağlandığı yönetime bağlı	10	-
	Dokunmayla	35, 52	-
	İş yoluyla	-	2, 10, 34, 38, 52, 65, 68
	Isı yoluyla	-	2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 65, 68
	Cevap yok (bilmiyorum)	30, 34, 38, 40, 53	35, 53

Tablo 108'in devamı

- Güç ile enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.	Var	Aktarımı sağlamak için güce ihtiyaç var	30, 34	-
		Güç harcanarak enerji aktarılır	10	-
		Güç, enerji aktarım hızı	-	2, 30, 34, 38, 40, 52, 68
		Aktarımın büyüklüğü güçle ilişkili	-	10,
		Güç birim zamandaki enerji aktarımı	-	65
		Cevap yok (bilmiyorum)	2, 35, 38, 52, 65	-
	Yok	Güç birim zamanda yapılan iş	35	-
		Cevap yok (bilmiyorum)	40	-
	Cevap yok (bilmiyorum)	53, 68	53	
- İş ile enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.	Var	İş yapmak için enerjimiz olmalı	2, 30, 35, 38	53
		İş yapılıyorsa aktarım olmalı	34, 40, 52, 53	40, 52
		İşle enerji aynı	10	
		İş enerji aktarım yoludur.	-	2, 10, 34, 38, 68
		Enerji iş yaparak ısıya sürtünme kuvvetine aktarılır	-	30
		Cevap yok (bilmiyorum)	65	35
	Cevap yok (bilmiyorum)	68	-	
- Isı ile enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.	Var	Aktarım sırasında ısı açığa çıkar	34, 35, 40, 52, 68	-
		Isı bir enerji çeşidi	2, 10, 35, 38	-
		Isıyla hal değişiminin gerçekleşmesi	30	-
		Aktarım sırasında ısı harcanır	34	-
		Isı değişimi cismin enerji değişimini gösterir	53	-
		Isı enerji aktarım yoludur.	-	2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 65, 68
		Enerji aktarımında artan enerji	-	35
		Aktarımda sınır olgusudur.	-	53
		Cevap yok (bilmiyorum)	65	-

Tablo 108'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji aktarımı hakkında çeşitli alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir. Özellikle 10, 34, 38, 40 ve 65 kodlu öğrencilerin enerji aktarımı denince enerji çeşitleri arasındaki dönüşümü düşündükleri dikkat çekmektedir. Bu öğrenciler arasından 38 ve 65 kodlu öğrenciler enerji aktarımını kabul etmeyerek enerji geçişini dönüşüm olarak algıladıklarını vurgulamışlardır. 10 ve 40 kodlu öğrenciler potansiyel enerjinin kinetiğe dönüşmesini örneklenirerek aktarımı açıklamışlardır. Benzer şekilde 34 kodlu öğrenci elektrik veya ışık enerjisinden ısı enerjisine dönüşümü örnek vermiştir. 30 kodlu öğrenci enerji aktarımını momentum konusuyla açıklamaya çalışmıştır. Buna göre esnek ve esnek olmayan çarpışmalarda bir cismin enerjisi çarptığı diğer cismin enerjisine geçmelidir. 68

kodlu öğrenci enerji aktarımı denince sürtünmeli ortamları hatırladığını ifade etmiştir. 35, 52 ve 53 kodlu öğrenciler enerji aktarımı denince bir cisimden diğerine enerji geçişini hatırladıklarını belirtmişlerdir. 2 kodlu öğrenciyse enerji aktarımını sürtünme kuvvetine aktarılan enerji olarak düşündüğünü açıklamıştır. Bu öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “aklıma direk elektrik enerjisi geliyor. çünkü cisimleri birbirlerine yaklaştırdığımızda artı ve eksiğin etkileşimden birbirlerine bir yük aktarımı oluyor buda enerjinin aktarılmasına sebep oluyor.... ışık enerjisinden ısı enerjisi elde edilebilir. Ya da elektrik enerjisinden ısı enerjisi elde edebiliyoruz.... dönüşüm müdür aktarım mıdır? Arasında ne gibi bir fark olduğu hakkında pek emin değilim.” şeklinde ifade etmiştir. 2 ve 68 kodlu öğrenciler enerji aktarımının sürtünmeden kaynaklanan etkileşimle gerçekleştiğini, 10 kodlu öğrenci çarpışma sürecindeki titreşimlerle, 30 kodlu öğrenci eylemsizlik nedeniyle, 35 kodlu öğrenci elektron geçişiyle ve 52 kodlu öğrenci dokunma ve sürtünmeyle enerji geçişinin gerçekleştiğini söylemişlerdir. 53 kodlu öğrenci enerji aktarımının nasıl gerçekleştiğini açıklayamamış ancak ısı enerjisini dengelemek için yapıldığını belirtmiştir. Bu öğrenciler arasından örneğin 10 kodlu öğrenci düşüncelerini “böyle süs eşyaları var toplar birbirine vuruyor. Öbüründen öbürüne geçiyor. Enerji geçişi bir top diğerine çarptığında titreşim yoluyla gerçekleşiyor. Parçacık hareketi yoluyla diğer parçaya geçti sonra o ona ilettili.” ve 30 kodlu öğrenci düşüncelerini “...Ya belki hani sonuçta dedik ya hani eylemsizlik vardır mesela arabayla sağa sola döndüğümüzde belli bir yöne doğru eylemsizlik vardır mesela. Bu cisim önünde sabit bir şey olduğundan dolayı hareketini kısıtlıyor. Ama o içinden kendini götürmek istiyor. Bu götürme kuvveti sayesinde belki de aktarıyor.” şeklinde özetlemişlerdir. Enerji aktarımının farklı yolları olarak 2, 35, 52 ve 68 kodlu öğrenciler sürtünmeyi, 2 kodlu öğrenci etkileşimi ve 35 ve 52 kodlu öğrenciler dokunmayı söylemişlerdir. 10 kodlu öğrenci aktarımın, sağlandığı yöntemle bağlı olduğunu ifade etmiştir. 30, 34, 38, 40 ve 53 kodlu öğrencilerse enerji aktarımının yollarının neler olabileceğiyle ilgili cevap vermemişlerdir. Öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci düşüncelerini “farklı yolları vardır. Deminde dediğim sürtünme olabilir... Hatırladığım öyle... Doğru mu bilmiyorum ama sıcakla soğuğu karıştırdığımızda arasında yine bir etkileşim olur.” olarak belirtmiştir. Güç ile enerji aktarımı arasında bir ilişki olup olmadığı konusunda 2, 10, 30, 34, 35, 38, 52 ve 65 kodlu öğrenciler olduğunu belirtirken 35 ve 40 kodlu öğrenciler olmadığını ifade etmişlerdir. 53 ve 68 kodlu öğrencilerse cevap vermemişlerdir. Güçle enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi 10 kodlu öğrenci güç harcanarak enerji aktarılır şeklinde, 30 ve 34 kodlu öğrenciler aktarım

için güç gerekir şeklinde açıklamışlardır. 2, 35, 38, 52 ve 65 kodlu öğrencilerse güç ve enerji aktarımı arasında bir ilişki olduğunu belirtse de açıklamada bulunmamışlardır. Güçle enerji aktarımı arasında ilişki olmadığını söyleyen öğrencilerden 35 kodlu öğrenciyse gücün birim zamanda yapılan iş olduğunu gerekçe göstermiştir. Bu öğrenciler arasından 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “olabilir ama bana açıkla dersiniz açıklayamam çünkü enerji zaten harcanırken bir güç harcanır mı? Bilmiyorum bence güç harcanmaz.... Aslında enerjiiyi ne enerjisi olarak tanımladığınıza bakar. Mesela ben elektrik enerjisinden ısı enerjisi elde edilirken bir güç... Gerekir. Aslında gerekir. Motorlar kullanıldığına göre güç gerekir. Verdiğim örnekteki gibi. Elektrik enerjisinden ısı enerjisi elde ederken bir motor gerekiyor. Burada bir aktarım var demek ki. Bu aktarımı sağlamak içinde bir güç, enerji kaynağına, güce ihtiyacımız var.” şeklinde dile getirmiştir. İş ile enerji aktarımı arasında bir ilişki olup olmadığı noktasında 68 kodlu öğrenci hariç tüm öğrenciler ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. 68 kodlu öğrenci cevap vermemiştir. İş ile enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi 2, 30, 35 ve 38 kodlu öğrenciler iş yapmak için enerjimiz olmalı şeklinde, 34, 40, 52 ve 53 kodlu öğrenciler iş yapıyorsa aktarım olmalı şeklinde yapmışlardır. 10 kodlu öğrenci işle enerjinin aynı kavramlar olduğunu belirtirken 65 kodlu öğrenci iş ve enerji aktarımı arasında bir ilişki olduğunu belirtse de açıklama yapmamıştır. Bu öğrenciler arasından örneğin 10 kodlu öğrenci düşüncelerini “vardır. Çünkü iş’te güç’te hep birbirine dönüştürülür. Formülleri de öyle mesela. İş bölü zaman dediğimizde... İş, diyoruz enerji formülü ile işi hesaplıyoruz. İşe aynı zamanda enerjide diyebiliyorduk.” olarak belirtmiştir. Isı ile enerji aktarımı arasında bir ilişki olup olmadığıyla ilgili olarak 65 kodlu öğrenci hariç tüm öğrenciler ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. 65 kodlu öğrenci cevap vermemiştir. Isı ile enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi 34, 35, 40, 52 ve 68 kodlu öğrenciler ısının aktarım sırasında açığa çıkan olduğunu belirterek ve 2, 10, 35 ve 38 kodlu öğrenciler ısının bir enerji çeşidi olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca ısı ve enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi, 34 kodlu öğrenci aktarım sırasında ısının harcandığını, 30 kodlu öğrenci ısıyla hal değişiminin gerçekleştiğini ve 53 kodlu öğrenci cismin ısı değişiminin, cismin enerjisinin değiştiğini gösterdiğini vurgulayarak açıklamışlardır. Bu öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “ muhakkak vardır. Sonuçta aktarım için enerji gerekir. Enerji aktarımı sırasında ısı ortaya çıkabilirde harcanabilirde. Duruma bağlı... Enerji aktarılırken ısı açığa çıkabilir. Endotermik ve ekzotermik gördüğümüz tepkime çeşitlerinde mesela enerji aktarımı söz konusu oluyor ve burada da ısı açığa çıkıyor ya da harcanması durumu var.” şeklinde ifade etmiştir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji aktarımı ilgili olarak algılamalarının olumlu yönde değiştiği Tablo 108’de görülmektedir. 2, 10, 30, 34 ve 53 kodlu öğrenciler enerji aktarımı denince bir cisimden diğerine enerji geçişini, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler ısı ve iş kavramlarını, 35 ve 38 kodlu öğrenciler sürtünmeden dolayı enerji geçişini ve 68 kodlu öğrenci enerjinin yer değiştirmesini hatırladıklarını ifade etmişlerdir. 30 ve 40 kodlu öğrencilerse ön mülakatlardaki düşüncelerinde ısrarcı olarak enerji aktarımını, enerji dönüşümü ile ilişkilendirdiklerini belirtmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci düşüncelerini “sahip olduğu enerjinin başka cismin enerjisine aktarılması. Mesela kinetik enerjisinin sürtünmeyle termal enerjiye aktarılması” şeklinde ve 30 kodlu öğrenci düşüncelerini “enerji aktarılır. Nasıl aktarılır dersiniz.... Enerji aktarımı deyince belli bir cisimden belli bir şeye..... Enerjiden başka bir enerjiye aktarılan.... Cisimden enerjiye de olabilir. (A: enerjiden enerjiye olabilir mi?) evet olabilir.” şeklinde ifade etmişlerdir. 30, 34, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler enerji aktarımının ısı yoluyla gerçekleştiğini, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler iş yoluyla gerçekleştiğini, 2, 34, 40, 52 ve 53 kodlu öğrenciler cisimler arası oluşan bağların kopması sonucu oluşan titreşimlerle ve 38 kodlu öğrenci sürtünmeden kaynaklanan etkileşimlerle enerji geçişinin gerçekleştiğini söylemişlerdir. 10 kodlu öğrenci cisimlerin çarpışmaları sonucu oluşan makro boyuttaki titreşimler yoluyla ve 35 kodlu öğrenci detaylı bilgi vermeksizin temasla kurulan bağlarla enerji geçişinin gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “sürtünmeden dolayı cisim hareket halindeyse sürtünmeden dolayı bir süre duracaktır. Durduğu sırada sahip olduğu ilk baştaki kinetik enerjisi kaybolmayacağı için ısı yoluyla zemine aktarılmıştır. Moleküller arası titreşimden kaynaklanır. Burada bir enerji aktarımı söz konusudur. Yani cisimden cisime bir enerji aktarımı meydana gelmiştir.” şeklinde ve 53 kodlu öğrenci düşüncelerini “sürtünme esnasında kurulan bağların kopmasıyla gerçekleşir.” şeklinde dile getirmiştir. Enerji aktarımının farklı yolları olarak 2, 10, 34, 38, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler iş yoluyla, 2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler ısı yoluyla aktarımın gerçekleştiğini söylemişlerdir. 35 ve 53 kodlu öğrenciler ilgili soruya cevap vermemişlerdir. Güçle enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi 2, 30, 34, 38, 40, 52 ve 68 kodlu öğrenciler enerji aktarım hızı olarak, 10 kodlu öğrenci aktarımın büyüklüğü olarak ve 65 kodlu öğrenci birim zamandaki enerji aktarımı olarak tanımlamışlardır. 53 kodlu öğrenci güçle enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi bilmediğini söylemiştir. Öğrenciler arasından örneğin 38 kodlu öğrenci düşüncesini “vardır. Güç işte o enerji aktarımının hızlılığı hakkında bir kavram.” şeklinde dile getirmiştir. İşle enerji

aktarımı arasındaki ilişkiyi 2, 10, 34, 38 ve 68 kodlu öğrenciler işi aktarımın yolu, 40 ve 52 kodlu öğrenciler işin yapılmasını aktarımın göstergesi ve 53 kodlu öğrenci işin yapılması için enerjiye gereksinim olduğunu belirterek ifade etmişlerdir. 30 kodlu öğrenci enerjinin iş yapılarak aktarıldığını belirtmesine karşın bu enerjinin ısıya veya sürtünme kuvvetine aktarıldığını söylemiştir. 35 kodlu öğrenciyse işle enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi bilmediğini belirtmiştir. Öğrenciler arasından örneğin 38 kodlu öğrenci düşüncesini "... demin dediğim örneği diyebilirim aynı şekilde.... Sonuçta demin ben bir cisimi sürüklerken iş yapıyordum. Benim orda başlangıçta içimde bir enerji vardı. Sonra enerjiyi başka enerji çeşitlerine ısıya, sürtünme kuvvetine aktardık." şeklinde ifade etmiştir.

Isıyla enerji aktarımı arasındaki ilişkiyle ilgili olarak ısıyı 2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 65 ve 68 kodlu öğrenciler aktarımın bir yolu, 35 kodlu öğrenci enerji aktarımında artan enerji ve 53 kodlu öğrenci aktarım sürecinde sınır olgusu olarak ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 65 kodlu öğrenci düşüncesini "oda mikroskobik boyuttaki enerji aktarım yolu." olarak söylemiştir. 35 ve 40 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: Enerji aktarımını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

35: bir cisim diğer cisme enerji geçişi. Elektronların geçişi. (A: elektron geçişi nasıl gerçekleşiyor.) dokunmayla olabilir, sürtünmeyle olabilir. (A: Açıklar mısın?) şimdi dokunduğum zaman buradaki elektronlarla benim elimdeki elektronlar etkileşime giriyorlar. Elimin dokunduğu yerdeki elektronlar fazlaysa onlar uç tarafa birikirler. Bu iş yüzünden bir kinetik enerji kazanmaz mı? (A: Kazanır mı?) Bence kazanır. (ÖKM)

35: mesela şimdi bunu (kalem) hareket ettirdiğimiz zaman sürtünmeden dolayı yere enerji aktarıyor. Isı aktarıyor. Yerle ısınıyor. Yani yere enerji aktarmış oluyor. (SKM)

A: enerji aktarımının farklı yolları var mıdır?

35: dediğim gibi sürtünmeyle olabilir. Dokunmayla da.(ÖKM)

35: bilmiyorum. (SKM)

A: bu aktarım nasıl gerçekleşiyor?

35: dediğim gibi dokunmayla, sürtünmeyle elektron geçişi şeklinde olabilir. (ÖKM)

35: ikisi de ısınıyor ve temas sayesinde oluyor. (A: biraz daha detaylı açıklar mısın?) burada neler oluyor... Şimdi temas ettikleri için aralarında bağlar kuruluyor...(SKM)

A: Güç ile enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır?

35:hiç bilmiyorum.(ÖKM)

35: yok. güç birim zamanda yapılan iş....

A: İş ile enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır?

35: olabilir. Çünkü bir iş yaparken enerjimizi o cisimi hareket ettirmek için kullanıyoruz. Veya işi yapmak için o enerjimizi kullanıyoruz. Mesela bir cisimi hareket ettirmek için onun oradan oraya hareket ettirebilmek için gereken enerjiyi kendimiz sağlıyoruz. (A: buna göre iş ile enerji aktarımı arasındaki ilişki nedir?) bağlantılıdır. Yani bir işi yapmak için enerji aktarmamız gerekir. (A: peki ben odanın duvarını itmeye çalışsam iş yapmış olur muyum?) olmazsınız. Çünkü yer değiştirme yok. Ona bir şey kazandırmadınız. (A: enerjimi aktarmış olabilir miyim?) enerji aktarmış olursunuz. (ÖKM)

35: vadır.... (SKM)

A: ısı ile enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır?

35: bence vardır. Çünkü enerji aktarımı olduğu zaman ısı artar. (A: açıklar mısın?) enerjiye dönüşmüş olur. Isı bir enerji çeşididir. (ÖKM)

35: ısı aktarımı ısı yoluyla oluyor. Yani enerji aktarıldığı zaman enerji artar.(SKM)

A: Enerji aktarımını düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

40: enerji aktarımı deyince işte bu potansiyelin kinetiğe dönüşmesi geliyor. Birde hani bilmiyorum birisinden diğerine enerji aktarılır mı iki cisim arasında? (A: iki cisim arasında enerji aktarımı mı dönüşümü mü söz konusudur?) mesela şey düşünüyorum. Çarpışıyorlar. Bunun biri durgun biri hızla geliyor bunun bir kinetik enerjisi var. Onun potansiyel enerjisi sabit. Ona vurduğu zaman o kinetik enerjiye dönüşüyor. Enerjisini ona aktarmış değil de onun kinetiğine, hani dediğiniz gibi onun, aktarmadan ziyade diğerinin enerjisine çevriliyor. Enerjinin dönüşümü var. Aktarımdan ziyade. (A: cisimler arasında enerjinin dönüşümü var yani?) evet. (ÖKM)

40: enerji aktarımı cismin sahip olduğu bir enerji türünden bir başka enerji türüne enerjisinin değişmesi. Birinin azalırken diğerinin artması. (SKM)

A: peki enerji aktarımı nasıl gerçekleşir?

40:fikrim yok. (ÖKM)

40: enerji aktarımı işte iki cismin birbiri ile teması, sürtünmesi sonucu birinden diğerine aktarımı olabilir... mesela bir tane cisim var. Diyelim bir yüzey ve üstünde bu cisim hareket ettirmeye başladığımızda bu cisimle yerin molekülleri arasında bağlar oluşuyor. Üstteki cismin diyelim makro boyutta bir kinetik enerjisi var. İşte bu kinetik enerji bu bağlarla kimyasal potansiyel enerji olarak depolanıyor. Daha sonra cisim hareket etmeye devam edeceği için bağlar kırılıyor ve kırılması sonunda moleküllerde titreşim meydana geliyor. Bu titreşimde ısı açığa çıkıyor ama gerçekte ısı açığa çıkmaz. Sadece sınır olgusudur. Sıcaklık artıyor bu sıcaklıktan dolayı da yere termal kinetik enerji olarak aktarılmış oluyor. Buna makro boyuttan mikro boyuta enerji aktarımı diyoruz. (SKM)

A: Enerji aktarımının farklı yolları olabilir mi? Varsa nelerdir?

40:yine fikrim yok. (ÖKM)

40: ısı yoluyla...(SKM)

A: güçle enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır?

40: yoktur herhalde. (ÖKM)

40: güç, aktarım hızı... Mesela iki kişi aynı işi yaptığında biri diğerinden daha hızlı yapıyorsa gücü daha fazla oluyor. (SKM)

A: iş kavramını düşündüğünde aklına ne geliyor?

40: vardır. Mesela ben bu masayı ittiğimde bir iş yapmış olucam ve böylece bu masaya bir enerji kazandırmış olucam. Hani ben böyle iterken kendim güç uygulayacam ve bu enerji kazanıp hareket edecek ve böylece buda enerji aktarımı olmuş oluyor. (ÖKM)

40: enerji, iş yapabilme yeteneği... işle enerji aktarımı arasında... vardır. Nasıl açıklanır bilmiyorum. Bir cisim hareket ettirdiğimizde mesela bir kitabı kaldırdığımızda iş yapmış oluyoruz. Burada yerçekimi potansiyel enerjisi artmış oluyor. Aralarında bir ilişki vardır. İş yaptıkça, iş enerjisi artırsa da biliyor azalta da biliyor. (SKM)

A: ısı kavramını düşündüğünde aklına ne geliyor?

40: vardır... mesela ampuller falan yanıyor burada enerji o. Elektrik enerjisi tellerden geçerken belli bir seviyeden sonra ısı enerjisi olarak hani kaybetmeye başlıyor. Işık enerjisine çevrilirken o sırada ısı enerjisi de ortaya çıkıyor. Mesela lastiklerin sürekli yerle temas halinde olması yıpranır ama ısı enerjisi de çıkar. Isı ile enerji aktarımı arasında bir ilişki vardır. Enerji aktarımı sırasında bi enerji işte hani kinetikten potansiyele, potansiyelden kinetiğe ortaya ısı enerjisi de çıkabilir. Sürtünmeli bir yüzeyde bi topu böyle atıyorsak zeminde çok az miktarda da olsa değişme olabilir. (ÖKM)

40: evet. ısı enerji aktarım yollarımdan biridir. (SKM)

Pratik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerden cevaplamaları istenen ikinci soru kapsamındaki “Bu bisikletli ani bir fren yaparak 2m sonra durursa sistemin bahsettiğin hareket/kinetik enerjisine ne olur?” sorusu ve ilgili alt sorular için verilen cevaplar Tablo 109’da sunulmuştur.

Tablo 109. Klinik mülakatların 2. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji aktarımıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat	
Bu bisikletli ani bir fren yaparak 2m sonra durursa sistemin bahsettiğin hareket/kinetik enerjisine ne olur?	Durduğu için bisikletlinin potansiyeline dönüşür	2, 10, 38, 65	-	
	Sürtünmeyle iletilir ama açıklayamam.	30	-	
	Kinetik enerji ısı, elektrik, potansiyel ve sürtünme enerjisine dönüşür.	34	-	
	Sürtünmeyle ısı enerjisine dönüşür.	35	30, 38	
	Bisikletlinin ve yerin potansiyeline dönüşür.	40	-	
	Terleyerek kendi bünyesine aktarır.	52	-	
	Hareketi sonlandırarak bitmiş olur.	53	-	
	Isıya dönüşür.	68	-	
	Yerin ve tekerin termal enerjisi olarak aktarılır.	-	2, 68	
	Yerin termal enerjisi olarak aktarılır.	-	10	
	Isı yoluyla zemine aktarılır.	-	34, 35, 40, 53, 65	
	Sürtünmeyle yere aktarılır.	-	52	
- bu aktarım nasıl gerçekleşir?	Etkileşimle	35	-	
	Tekerlek ve zemin arası oluşan bağların kopması sonucu oluşan titreşimlerle	-	2, 10, 34, 52, 53, 65	
	Sürtünme kuvvetinin etkisiyle gerçekleşen titreşim hareketi sonucu bağların kopmasıyla	-	30, 68	
	Sürtünme kuvvetinin etkisiyle yer ısınıyor	-	35, 40	
	Moleküller arasındaki bağların kopmasıyla ısı açığa çıkar	-	38	
	Açıklama yok	30, 34, 40, 52, 53, 68	-	
- bu durma sürecinde iş yapılmış mıdır?	Evet	Yavaşlama/durma işi yapılmıştır.	2, 40, 52, 53, 65	-
		Bisikletlinin frene basma kuvveti ve yol alma var.	35, 68	35
		Kuvvet boyunca yol aldırma var.	10	-
		Yer değiştirme var.	38	-
		Sürtünme kuvveti ve yer değiştirme var.	-	2, 34, 40, 65
		Sürtünme kuvveti iş yapmıştır.	-	10, 52, 53
	Hayır	Açıklama yok	-	38, 68
		Bisiklet durma emrini verdi; hareketi yok.	30	-
		İş yapma adına bir şey yok.	34	-
	Açıklama yok	-	30	
- işin yapılma sürecinde sürtünme kuvvetinin bir rolü var mıdır?	Evet	Durmayı hızlandıran etki	2, 35, 52, 53, 65	-
		İş yapan bisikletçiyi zorlaştırıcı etki	10, 68	35
		Enerjiyi ısıya dönüştürerek yavaşlamaya neden olan etki	34, 40	30
		Yapılan işe karşı iş yapıyor.	30	-
		Elektronların aktarılması yoluyla eksi ve artı iyonları oluşturma ve böylelikle enerji aktarımını sağlama	34	-
		Negatif iş yapar, sistem enerji kaybeder.	-	2, 34, 40, 52, 53, 68
		Sürtünme kuvveti iş yapan.	-	10, 40, 65
		Açıklama yok	38	-

Tablo 109'un devamı

- Resimde görüldüğü gibi hem yerin hem tekerin kızarması neyi gösterir?	Sürtünmenin varlığını	10, 38, 40, 53, 65	<u>38, 40</u>
	Frene sert basıldığını	2	-
	Pedallara verilen gücün ısı olarak açığa çıktığını ve ısınmada orayı yaktığını	30	-
	Etkileşimi ve enerji aktarımını	34	-
	Karşılıklı etkileşim sonucu yerden ısı alınması	35	-
	Elektron alış verişi gibi karşılıklı etkileşim sonucu yerden enerji alınması	52	-
	Isı enerjisinin yere ve teker gitmesini	68	35
	Sıcaklık farkı nedeniyle enerji geçişi olduğunu	-	34, 68
	Sürtünmenin ve enerji aktarımının olduğunu	-	52, 65
	Zeminin ve tekerin termal enerjisine aktarımı	-	2
	Sürtünme nedeniyle yer ve teker arasında etkileşim olduğunu	-	10
	Sıcaklık etkisiyle tekerden çıkan boyadan	-	30
	Isı açığa çıktığını	-	<u>38</u>
	Sıcaklık değişimi	-	40
Enerji geçişi olduğunu	-	53	

Tablo 109'daki cevaplardan, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji aktarımını pratik durumlarda kullanmayla ilgili çeşitli alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir. Ani bir fren yaparak duran bisikletlinin sahip olduğu kinetik enerjiyle ilgili olarak 2, 10, 38 ve 65 kodlu öğrenciler bisikletlinin durduğu için kendi potansiyeline, 34 kodlu öğrenci ısı, elektrik, potansiyel ve sürtünme enerjisine, 35 kodlu öğrenci sürtünmeyle ısı enerjisine, 40 kodlu öğrenci bisikletlinin ve yerin potansiyeline ve 68 kodlu öğrenci ısıya dönüştüğünü ifade etmişlerdir. 30 kodlu öğrenci kinetik enerjinin sürtünmeyle iletildiğini ama bunu açıklayamayacağını, 52 kodlu öğrenci terleyerek kendi bünyesine aktardığını ve 53 kodlu öğrenci hareketi sonlandırarak bitmiş olduğunu söylemişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “durduğu anda kinetik enerji sıfırlanmış olur.... ısı enerjisi, elektrik enerjisi, potansiyel enerji, sürtünme enerjisine gider.” şeklinde ve 65 kodlu öğrenci düşüncelerini “İşte o her halde enerji aktarımı oluyor. Başka bir enerjiye dönüşüyor.... Dönüşüm.... Kafam karıştı şuan. Ya aktarımla dönüşüm arasında ne gibi bir fark var onu pek anlayamadım..... Dönüşüyor. Başka bir enerjiye dönüşüyor. Potansiyel enerjiye mi dönüşüyor durduğu için. Çok saçma cevaplar mı oldu bilmiyorum.” olarak belirtmişlerdir. Kinetik enerjinin nasıl aktarıldığı konusundaysa sadece 35 kodlu öğrenci etkileşimle cevabını verirken 30, 34, 40, 52, 53 ve 68 kodlu öğrenciler açıklama yapmamışlardır. 2, 10, 38 ve 65 kodlu öğrencilereyse süreci aktarım yerine dönüşüm

olarak nitelendirdikleri için nasıl aktarıldığı sorusu sorulmamıştır. Durma sürecinde iş yapılıp yapılmadığını belirtme ve açıklama noktasında 30 ve 34 kodlu öğrenciler işin yapılmadığını söylerken diğer öğrencilerin tamamı işin yapıldığını belirtmişlerdir. 2, 40, 52, 53 ve 65 kodlu öğrenciler işin günlük konuşma dilindeki anlamını ifade eden yavaşlama/durma işinin yapıldığını söylemişlerdir. 10, 35 ve 68 kodlu öğrenciler bisikletlinin frene basma kuvvetinin ve yol almanın ve 38 kodlu öğrenci yer değiştirmenin varlığına dikkat çekerek işin yapıldığını dile getirmişlerdir. 30 kodlu öğrenci bisikletin durma emrini verdiğini ve hareketin olmadığını ve 34 kodlu öğrenci iş yapma adına bir şey olmadığını belirterek işin yapılmadığını söylemişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “yapılmıştır.... Yol boyunca kendisi mesela bir kuvvet uyguluyor. Bunu bu tarafa hareket ettirme kuvveti. Bu kuvvet boyunca da bir yol aldırıyor oluyor. Böylelikle bir iş yapmış oluyor fiziksel anlamda.” olarak belirtmiştir. İş yapma sürecinde sürtünme kuvvetinin rolü ile ilgili olarak 30 ve 34 kodlu öğrencilere süreçte sürtünme kuvvetinin rolünün olup olmadığı sorulmuştur. Sürtünme kuvvetinin rolünü 2, 35, 52, 53 ve 65 kodlu öğrenciler durmayı hızlandıran, 10 ve 68 kodlu öğrenciler işi yapan bisikletçiyi zorlaştıran ve 34 ve 40 kodlu öğrenciler enerjiyi ısıya dönüştürerek yavaşlamaya neden olan şeklinde söylemişlerdir. 34 kodlu öğrenci aynı zamanda elektronların aktarılması yoluyla eksi ve artı iyonları oluşturma ve böylelikle enerji aktarımını sağlama etkisinin olduğunu söylemiştir. Sürtünme kuvvetinin etkisi ile ilgili olarak 30 kodlu öğrenci daha önce süreçte iş yapılmamış olarak belirttiği düşüncesinin aksine sürtünme kuvvetinin yapılan işe karşı iş yaptığını söylemiştir. 38 kodlu öğrenciyse süreçte sürtünme kuvvetinin bir etkisinin olduğunu belirtmesine karşın açıklama yapmamıştır. Bu öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “ya sürtünme kuvvetinin yaptığı iş ona karşı bir iş yapıldığında ortaya çıkıyor. Normalde yok. Yok derken... Nasıl desem? Normalde durup dururken yok diyebilirim ama ona karşı bir iş yaptığımızda o iş yapmış oluyor bize zıt olarak.” cümleleriyle ifade etmiştir. Resimde sunulan tekerin ve yerin kızarıklığının anlamıyla ilgili olarak 10, 38, 40, 53 ve 65 kodlu öğrenciler sürtünmenin varlığını, 2 kodlu öğrenci frene sert basıldığını ve 30 kodlu öğrenci pedallara verilen gücün ısı olarak açığa çıktığını ve ısınmada orayı yaktığını gösterdiğini ifade etmişlerdir. 34 kodlu öğrenci etkileşimi ve enerji aktarımını, 35 kodlu öğrenci karşılıklı etkileşim sonucu yerden ısı alınmasını, 52 kodlu öğrenci elektron alış veriş gibi karşılıklı etkileşim sonucu yerden enerji alınmasını ve 68 kodlu öğrenci ısı enerjisinin yere ve tekere gitmesini gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 40 kodlu

öğrenci düşüncelerini “Sürtünme kuvvetini. Yani enerjinin orda sürtünme kuvveti sırasında kaybolduğunu ve bu tekere zarar veriyor. O sırada moleküller falan gidiyor...” cümleleriyle açıklamıştır.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin genelinde enerji aktarımını pratik durumlarda kullanmayla ilgili algılamaların olumlu yönde değiştiği Tablo 109’da görülmektedir. Fren yaparak duran bisikletlinin sahip olduğu kinetik enerjiyle ilgili olarak 34, 35, 40, 53 ve 65 kodlu öğrenciler ısı yoluyla zemine aktarıldığını ve 2 ve 68 kodlu öğrenciler yerin ve tekerin termal enerjisi olarak aktarıldığını belirtmiştir. 10 kodlu öğrenci yerin termal enerjisi olarak aktarıldığını ve 52 kodlu öğrenci sürtünmeyle yere aktarıldığını ifade etmişlerdir. 30 ve 38 kodlu öğrencilerse kinetik enerjinin sürtünmeyle ısı enerjisine dönüştüğünü dile getirmişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 35 kodlu öğrenci düşüncesini “kinetik enerji tekerlekten yola ısı olarak aktarılır.” şeklinde söylemiştir. Kinetik enerjinin nasıl aktarıldığı 2, 10, 34, 52, 53 ve 65 kodlu öğrenciler tekerlek ve zemin arası oluşan bağların kopması sonucu oluşan titreşimlerle açıklarken 35 ve 40 kodlu öğrenciler sürtünme kuvvetinin etkisiyle yerin ısındığını belirtmektedirler. 30 ve 68 kodlu öğrenciler sürtünme kuvvetinin etkisiyle gerçekleşen titreşim hareketi sonucu bağların kopmasıyla, 38 kodlu öğrenci moleküller arasındaki bağların kopmasıyla ısının açığa çıktığını belirterek aktarım sürecini anlamlandırmaktadırlar. Bu öğrenciler arasından örneğin 35 kodlu öğrenci düşüncesini “şimdi sürtünme sırasında fren yaptığında moleküller arasında, zeminle tekerin molekülleri arasında bir bağ meydana geliyor. Bu bağ daha sonra kopuyor ve moleküller titreşiyor. Titreştiği zamanda ısı yoluyla enerji aktarılmış oluyor. Aslında burada ısı sadece yer ile teker arasındaki bir sınır olgusu.” cümleleriyle dile getirmiştir. Durma sürecinde iş yapılıp yapılmadığını belirtme ve açıklama noktasında 30 kodlu öğrenci hariç tüm öğrenciler işin yapıldığını ifade etmişlerdir. 30 kodlu öğrenci işin niçin yapılmadığı hususunda açıklama yapmamıştır. İşin yapıldığının göstergesi olarak 2, 34, 40 ve 65 kodlu öğrenciler süreçte sürtünme kuvvetinin ve yer değiştirmenin olmasını ve 35 kodlu öğrenci bisikletlinin frene basma kuvvetinin ve yer değiştirmenin olmasını ifade etmişlerdir. 10, 52 ve 53 kodlu öğrenciler sürtünme kuvvetinin iş yaptığını söyleyerek işin yapıldığını belirtirken 38 ve 68 kodlu öğrenciler bir açıklama yapmamışlardır. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci düşüncesini “iş yapılmıştır. Sonuçta bir sürtünme kuvveti var. Aldığı yol var. İş yapılmıştır.” şeklinde ifade etmiştir. Sürtünme kuvvetinin etkisi ile ilgili olarak 2, 34, 40, 52, 53 ve 68 kodlu öğrenciler negatif iş yaparak sistemin enerji kaybettiğini ve 10, 40 ve 65 kodlu öğrenciler işi yapan

kuvvet olduğunu söylemektedir. 30 kodlu öğrenci enerjiyi ısıya dönüştürerek yavaşlamaya neden olduğunu ve 35 kodlu öğrenci bisikletlinin yaptığı işi zorlaştıran etki yaptığını belirtmektedirler. Bu öğrenciler arasından örneğin 68 kodlu öğrenci düşüncesini “sürtünme kuvvetinin etkisi... Sistemden enerji geçişini sağlıyor... Mesela sürtünme kuvvetiyle zıt yönde yer değiştirme oluyor. Yapılan iş negatif oluyor. Sistemden bir enerji aktarılıyor.” cümleleriyle ifade etmiştir. Resimde sunulan tekerin ve yerin kızarıklığının anlamıyla ilgili olarak 34 ve 68 kodlu öğrenciler sıcaklık farkı nedeniyle enerji geçişini, 52 ve 65 kodlu öğrenciler sürtünmeyi ve enerji aktarımını ve 38 ve 40 kodlu öğrenciler sürtünmenin varlığını gösterdiğini ifade etmişlerdir. Yer in ve tekerin kızarmasıyla ilgili olarak 38 kodlu öğrenci aynı zamanda açığa çıkan ısıyı, 40 kodlu öğrenciyse sıcaklık değişimini gösterdiğini dile getirmişlerdir. 2 kodlu öğrenci zeminin ve tekerin termal enerjisine aktarımı, 10 kodlu öğrenci sürtünme nedeniyle yer ve teker arasında etkileşim olduğunu ve 35 kodlu öğrenci ısı enerjisinin yere ve tekere gitmesini gösterdiğini söylemişlerdir. 30 kodlu öğrenci sıcaklık etkisiyle tekerden çıkan boyadan kızarıklıkların oluştuğunu söylerken 53 kodlu öğrenci kızarıklıkların enerji geçişini gösterdiğini belirtmektedir. Bu öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncesini “sıcaklık farkı nedeniyle enerji geçişini göstermiş olur.” şeklinde ifade etmiştir. 52 ve 53 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Bu bisikletli ani bir fren yaparak 2m sonra durursa sistemin sahip olduğu kinetik enerjiye ne olur?

52: Kinetik enerjisi kalmaz. (A: Açıklar mısın?) Kaybolmaz. Bir şekilde dışarı vurulur. (A:Nereye?) Vücuda. Terler kendi bünyesine aktarır. Çeşitli enerjilere dağılır. (A: Başka bir yere aktarılma ihtimali var mıdır?) Başka bir yere aktarılma ihtimali... Yoktur. (ÖKM)

52: kinetik enerji, hani sürtünme var yani yere geçiyor kinetik enerji. (SKM)

A: bu iki metrelik durma sürecinde bir iş yapılmış mıdır?

52: İş yapılmıştır. (A: Açıklar mısın?) İş, sonuçta..... Hareket halinde yine. Durmak istiyor. (ÖKM)

52: evet. Sürtünme kuvveti bir iş yapmıştır. Mesela bisikletli iki metrede durdu diyelim: sürtünmenin yaptığı iş bisikletlinin hareketi ile ters yönlü olacağı için oda eksi bir değer katıyor. Yani bisikletlinin enerjisini azaltıyor. (SKM)

A: 2 metrelik bu durma sürecinde sürtünme kuvvetinin bir etkisi olabilir mi?

52: Olabilir. (A:Ne gibi bir etkisi olabilir?) Ne gibi... daha çabuk enerjisini.... Enerjisinin bir kısmı sürtünmeye gidecek. Sürtünme olmasaydı daha geç dururdu diye düşünüyorum. (A:'Sürtünmeye gidecek' ifadesini biraz açıklar mısın?) Aktarım. (A: Nereye aktaracak?) Yere. Sürtünme enerjisiyle yere aktaracak. (A: Hangi çeşit enerjisini aktaracak? Az önce kinetik enerjisinin tamamını vücuda aktaracağımı söylemiştin.) Bir kısmını aktaracak işte. Sonuçta biraz enerji kaybedecek. (ÖKM)

52: kesinlikle var. (A: Nasıl bir etkisi var?) sürtünmeyle sistemdeki enerji hani sürtünme ters yönde etki ettiği için hareket yönünde ne olacak enerji ısı aktarımıyla yere geçecek termal enerji olarak. Nasıl olacak. Zeminle cisim arasında önce bağlar kurulacak bu bağlar daha sonra hareketten dolayı kırılacak. Ortaya çıkan bağ enerjisi cisimle yer arasında termal enerji olarak bulunacak. (SKM)

A: Resimlerde görüldüğü gibi hem yerin ve hem tekerin kızarması neyi gösterir? Buradaki kızarıklığı nasıl açıklarsın?

52: Sonuçta tekerlekle yer arasında sürtünme olmuş. Enerji aktarımı sırasında da herhangi bir şekilde açığa çıkmıştır. (A: Peki bu kızarmasına mı neden olur?) Olur. Kıvılcım bile çıkartabilir. (A: Nasıl olur?) Şöyle olabilir. Tekerlekle yer arasındaki enerji aktarımı sırasında bir kısmı dışarı çıkmış olabilir. Havaya mesela. (A: Bu noktayı biraz daha açıklar mısın?) Sürtme gibi sonuçta bunlar. Enerji aktarımı sırasında... Ya şey düşünün maddenin içerisindeki elektronlar gibi. Nasıl olur? Elektron alış-verişi gibi olur. Sonuçta temas halindedir. Bir nevi tepkimeye girme gibi. Detaylarını ifade edemiyorum. Muhtemelen zemin sıcaktır da. Kızarmanın olduğu yerde. Yani enerji kendini bir şekilde açığa çıkartıyor. Bu ısı ve ışık olabilir, dediğiniz gibi renk olabilir. (A: Bu süreçte enerji topraktan mı bisiklete geçiyor, bisikletten mi toprağa geçiyor?) Bence ikisi arasında gidip geliyordur. Daha çok tekerlekten toprağa. (A: Daha çok derken az da olsa topraktan tekerleğe de geçiş olur anlamında mı?) Muhtemelen vardır. Toprakta da geçiş vardır. Az da olsa.(A:Toprağın hangi enerji çeşidi geçer?) Bilmem. Tekerlekten aldığı enerjisi tekrar kullanıyor olabilir. (ÖKM)

52: demin anlattığım gibi. Sürtünmenin ve enerji aktarımının olduğunu gösterir. (SKM)

.....

A: Bu bisikletli ani bir fren yaparak 2m sonra durursa sistemin bahsettiğin hareket enerjisine ne olur?

53: hareket enerjisi aktarılır. (A: nereye aktarılır? Nasıl aktarılır?) durarak. Hani hareketi sonlandırarak bitmiş olur. (A: peki ne olur bu hareket enerjisine yok mu olur?) enerji yok olmaz da... Nereye gider, bilmiyorum. (ÖKM)

53: ne olur... ısı enerjisine dönüşür. Yüzeye aktarılır. (A: Nasıl aktarılır?) Sürtünme sırasında zeminle tekerin molekülleri arasında bir bağ oluşur. Bu bağ daha sonra hareket nedeniyle kopuyor ve moleküller titreşiyor. Isı yoluyla enerji aktarılmış oluyor. Burada ısı dediğimiz teker ile yer arasındaki sınır olgusu. (SKM)

A: bu durma sürecinde bir iş yapılmış mıdır?

53: Yapılmıştır. (A: Açıklar mısın?) aniden durmuyor. Bir yere kadar gidiyor. Durmaya çalışıyor. (A: Yani durma işi mi yapıldı demek istiyorsun?) ... harekete zıt yönde bir hareket. Buda eşitlenince durdu. Bir hareketlinin yönünü değiştirmeye yönelik sayılabilir bu. (ÖKM)

53: vardır. Sürtünme kuvveti bir negatif bir iş yapmıştır. Bisikletlinin enerjisini azaltıyor. (A:biraz açıklar mısın?) tekerlekle temas yüzeyi arasında bağlar oluşuyor. Sonra kopuyor. Moleküller titreşim hareketi yapıyor... (SKM)

A: Peki, bu durma sürecinde sürtünme kuvvetinin bir etkisi var mıdır?

53: vardır. (A:nasıl bir etkisi vardır?) durmayı kolaylaştırır. (ÖKM)

A: Aşağıdaki resimlerde görüldüğü gibi hem yerin ve hem tekerin kızarması neyi gösterir?

53: Sürtünmenin var olduğunu. İki tarafında sürtünmesi olduğundan dolayı bu iz çıkmıştır...(ÖKM)

53: enerji geçişinin olduğunu... (SKM)

3.2.5. EK İle İlgili Klinik Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Bu kapsamda öğrencilerden enerji korunumunu düşündüğünde/duyduğunda aklına neler geldiği (mülakat 1. sorusu kapsamında) ve gerçek yaşama yönelik (mülakat 3. sorusu kapsamında) yöneltilen soruları cevaplamaları istenmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar ana sorular ve alt sorular temelinde tablolar halinde sunulmuştur. Tablolardan sonra öğrencilerden bazılarıyla yapılan mülakatlardan alıntılar verilmiştir.

Teorik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerden cevaplamaları istenen ilk soru kapsamındaki “enerji korunumunu duyduğunda/düşündüğünde aklına ne geliyor?” sorusu ve ilgili alt sorular için verilen cevaplar Tablo 110’da sunulmuştur.

Tablo 110. Klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında enerji korunumuyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat
Enerji korunumunu duyduğunda-düşündüğünde aklına ne geliyor?	Enerjinin çeşitleri arasında dönüştüğü	2, 30, 35, 38, 40	2, 30, 35, 38, 65
	Cismin enerjisinin korunması	10, 34, 52, 53	30, 40, 52
	Doğada bulunan enerjinin kaybolmaması	34, 68	2, 34, 53
	Yoktan var vardan yok edilemeyeceği	35, 38, 68	10, 35, 38, 65, 68
	Korunduğu kadarının verim sayılması	53	-
	Enerjinin kaybolmaması aktarılması	-	40
	Cevap yok (bilmiyorum)	65	-
Bir cismin-sistemin enerjisi hangi şartlarda korunur?	Sürtünmenin olmadığı durumlarda	34, 40	2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 53, 68
	Dış etkenlerin olmadığı durumlarda	34, 38	-
	Her şartta korunur	10	68
	Ortam değişmediği müddetçe	30	30
	Labaratuvar ortamlarında	35	-
	Hareketsiz sabit kaldığında	65	-
	Değişerek korunur	68	-
	İzole edilmiş ortamlarda	-	30, 40, 52
	Sıcaklık farklılığı yoksa	-	38, 52, 68
	Isı aktarımı yoksa	-	2,
	Termal enerji farklılığının olmadığı durumlarda	-	34
	Kapalı ortamlarda	-	53
	Dönüşüm yapabileceği ortamlarda	-	53
Cevap yok (bilmiyorum)	2, 52, 53,	35	

Tablo 110’daki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda 53 kodlu öğrenci hariç hiçbir öğrencinin enerji korunumu hakkında alternatif fikirlere sahip olmadığı görülmektedir. Enerji korunumu denince 2, 30, 35, 38 ve 40 kodlu öğrenciler enerjinin çeşitleri arasında dönüşmesi, 10, 34, 52 ve 53 kodlu öğrenciler bir cismin enerjisinin korunmasını düşündüklerini belirtmişlerdir. 35, 38 ve 68 kodlu öğrenciler enerji korunumuyla ilgili olarak enerjinin yoktan var vardan yok edilemeyeceğini ifade ederken 34 ve 68 kodlu öğrenciler doğada bulunan enerjinin kaybolmayacağını söylemektedirler. 53 kodlu öğrenci enerjinin korunduğu kadarının verim sayıldığını ifade ederek enerji korunumuyla ilgili alternatif bir düşünceye sahip olduğunu göstermiştir. 65 kodlu

öğrenciyse ilgili soruya cevap vermemiştir. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci düşüncelerini “çoğu durumda, istisnaları da vardır ama korunması.... mesela duran cismin bir enerjisi vardır. Harekete geçerken potansiyeli kinetiğe geçiyor ama miktarı değişmiyor.” sözleriyle ve 68 kodlu öğrenci düşüncelerini “enerji korunumu denince... Enerji hiçbir zaman kaybolmaz ya da yoktan var olmaz ama eksilme olabilir. O eksilmede illa ki sürtünmeden kaynaklanan bir eksilmedir. Ya da kinetiğe gitmiştir. Bir kısmı yükseklik kazanmasından dolayı potansiyele gitmiştir. Enerji doğada kaybolmaz.” cümleleriyle ifade etmişlerdir. Bir cismin enerjisinin hangi şartlarda korunduğuyla ilgili olarak yöneltilen soruya bazı öğrencilerin alternatif fikirler içeren cevaplar verdikleri görülmüştür (Tablo 110). Soruyla ilgili olarak 34 ve 40 kodlu öğrenciler sürtünmenin olmadığı ve 34 ve 38 kodlu öğrenciler dış etkenlerin olmadığı durumlarda bir cismin enerjisinin korunduğu cevabını vermiştir. 10 kodlu öğrenci bir cismin enerjisinin her şartta korunduğunu, 30 kodlu öğrenci ortam değişmedikçe, 35 kodlu öğrenci laboratuvar ortamlarında, 65 kodlu öğrenci hareketsiz/sabit kalındığında ve 68 kodlu öğrenci enerji çeşitleri arasında değişerek korunduğunu söylemişlerdir. 2, 52 ve 53 kodlu öğrencilerse soruya cevap vermemişlerdir. Bu öğrenciler arasından örneğin 30 kodlu öğrenci düşüncelerini “ortam değişmediği müddetçe. Mesela dünyadaki bir cismin dünyada mesela deniz seviyesi sıcaklık basınç bu ortamlar sabit tutulduğu sürece o enerjide korunacak diye düşünüyorum.” şeklinde belirtmiştir.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin tamamının enerji korunumuyla ilgili doğru ve nitelikli açıklamalar yaptıkları görülmüştür (Tablo 110). Enerji korunumu denince öğrenciler arasından 2, 30, 35, 38 ve 65 kodlu öğrencilerin enerjinin çeşitleri arasında dönüşmesini, 30, 40 ve 52 kodlu öğrencilerin cismin enerjisinin korunmasını dile getirdikleri belirlenmiştir. 10, 35, 38, 65 ve 68 enerjinin yoktan var vardan yok edilemeyeceğini, 2, 34 ve 53 kodlu öğrencilerin enerjinin doğada kaybolmadığını hatırladıkları görülmüştür. 40 kodlu öğrencininse enerjinin kaybolmayıp aktarıldığını ifade ettiği tespit edilmiştir. Bu öğrenciler arasından örneğin 35 kodlu öğrenci düşüncelerini “enerjinin yoktan veya vardan yok edilemeyeceği. Sadece dönüştürülebileceği yani bir enerjinin bir anda yok olmaması geliyor aklıma. Bir enerjinin sadece başka bir enerji çeşidine dönüştürülebileceği.” cümleleriyle ifade etmiştir. Öğrencilerin bir cismin enerjisinin hangi şartlarda korunduğuyla ilgili soruya verdikleri cevapların olumlu yönde değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 110). Buna göre 2, 10, 30, 34, 38, 40, 52, 53 ve 68 kodlu öğrenciler bir cismin enerjisinin sürtünmenin olmadığı, 30, 40 ve 52 kodlu

öğrenciler izole edilmiş ve 38, 52 ve 68 kodlu öğrenciler sıcaklık farklılığının olmadığı ortamlarda korunduğunu söylemişlerdir. 2 kodlu öğrenci ısı aktarımının olduğu, 30 kodlu öğrenci ortamın (basınç ve sıcaklığın sabit olduğu) değişmediği müddetçe ve 34 kodlu öğrenci termal enerji farklılığının olmadığı durumlarda bir cismin enerjisinin korunduğunu dile getirmişlerdir. 68 kodlu öğrenci bir cismin enerjisinin her şartta, 53 kodlu öğrenci kapalı veya enerjinin dönüşüm yapabileceği ortamlarda korunduğunu vurgulamışlardır. 35 kodlu öğrenciyse soruya cevap vermemiştir. Bu öğrenciler arasından örneğin 34 kodlu öğrenci düşüncelerini “burada iki tane unsur var: sürtünme ya da termal enerjisi fazla ya da düşük olma durumu. Zaten herhangi bir etken yoksa sürtünme gibi enerjisi korunur. Sürtünme gibi bir etken varsa makroskobik boyuttan mikroskobik boyuta ısı yoluyla enerji aktarımı söz konusu olur. Enerjisi azalmış olur ama kayıp olmaz. Aynı şekilde sıcaklık farkı durumunda da termal enerjisi fazla veya az olan cisimler birbirlerini dengeleyene kadar enerji aktarımı yaparlar. Bu şekilde korunmuş olur.” cümleleriyle dile getirmiştir. 52 ve 53 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: enerji korunumunu düşündüğünde/duyduğunda aklına ne geliyor?

10: Bir cismin enerjisinin korunmuş olması. (ÖKM)

10: enerjinin kaybolmaması. Mesela sürtünme kuvvetine bu noktada açıklık geliyor. Duruyor mesela cisim (hareket eden cismi kastediyor). Niye duruyor. Enerji kaybindan dolayı. (SKM)

A: bir cismin enerjisi hangi şartlarda korunur?

10: bence her şartta korunur. Şimdi sürtünmeden dolayı bir enerji kaybı var deniyor. Ama sonuçta o yavaşlattığı için yine... Her şartta korunabilir. Nasıl örnek vereyim... Barajlarda mesela toplanan su var böyle onun potansiyeli var bıraktıktan sonra hepsi kinetiğe dönüşüyor. Onun potansiyeli kaybolmuş oluyor ama kaybolmuş olmuyor kinetiğe dönüşüyor. (ÖKM)

10: enerji her şartta korunur. (A:bir cismin enerjisi?) sürtünme kuvveti olduğu durumlarda korunmuyor. Çünkü bir miktar ısıya filanda gidiyor. Diğer ortamlarda korunur. (A: başka ekleyeceğin bir durum var mı?) yok. (SKM)

.....

A: Enerji korunumunu düşündüğünüzde/duyduğunuzda aklınıza ne geliyor?

65: Duydum da ne olduğunu tam bilmiyorum. (A:Enerji korunur mu?) Korunabilir demek ki varsa. (ÖKM)

65: enerji vardan yok yoktan var edilemez dedik ya yok edilmedi korundu anlamında. Birbirine dönüştüğü geliyor aklıma. (SKM)

A: Peki, bir cismin enerjisi hangi şartlarda korunabilir?

65: Hareketsiz kaldığında falan mı? Sabit kaldığında... (ÖKM)

65: sürtünme yoksa... sürtünmesiz yüzeylerde korunuyor. Başka bilmiyorum... mesela şu fareyi aşağı iniyor. Burada bir potansiyel enerjisi vardı. Aşağı indiğinde potansiyel kinetiğe çevriliyor. Orda yok olmuyor. Korunuyor. (SKM)

Pratik Anlama Durumlarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerden cevaplama istenen üçüncü soru kapsamındaki “A ve B durumları için belirlediğin enerji çeşitlerinin değerlerini birimler olarak şu grafikteki kutular üzerinde gösterebilir misin?” sorusu için verilen cevaplar Tablo 111’de sunulmuştur.

Tablo 111. Klinik mülakatların 3. sorusu ve alt soruları kapsamında enerji aktarımıyla ilgili verilen cevaplar

Soru	Cevap	Ön Klinik Mülakat	Ön Klinik Mülakat	Son Klinik Mülakat	
A ve B durumları için belirlediğin enerji çeşitlerinin değerlerini birimler olarak grafikteki kutular üzerinde gösterebilir misin?	A konumu B konumu 	30		2	-
		34		10	-
		38		35	-
		40		65	-
		52		68	-
		53		-	30, 35, 68
		-	-	-	2, 10, 38, 52
		-	-	-	40, 53
		-	-	-	34
		-	-	-	65
- Çizdiğin grafiği de dikkate alarak cisim-yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığını söyleyebilir misin?	Korunmuştur, toplam enerjide bir değişme olmamıştır.		30, 35, 68	10, 35, 52, 68	
	Benim yaptığıma göre korunmamış korunmalıydı.		10, 34	-	
	Bir birime bir birim, korunmuştur.		2	-	
	Korundu; açıklama yok.		38	30	
	Bir dönüşüm var ama açıklayamıyorum		40	-	
	Korunmuştur, yaya aktarım var.		52	34	
	Korunmuştur, enerji çeşitleri arasında dönüşüm var.		53	2, 34, 38, 53, 65	
	Korunmamış. Şekle göre azalma var.		65	-	
	Sürtünme yoksa korunmuştur.		-	2	

Tablo 111'in devamı

	Sıcaklık değişimi olmadığından dışarıya enerji geçişi yok.	-	40	
- Korunup korunmadığını belirlemede çizdiğin grafiğin etkisi olmuş mudur?	Evet	Birimlerden eşitlik görülebiliyor.	2, 53, 68	10, 34
		Korunmamış çünkü azalmış.	65	-
		Toplam enerji miktarı değişmediği için yardımcı oluyor.	-	2
		Aktarılan ve aktarılmayan daha iyi görülebiliyor.	-	35, 40
		Karşılıklı sayıyorum.	-	38
		Görsel olarak göstermede yardımcı oluyor.	-	40
		Çizdikten sonra çok rahat.	-	52, 53, 68
	Açıklama yok	34, 40	65	
	Hayır	Çizerken korunmasına zaten dikkat etmiştim.	35, 52	-
		Daha çok formüllerden yararlanırsınız.	-	30
Açıklama yok		30, 38	-	
	Çizimden emin değil	10	-	
Yay sabitinin değerini hesaplayabilir misin?	Hesaplayamam.	2, 34, 35, 52, 53, 65	35	
	$2mgh = \frac{1}{2}kh^2 \rightarrow \frac{4mg}{h} = k$	10	40, 65	
	Sıkışma miktarına bağlı yayda oluşan enerji: $E = k \frac{2E}{h^2}$ olur.	30	-	
	$F = k \cdot x, k = \frac{m \cdot a}{h}$	40	-	
	$F = k \cdot h$	68	-	
	$E_i = E_s \rightarrow 3mgh = mgh + \frac{1}{2}kx^2 \rightarrow k = \frac{4mg}{h}$	38	2, 10, 30, 38, 53, 68	
	$\frac{1}{2}kx^2 + 2mgh = 5mgh \rightarrow k = \frac{6mg}{h}$	-	34	
	$2mgh = \frac{1}{2}k(2h)^2 \rightarrow k = mg$	-	52	

Tablo 111'deki cevaplardan da görüldüğü gibi, ön klinik mülakatlarda öğrencilerin enerji korunumunu pratik durumlarda kullanmayla ilgili çeşitli alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir. Bazı öğrenciler özellikle enerji korunumunu tespit etmiş olsalar da bunu farklı gösterimle ifade edememişlerdir. Tüm öğrenciler grafiklerinde yer verdikleri enerji çeşitlerini eksiksiz verme açısından başarısız olmuşlardır. 10, 30, 34, 38 ve 52 kodlu öğrenciler enerjinin korunumlu olduğunu düşünmekte olsalar da çizdikleri sütun grafiklerinde A ve B durumları için belirledikleri enerji değerlerini eşit çizmemişlerdir. 2, 35, 40, 53 ve 68 kodlu öğrenciler A ve B durumları için belirledikleri enerji değerlerini eşit çizmişlerdir. 65 kodlu öğrenci cisim yay sisteminde enerjinin korunmadığını gösteren çizimde bulunmuştur. Çizdikleri grafikleri de göz önüne alarak cisim-yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığını belirleme noktasında 65 kodlu öğrenci hariç tamamı korunduğunu ifade etmişlerdir. Sistemin enerji korunumunu 30, 35 ve 68 kodlu öğrenciler

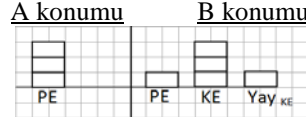
toplam enerjide bir değişme olmadığını, 10 ve 34 kodlu öğrenciler korunması gerektiğini, 2 kodlu öğrenci grafikte bir birime bir birim eşleşme olduğunu belirterek korunumu açıklamışlardır. 52 kodlu öğrenci yaya aktarım olduğunu ve 53 kodlu öğrenci enerji çeşitleri arasında dönüşüm olduğunu söyleyerek korunuma açıklama getirmişlerdir. 38 kodlu öğrenci cisim yay sisteminin enerjinin korunmuş olduğunu, 40 kodlu öğrenci korunduğunu ve süreçte enerji çeşitleri arasında bir dönüşüm olduğunu belirtirlerken her iki öğrencide bu durumu açıklayamayacaklarını söylemişlerdir. 65 kodlu öğrenciyse cisim yay sisteminin enerjisinin korunmadığını grafiğe göre azalma olduğunu belirterek açıklamıştır. Bu öğrenciler arasından örneğin 30 kodlu öğrenci düşüncelerini “korunmuştur ama bir aktarım olmuştur aralarında. Toplam enerjide bir değişme olmamıştır.” şeklinde ifade etmiştir. Cisim yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığının belirlenmesinde çizdikleri grafiklerin etkisinin olup olmadığına yönelik olarak 30, 35, 38 ve 52 kodlu öğrenciler etkisinin olmadığını, 2, 34, 40, 53, 65 ve 68 kodlu öğrenciler etkisinin olduğunu ve 10 kodlu öğrenci çizdiği grafikten emin olmadığını dile getirmişlerdir. Bu durumu 2, 53 ve 68 kodlu öğrenciler A ve B durumları için belirledikleri birimler arasındaki eşitliği görebilmesiyle, 65 kodlu öğrenci korunmadığını B durumu için çizdiği birimlerdeki azalmayla açıklamışlardır. 34 ve 40 kodlu öğrencilerse grafikten yararlandıklarını belirtse de açıklama getirmemişlerdir. 35 ve 52 kodlu öğrenciler grafikten yararlanmadıklarını çünkü zaten çizerken korunmasını dikkate aldıklarını belirtirken 30 ve 38 kodlu öğrenciler açıklama yapmamışlardır. Bu öğrenciler arasından örneğin 2 kodlu öğrenci düşüncelerini “evet, birimlerden eşitliği görebiliyorum.” olarak belirtmiştir. Enerji korunumundan yararlanarak yay sabitinin değerinin hesaplanmasının beklendiği sorudaysa 38 kodlu öğrenci hariç öğrencilerin tümü başarısız olmuşlardır. 10 kodlu öğrenciyse enerji değişiminden hareketle yay sabitinin değerini doğru hesaplamıştır. 30, 40 ve 68 kodlu öğrenciler beklenmeyen nitelikte hesaplamalar yaparken 2, 34, 35, 52, 53 ve 65 kodlu öğrenciler hesaplama yapamamışlardır.

Son klinik mülakatlarda öğrencilerin genelinde enerji korunumunu pratik durumlarda kullanmayla ilgili algılamaların olumlu yönde değiştii Tablo 111’de görölmektedir. Öğrencilerin tamamı ön mülakatların aksine özellikle düşündükleri cisim yay sisteminin enerji korunumunu farklı gösterimle ifade etmede başarılı olmuşlardır. Ancak öğrencilerin grafiklerinde yer verdikleri enerji çeşitlerini eksiksiz verme açısından gelişimin ön mülakatlara göre daha iyi olsa da eksiksiz olmadığı görölmüştür. Bu anlamda öğrencilerin grafiklerin termal enerjiye yer vermeleri ve değişimini doğru anlamlandırmaları dikkat

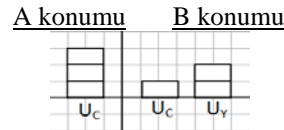
çekmektedir. Çizdikleri grafikleri de göz önüne alarak cisim-yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığını belirleme noktasında tüm öğrenciler korunduğunu ifade etmişlerdir. 10, 35, 52 ve 68 kodlu öğrenciler bu durumu toplam enerjide bir değişim olmadığını, 2, 34, 38, 53 ve 65 kodlu öğrenciler enerji çeşitleri arasında dönüşüm olduğunu belirterek açıklamışlardır. 2 kodlu sürtünme yoksa korunduğunu, 30 kodlu öğrenci korunduğunu ancak açıklayamayacağını, 34 kodlu öğrenci sistem içerisinde aktararak korunduğunu ve 40 kodlu öğrenci sıcaklık değişimi olmadığı için korunduğunu ifade etmişlerdir. Bu öğrenciler arasından 38 kodlu öğrenci düşüncelerini “korundu. Yerçekimi potansiyel enerjisinin bir kısmı esneklik potansiyel enerjiye dönüştü.” şeklinde dile getirmişlerdir. Cisim yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığının belirlenmesinde çizdikleri grafiklerin etkisinin olup olmadığına yönelik olarak 30 kodlu öğrenci hariç tamamı grafiğin etkili olduğunu ifade etmişlerdir. 30 kodlu öğrenci grafik yerine daha çok formülleri dikkate aldığını belirtmiştir. 10 ve 34 kodlu öğrenciler A ve B durumlarında belirtilen birimler arasında eşitliği, 35 ve 40 kodlu öğrenciler aktarılan ve aktarılmayan enerjinin daha iyi görülebildiğini belirtmişlerdir. 2 kodlu öğrenci toplam enerji miktarının değişmediğini grafik yoluyla belirleyebildiğini ifade etmişlerdir. 52, 53 ve 68 kodlu öğrenciler grafiği çizdikten sonra korunumu belirlemenin kolay olduğunu, 40 kodlu öğrenci görsel olarak göstermede yardımcı olduğunu ve 38 kodlu öğrenci grafikte karşılıklı olarak saydığını söylemiştir. 65 kodlu öğrenci grafiğin yardımcı olduğunu söylerken açıklama yapmamıştır. Bu öğrenciler arasından örneğin 52 kodlu öğrenci düşüncelerini “evet. Çünkü potansiyelde meydana gelen azalma esneklik potansiyele yansıyor. Grafik bunu kolaylaştırdı görme imkânı sağladı. Olmasa da söyleyebilirdim ama burada daha rahat söyleyebiliyorum. Daha net konuşabiliyorum.” cümleleriyle özetlemiştir. Enerji korunumundan yararlanarak yay sabitinin değerinin hesaplanmasını gerektiren sorudaysa 34, 35 ve 52 kodlu öğrenciler hariç öğrencilerin tümü başarılı olmuşlardır. 34 kodlu öğrenci enerji korunumundan yola çıkarak hesaplama hatası yaparken 52 kodlu enerji değişiminden yola çıkarak hesaplama hatası yapmıştır. 35 kodlu öğrenci hesaplama yapmamıştır. 40 ve 65 kodlu öğrenciler enerji değişiminden hareketle yay sabitinin değerini doğru hesaplamıştır. 2, 10, 30, 38, 53 ve 68 kodlu öğrenciler enerji korunumunu dikkate alarak doğru hesaplamalar yapmışlardır. 30 ve 34 kodlu öğrencilerle yapılan ön ve son klinik mülakatlardan alıntılar karşılıklı olarak aşağıda sunulmuştur.

A: A ve B durumları için belirlediğin enerji çeşitlerinin değerlerini birimler olarak şu grafikteki kutular üzerinde gösterebilir misin?

30: $3mgh$ 'tir. B'de bunun bir tane mgh 'ı vardır. Sonra kinetik enerjisi vardır. Ya bunun için sanırım iki kutudan biraz daha fazla boyamam gerekiyor. Çünkü niye böyle bir şey düşünüyorum. Şurada bir tane kutu boyadım. Enerjinin korunacağını biliyorum. Şuanda bir tane boyadım bu potansiyelden dolayı. Bu aşağıda hız kazanacak. Belli bir enerjisi olacak ama bununda buna karşı oluşturduğu bir tepki kuvveti var burada. Onun için iki kutudan biraz daha fazla demek istiyorum ama kaç kutu boyayacağımı kestiremiyorum şu anda... Bi dakika bunun sıkışma miktarı h kadar... İki buçuk o arada yani. En az bu kadar olması gerektiğini düşünüyorum. (A: peki yay için?) yay içinde en az bu kadar olması gerektiğini düşünüyorum. (ÖKM)



30: şimdi A konumunda yayda bir enerji yok. M kütleli cisimde potansiyel enerji var. Referans noktamız yer olduğuna göre $3mgh$ 'ta. B konumunda da sadece m kütleli cismin yere göre bir potansiyel enerjisi var. Tek kare mgh olduğu için. Cismin diğer kalan enerjisi de yaya aktarılıyor. (SKM)



A: Çizdiğin bu grafikten hareketle cisim-yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığını söyleyebilir misin?

30: korunmuştur ama bi aktarım olmuştur aralarında. Toplam enerjide bir değişme olmamıştır. (ÖKM)

30: cisim yay sisteminin enerjisi korunur. (SKM)

A: korunup korunmadığını belirlemende çizdiğin grafiğin etkisi olmuş mudur?

30: hayır.... (ÖKM)

30: daha çok burada formüllerden yararlanıp buluruz. Sonuçta bu m kütleli cismin bir potansiyeli var. Enerjinin formülü belli. İşte bu yayada oluşan demin dediğim kinetiğin $\frac{1}{2}kx^2$ 'dir. Bunları oranlayıp belli bir değer elde ettiğimizde korunduğunu anlarız. (SKM)

A: Yay sabitinin değerini hesaplayabilir misin?

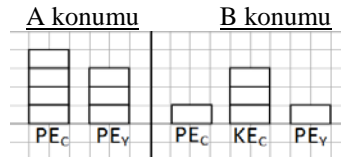
30: yay sabiti k . O belli değerler alsın. Sıkışma miktarına göre o enerjiyi bilsem, sıkışma miktarına bağlı olan kendinde oluşan enerjiyi bilsem bulabilirim diye zannediyorum. Sıkışma miktarına bağlı olarak bunun kendinde oluşan enerjiye E desem, $\frac{1}{2}kx^2$ zannedersen bunun formülü. Sıkışma miktarı burası $2h$ olduğuna göre h , k 'yı buradan çekersem $\frac{2E}{h^2}$ olur. (ÖKM)

30: şurda başlangıçta $3mgh$ 'ımız var. A konumunda. B konumuna mgh + yayın kinetik enerjisi var. $\frac{1}{2}kx^2$ sıkışma miktarına da şurda bakarsak h kadar. Buradan... (SKM)

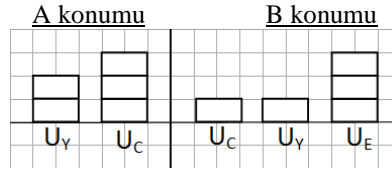
$$3mgh = \frac{1}{2}k(h)^2 + mgh \quad \rightarrow \quad k = \frac{4mg}{h}$$

A: A ve B durumları için belirlediğin enerji çeşitlerinin değerlerini birimler olarak şu grafikteki kutular üzerinde gösterebilir misin?

34: şöyle bir düzeltme yapsam... enerji kaybı olmadığına göre cisme $4mgh$ demişim başta, dörtse bir tane kendisine... ya şöyle bir şey desem: çok saçma olacak gibi yayada ben potansiyel enerjisi olsun bu da yayın kinetik enerjisi. (A: yayın kinetik enerjisi) evet. yay kinetik enerjiye sahiptir diyorum. (ÖKM)



34: A durumunda cismin $3mgh$ 'lık bir yer çekimi potansiyel enerjisi var. Termal enerjinin miktarını neye göre belirteceğimi bilmiyorum. O yüzden belirtmiyorum. Yayın sahip olduğu bir $2h$ 'lık bir yerçekimi potansiyeli vardır diye bilirim. B konumu için... (SKM)



A: Çizdiğin bu grafikten hareketle cisim-yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığını söyleyebilir misin?

34: 3, 4, 5. Aslında bence korunmamış oldu burada da korunması gerekirdi. O yüzden yayın bir kinetik enerjisi vardır diye bir şey getirdim. (ÖKM)

34: enerjisi korunmuştur. (A:Açıklar mısınız?) çünkü enerjisini kaybettirecek bir şey yok. Sürtünme ihmal edildi zaten. Sıcaklık değişimi olmadığına göre en azından mikro boyutta bir enerji aktarımı söz konusu değildir. Bu yüzden ben sürtünmesiz bir sistem olduğunu kendim fark edebiliyorum. Ancak burada cisim yayı sıkıştırdığında makroskobik boyutta yapılan bir iş var. O yüzden burada bir enerji aktarımı söz konusu. Yayda bir esneklik potansiyel enerjisi depolanmış oluyor. Cismin ilk konumunda sahip olduğu $3mgh$ 'lık enerji buradaki mgh aradaki fark $2mgh$ yayda esneklik potansiyel enerjisi olarak bulunuyor. Bu durumda da enerjisi korunmuş oluyor. (SKM)

A: korunup korunmadığını belirlemeye çizdiğin grafiğin etkisi olmuş mudur?

34: olmuştur... (ÖKM)

34: evet oldu. Çünkü ilk durumdaki enerji miktarının son durumdaki enerji miktarına eşit olması gerektiğini düşünüyorum. (A:bu grafiğin olmasa da olur muydu der misin?) hayır demiyorum. Gerekir her halde. Ya şuanda ilk baktığım anda da görebiliyorum. Bu yüzden çok gereklide değil. Ama var olması çok kolay bir şekilde anlamamızı sağlıyor tabii ki de. (SKM)

A: Yay sabitinin değerini hesaplayabilir misin?

34: hesaplayamam sanırım şu anda. (ÖKM)

34: yayın kuvveti sabiti... $\frac{1}{2}kx^2$. Burada yayın kuvvet sabiti esneklik potansiyel enerjisine eşitleyerek hesaplayabilirim galiba. Şimdi enerji korunumundan ilk ve son konumundaki enerji miktarlarını eşitleyebilirim. Burada yayda $\frac{1}{2}kx^2$ bir esneklik potansiyel enerjisi var. Bi de toplam $2mgh$ 'lık bir enerji var son konumda. İlk konumdaki toplam enerji zaten $5mgh$ olduğundan... Sıkışma miktarını da biliyorum ben... h kadar sıkışma söz konusu olmuş... buradan k eşittir... (SKM)

$$\frac{1}{2}kx^2 + 2mgh = 5mgh \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}kx^2 = 3mgh \quad \rightarrow \quad k = \frac{6mg}{h}$$

3.3. MTÖ Yaklaşımına Dayalı Öğrenme Ortamının Uygulanma Durumları: Gözlemlerden Elde Edilen Bulgular

Bu başlık altında tasarlanan öğrenme ortamının belirlenen temeller doğrultusunda uygulanıp uygulanmadığını belirlemek üzere uygulamalar sürecinde gerçekleştirilen yapılandırılmamış gözlemlerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Öğrenme ortamında kullanılacak öğretim materyali MOMBI öğretim modeli temel alınarak hazırlandığından yapılan gözlemler bu modelin aşamaları çerçevesinde sunulmuştur. Uygulamalar iki farklı sınıfta gerçekleştirilmiş olduğundan gözlemlerden elde edilen bulgular her iki sınıf için ayrı ayrı olmak üzere tablolar halinde sunulmuştur. Bulguların okunabilirliği açısından sınıflar A ve B sınıfları olarak isimlendirilmiştir.

A ve B sınıflarında yürütülen 1. derslerin gözlenmesinden elde edilen bulgular Tablo 112 ve 113'te sunulmuştur.

Tablo 112. A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 1. ders gözleminden elde edilen bulgular

Tetikleme	Derse yeni bir konuya başlanacağı ve bu konunun öğrencilere dağıtılan kitap paralelinde devam edileceği açıklanarak başlandı. Ayrıca bu dersten itibaren her ders sonunda derste anlatılan konularla ilgili kısa bir sınav olacağını belirtildi. Yeni konunun enerji konusu olduğu açıklandı. Konuyla ilgili öncelikle enerjinin ne olduğunun anlaşılması gerektiği yönünde vurgulama yapıldıktan sonra öğretim materyalinin ilgili başlığı olan "Enerji ve Etkileşimleri" başlığı tepegöz aracılığıyla yansıda sunuldu. Öğrencilere yansıda hareketle enerjinin günlük hayattaki yeri soruldu. Öğrencilerin tepkisiz kalması üzerine öğretim üyesi tarafından ülkelerin enerjiye sahip olmaya çalıştığı, bu anlamda ülkemizin de nükleer santral kurmaya çalıştığı, fabrikaların vb. işyerlerinin çalışmasında enerji gereksiniminin olduğu, kısacası toplumun gelişmesi için enerjiye gereksinim olduğuna dikkat çekildi. Buna karşın enerji kaynaklarının yokluğu vurgulandı. İnsanların ateşin keşfinden beri enerjiye sahip olma ihtiyacında olduğu açıklandı. Öğrencilere günlük hayatta enerjiyle olan etkileşimleri soruldu. Bir öğrenci tarafından günlük ihtiyaçlarımızı karşılamak için gerek duyulan olarak ifade edildikten sonra telefon şarj etme, aydınlatma, elektrik sobalarıyla ısınma örnekleri verildi. Bir başka öğrenci tarafından sağlıklı yaşamak için ihtiyaç duyulan şekilde tanımlandı ve kahvaltılık yiyecekler, öğle yemeği yeme ve yememe durumlarındaki sağlık durumumuz örnek olarak verildi. Bu nedenle yaşamımızı devam ettirebilmek için enerjiye ihtiyacımız olduğu vurgulandı. Bir başka yolculuk sürecinde arabalarda kullanılan olarak betimledi.
Aktivite Etme	Öğretim üyesi öğrenciler tarafından sunulan bazı örnekleri onayladıktan sonra öğrencilere "Enerji nedir?" sorusunu yöneltti. Bir öğrenci enerjinin hayatın ta kendisi olduğunu, bir başka öğrenci enerjiden söz ederken elma armut masa gibi somut bir varlıktan söz edilemeyeceğini çünkü enerjinin soyut bir kavram olduğunu, bir başka öğrenci enerjinin gözle görülemeyeceğini ama var olduğunu gösteren birçok somut delil olduğunu, bir başka öğrenci arabanın hareket etmesi insanların yemek ihtiyacının olmasının varlığının delilleri olduğunu, bir başka öğrenci hiçbir şey yemeden yürürken kendimizi kötü hissetmemizin varlığının delili olduğunu, dünyanın dönmelerinin varlığının delili olduğunu, bir başka öğrenci cismin var olmasının enerjinin var olduğunu gösterdiğini belirtmiştir. Bu süreçte öğretim üyesi tarafından enerjinin yoktan var edilip edilemeyeceğine dair sorusu öğrenciler tarafından hayır şeklinde cevaplanırken bir öğrenci enerjinin yok edilemeyeceğini ancak dönüştürülebileceğini söylemiştir. Tüm bu açıklamalara dayanarak öğretim üyesi, enerjinin bazı özelliklerinin dile getirildiğini ancak hala enerji kavramının tanımlanmadığını belirtti ve öğretim materyalinden ilgili başlığı "Her Yerde Enerji" başlığını tepegöz aracılığıyla yansıda sundu.
Edinimi Sağlama	Öğretim üyesi "Her Yerde Enerji" başlığının içeriğine dayanarak açıklamalarda bulundu. Bu kapsamda öğretim üyesi tarafından big bang teorisine göre evrenin başlangıçta tamamen radyan enerji ile dolu olduğu ve teoriye göre zamanla maddeye dönüşüm olduğunun kabul edildiği ifade edildi. Bu teorisinin ne anlattığını enerjinin anlaşılmasını kolaylaştırdığı ifade edildi. Yine bu kapsamda evrenin oluşumuyla ilgili kısa bilgiler verilerek enerji ve madde arasındaki ilişki irdelendi ve evrenin tüm içeriğinin enerji ve madde etkileşiminden ibaret olduğu açıklandı. Daha sonra maddenin ne olduğu açıklandı ve enerji tanımlandı. Ancak tanımlama öncesinde bir öğrenci anlatılanlardan hareketle enerjiyi tanımlamanın ne kadar doğru olacağını sordu. Öğretim üyesi tarafından herkesin anlayacağı ortak bir dilin olması gerektiğini vurgulanırken bir başka öğrenci enerjiyi iş yapabilme yeteneği olarak tanımladı. Öğretim üyesi iş yapabilme yeteneğinin sınırlı bir tanımlama olduğunu belirterek öğrencilerden dışarıya bakmalarını ve orada enerjiyi aramalarını istedi. Enerjinin doğrudan görülemeyeceğini ancak hareket eden veya etmeyen her şeyin enerjisinin olduğunu ve bir iş yapılmasa da enerjinin yine var olduğunu belirttikten sonra iş yapabilme yeteneği tanımlamasının ötesine geçilmesi gerektiğini belirtti. Bir öğrenci enerjiyi var olma nedenimiz olarak nitelendirdikten sonra öğretim üyesi tarafından "Enerji Nedir?" başlığı öğrencilere yansıda sunuldu. Öğretim üyesi öğrencilere enerjinin bilim insanları için ne anlam ifade ettiğini açıkladıktan sonra tüm öğrencileri enerjinin özellikleriyle ilgili olan ve sayfa 3'te yer alan kavram ağına yönlendirdi. Kendisinde aynı zamanda yansı da sundu. Kavram ağına yönelik açıklamalardan sonra "Çevremizdeki Enerji" başlığına geçildi. Bu kapsamda öğretim materyalinden sayfa 4 yansıya sunuldu. Burada ilk paragrafın son 5 satırına dikkat çekildi. Güneşin önemi vurgulandı. Etrafımızdaki enerjinin temel kaynağının Güneş olduğu belirtilerek sayfa 4'te yer alan ikinci paragraf açıklandı. Sayfa 5'te sağ üst köşede yer alan resim yansıda öğrencilere sunuldu ve bu resim üzerinden sayfada yer verilen bilgiler açıklandı. Açıklamalar sayfada yer alan ikinci resimle zenginleştirildi. Sayfanın sağ alt tarafında yer alan dikkat bölümlerinin öğrenciler için son derece önemli olduğu hatırlatılarak tartışıldı. Benzer şekilde sayfa 6'da yer alan şekil öğrencilere yansıda sunulduktan sonra doğada farklı enerji çeşitleri olduğu ve bu enerji çeşitleri arasında bir dönüşüm olduğu açıklandı. Bu dönüşümün doğru algılanabilmesi içinse enerji türlerinin ve bu türlere ait enerji çeşitlerinin iyi bilinmesi gerektiği vurgulanarak "Enerji Çeşitleri" başlığına geçildi ve sayfa 6'da yer alan kavram haritası yansıda sunuldu. Enerjinin türleri ve bunların çeşitlerinin kavram haritası üzerindeki sınıflandırmadan hareketle incelendikten sonra sayfa 7'de yer alan tablolar öğrencilere sunularak enerji türleri ve çeşitleri açıklandı. İlgili açıklamalar sayfa 8'de araba resminin yansıda sunulması ve sayfada yer alan açıklamaların yapılmasıyla zenginleştirildi.
İskelet Kurma	Sayfa 8'de yer alan örnek 1 sorusu öğrencilere soruldu. Öğrencilerden tepki alamayınca öğretim üyesi eline bir kalem aldı ve yerçekimi potansiyel enerjisini belirlemek için dikkate alınması gereken yüksekliği sordu. Öğrenciler beton zemini dikkate alması gerektiğini söyledi. Öğretim üyesi kolunu indirmedi pencereyi açtı ve kolunu dışarı uzattı. Aynı soruyu bir daha sordu. Öğrenciler toprak zemini dikkate alınması gerektiğini söyledi. Öğrenciler kendi cevaplarında düşüktükleri ikileme açıklık getiremeyince öğretim üyesi konuyu örnek 1'in çözümünü yansıda okuyarak ve kendi uygulamasını açıklayarak yapmıştır. Daha sonra sayfa 9'da yer alan alıştırmaya 1-3 sırasıyla yapılmıştır. Bu süreçte öğretim üyesi soruları yansıda okurken öğrenciler kitaplarından takip etmiş ve soruları öğrenciler oturdukları yerden söz almaksızın hep birlikte cevaplandırmışlardır. Öğretim üyesi öğrenci cevaplarından sonra gerektiğinde açıklamalar da yapmıştır.
Pratik Yapma	Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 10'da yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve öğrencilere sırasıyla 1, 6, 7, 8, 9. sorularını yöneltti. Öğrencilerinden doğru cevapları aldıktan sonra ders sonu sınavı için hazırlık yapmalarını isteyerek dersi tamamladı. Öğrencilerin sınav için gönüllü olmadıkları gözlemlendi.

Tablo 113. B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 1. ders gözleminden elde edilen bulgular

Tetikleme	Derse enerji konusuna başlanacağı ve bu konunun öğrencilere dağıtılan kitap paralelinde devam edileceği açıklanarak başlandı. Ayrıca bu dersten itibaren her ders sonunda derste anlatılan konularla ilgili kısa bir sınav olacakları belirtildi. Derste bir kavramsallaştırma yapılarak enerjiyi anlamaya çalışacakları vurgulandı. Öğretim materyalinin ilgili başlığı olan "Enerji ve Etkileşimleri" başlığı tepegöz aracılığıyla yansıda sunuldu. Öğretim üyesi tarafından enerjinin insanlığın ulaştığı olduğu gelişmelerle nasıl bir ilişkisi vardır sorusunu sordu. Öğrencilerin kısa bir süre düşünmelerine müsaade ettikten sonra insanlığın yaptığı savaşların dahi temelinde enerjiye sahip olma ihtiyacının olduğunu, enerjinin ekonomide, teknolojide ve sosyal yaşamda son derece önemli bir kavram olduğunu belirterek öğrencilerin konuya ilişkin motivasyonlarını sağlamaya çalıştı. Bu süreçte öğrencilerden biri tarafından teknolojinin gelişimi gibi durumlarda enerjinin kullanıldığı belirtilirken öğretim üyesi tarafından evde kullanılan eşyalardan tutun fabrikalarda çalıştırılan makinelere kadar pek çok şeyde enerjinin kullanıldığı örnek olarak verildi ve bir insanın günlük hayatında enerji ne işlev görür sorusunu sordu. Öğrenciler tarafından sabah kahvaltı yaptığımızda enerjimizi alırız, Trabzon'a gidiş gelişlerde arabalar kullanıyoruz, aydınlanma için enerji kullanıyoruz örnekleri verildi.
Aktive Etme	Öğretim üyesi verilen örnekleri dikkati çektiikten sonra öğrencilere "O halde enerji nedir?" sorusunu yöneltti. Bir öğrenci soyut bir kavramdır, objektif olarak görmemiz mümkün değildir derken bir başka öğrenci hissederiz, bir başkası kaybolmuyor cevabını verdi. Enerjinin öğrenciler tarafından verilen niteliklerinden sonra öğretim üyesi enerjinin yoktan var olup olamayacağını sordu. Soru öğrenciler tarafından hayır şeklinde cevaplandırıldıktan sonra öğretim üyesi, enerjinin bazı özelliklerinin dile getirildiğini ancak hala enerji kavramının tanımlanamadığını belirtti.
Edimini Sağlama	Öğretim üyesi enerji kavramının henüz öğrencileri tarafından tanımlanamamış olduğunu vurguladıktan sonra öğretim materyalinden "Her Yerde Enerji" başlığı ve içeriğini tepegöz aracılığıyla yansıda sundu. Öğretim materyaline dayalı olarak big bang teorisine dair öğrencilere açıklamalarda bulundu. Bu teoriye dair açıklamalar kapsamında evrenin oluşum sürecinin başlangıcında enerjinin olduğu daha sonraki süreçlerde maddenin oluşumuna dair materyal kapsamında açıklamalarda bulundu. Bu süreçte madde enerji ilişkisine dikkat çekti ve maddeyi tanımladı. Enerji nedir sorusunu öğrencilere tekrar dikkat çekmek için sordu. Öğrencilere etraflarına bakmalarını ve gördüklerini listelemelerini istedi. Öğretim üyesi yapılacak liste ne kadar genişletilirse genişletilsin içerisinde enerjinin olmayacağı vurgulamasını yaptıktan sonra enerjiyi varlığı hissedilen olarak nitelendirdi. Bu açıklamanın ardından materyalin 3. sayfasında yer alan 'enerji nedir' başlığı kapsamında enerjiyi tanımladı ve devamında aynı sayfadaki kavram ağını öğrencilere açıkladı. Devamında "çevremizdeki enerji" başlığı kapsamında öğrencilere enerji ve canlılar arasındaki ilişkiye yönelik açıklamalar yaptı. Bu süreçte temel enerji kaynağımızın güneş olduğuna yönelik açıklamalardan sonra materyalin 5. sayfasında yer alan birinci resim temelinde açıklamalar yapıldı. Aynı sayfada yer alan diğer resimden de yola çıkılarak enerji dönüşümlerine dikkat çekildi. Ayrıca sayfanın sağ alt köşesinde yer alan dikkat çekme bölümü öğrencilere okundu ve açıklandı. Altıncı sayfada yer alan resimden yola çıkarak enerji dönüşümüne dikkat çekildi ve enerji dönüşümlerinin doğru algılanabilmesi için "enerji çeşitleri" başlığı kapsamında yer alan kavram haritası öğrencilere yansıda sunuldu. Enerji türleri ve çeşitleri tanıtıldıktan sonra sayfa yedide yer alan tablolar aracılığıyla kitap temelinde açıklandı. Sayfa 8'deki resim yansıda sunulurken arabadaki enerji dönüşümleri açıklandı ve sayfadaki dikkat çekme bölümü öğrencilerle okundu.
İskelet Kurma	Sayfa sekizdeki Örnek 1 öğrencilere soru olarak soruldu ve bazı öğrencilerden doğru cevap alındı. Ancak öğrenciler açıklama istendiğinde yeterli açıklama yapılmadığı görüldü. Öğretim üyesi gerekli açıklamaları örneğin çözümü temelinde yaptıktan sonra sayfa dokuzda yer alan alıştırmaları sırasıyla yaptırdı. Alıştırma 1'in uygulanmasında öğretim üyesi soruları okudu öğrenciler söz almaksızın cevaplandırdı. Öğretim üyesi gerekli gördüğü yerlerde açıklamalar yaptı. Alıştırma 2'nin uygulanması sürecinde öğretim üyesi sistem kavramını açıklamak zorunda kaldı. Bu açıklamayı Alıştırma 1'in sonundan önceki sorusuna dayalı olarak gerçekleştirdi. Öğretim üyesi tarafından ders özetlendi. Özetleme sürecinde öğretim üyesi tarafından enerji kavramının tanımı ve özellikleri özellikle vurgulandı.
Pratik Yapma	Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 10'da yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve öğrencilere yeterli zamanın kalmaması nedeniyle sırasıyla 1, 2, 6, 7, 9. sorularını yöneltti. Devamında öğrencilerden ders sonu sınavı için hazırlık yapmalarını isteyerek dersi tamamladı. Öğrencilerin sınav için gönüllü olmadıkları gözlemlendi.

Tablo 112 ve 113'te görüldüğü gibi öğretim üyesi birinci dersleri öğretim materyalinde verildiği gibi MOMBI öğretim modelinin aşamalarına ve materyalin içeriğine uygun olacak şekilde yürütmüştür. A sınıfında ders işlerken iskelet kurma aşamasında öğrencilere materyaldeki örnek paralelinde olan ancak materyalde olmayan bir örnek verme ihtiyacı hissetmiştir. Öğretim üyesi B sınıfında ders işlerken iskelet kurma aşaması kapsamında verilen Alıştırma 2'nin uygulanması sürecinde sistem kavramını açıklamak zorunda kalmıştır. A ve B sınıflarının her ikisinde de öğretim üyesi ders sonu sınavının uygulanabilmesi için materyalde verilen soruların tamamını uygulayamamıştır. Ders sonu sınavı her iki sınıfta da başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Öğrencilerin sınav için isteksiz oldukları görülmüştür.

A ve B sınıflarında yürütülen 2. derslerin gözlenmesinden elde edilen bulgular Tablo 114 ve 115’de sunulmuştur.

Tablo 114. A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 2. ders gözleminden elde edilen bulgular

Tetikleme	Ders bir önceki ders sonunda yapılan kısa sınav cevaplarının analizi sonucu ortaya çıkan eksikliklerin giderilmesi için soruların ve bazı öğrenci cevaplarının tartışılmasıyla başlatıldı. Böylelikle öğrenciler vermiş oldukları cevaplarla yüzleştirildi. Öğretim üyesi tarafından eksikliklerin giderilmesine yönelik açıklamalar yapıldı. Bu anlamda enerjinin tanımına dair eksiklikler tamamlandı. Öğrenciler tarafından sınavda dile getirilmeyen enerji çeşitlerinin varlığına dikkat çekildi. Isı, yerçekimi potansiyel enerjisi, esneklik potansiyel enerjisi gibi kavramlar hakkında özellikle hatırlatmalar yapıldı. Termal enerji ile ilgili eksiklikler sınavda sorulan sorunun cevaplanması sürecinde ve öğrencilerin kendi cevaplarında görülen hatalarla sunuldu. Madde enerji etkileşimi irdelendi. Öğrencilerin kendi hata/eksiklikleriyle yüzleştirilmelerinin onların derse odaklanmalarını kolaylaştırdığı görüldü. Gerçekte bir önceki dersin kısa bir özetini yansıtan bu tartışmadan sonra öğretim üyesi bir önceki derste enerjinin ne olduğuna yönelik açıklamalar yapıldığı, dönüşümü ve korunumu gibi özelliklerin irdelendiği hatırlattı. Ancak henüz bir sistemin enerjisinin hangi şartlar altında korunduğuyla ilgili yeterince açıklamanın yapılmadığını belirtti. Öğretim üyesi tarafından bu dersin konusunun bir cismin enerjisinin hangi şartlar altında korunduğu belirlemeye yönelik olduğu ve bu kapsamda termal enerji, kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisiyle ilgili açıklamalar yapılacağı söylendi.
Aktive Etme	“Oda sıcaklığı” tartışma sorusu öğretim üyesi tarafından yansıda sunulmuş sınıfa okundu. Kısa bir düşünme süresinin ardından bir öğrenci oda sıcaklığının azalacağını çünkü buzdolabının ısıtacağını söylerken, bir başka öğrenci oda sıcaklığının değişmeyeceğini çünkü ortamda soğutma ve ısıtma olduğunu, bir başka öğrenci oda sıcaklığının motorun gücünün yüksek olması durumunda artacağını belirtirken bazı öğrenciler motorun güçlü olmayabileceğini bu nedenle tüm seçeneklerin doğru olabileceğini ifade ettiler. Öğretim üyesi sistemin dışarıdan enerji aldığını bu nedenle enerjisinin arttığını ve bu tür durumların algılanabilmesi için sistem ve izolasyon kavramlarının doğru algılanması gerektiğini vurguladı ve sayfa 12’de yer tabloyu yansıda öğrencilere sundu. Öğretim üyesi tarafından verilen sorunun ve kısa cevabın öğrencileri şaşırttığı, ilgilerini çektiği ve bu durumun onları düşünmeye sevk ettiği gözlemlendi.
Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	Sayfa 12’de yer alan "Sistem ve İzolasyon" başlığı kapsamındaki tablodan hareketle sistem, açık ve kapalı sistem, izole edilmiş ve izole edilmemiş sistemler hakkında açıklamalarda bulunuldu. Sayfa 13’teki örnek 2 ve 3 öğretim üyesi rehberliğinde sınıfta çözüldü. Burada örnek 3’te yer alan görseller incelendi. Sayfa 14’te yer alan örnek soru çözüldü ve sayfanın sol alt köşesinde yer alan dikkat köşesi incelendi. Daha sonra "Termal Enerji" konusuna geçildi. Termal enerji ile ilgili açıklamalar sayfada verilen görsellerin yansıda sunulması yoluyla bu görseller üzerinden açıklanmaya başlandı. Açıklamalar sayfa 15’te yer alan tabloların yansıda sunulması yoluyla zenginleştirildi. Sayfa 16’da yer alan "kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisi" konusuna geçildi. Bu süreçte mikro boyutta termal enerji makro boyutta kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisi örnek olarak verildi. Kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjinin anımsandırılması için düşen elma görseli ve açıklamaları yansı üzerinden öğrencilerle birlikte incelendi. Bu süreçte sayfa 17’de yer alan tablo incelenirken yerçekimi potansiyel enerjisinin negatif değer alabileceği konusunun işlenmesi unutuldu. Sayfa 18’de yer alan basketbol topunun yüksekliği örneği açıklandı. Yerçekimi potansiyel enerjisinin referans noktası konusu sayfa 19’da yer alan düşen çanta örneği üzerinden açıklanırken bu konuyla ilgili olarak sayfa 18’de yer alan açıklamaların incelenmesi öğrencilere bırakıldı. Düşen çanta örneğinin incelenmesi sürecinde öğretim üyesi potansiyel enerjinin negatif değer alabileceğine dair bir önceki sayfada unutulmuş olduğu açıklamaları yaptı. Sayfa 20’de Düşen Çanta örneğiyle ilintili olarak verilen sütun süreç grafiklerinin tanıtımı ve açıklanması yapıldı. Bu anlamda sayfa 21’deki Sarkacın Salınımı örneği açıklandı. Ağırtırma 4 öğrencilere bırakıldı. Sayfa 22’de yer alan farklı eksende yerçekimi potansiyel enerjisinin incelenmesi ana hatları söylenerek öğrenciler tarafından incelenmek üzere geçildi. Daha sonra sayfa 24’te yer alan "mekanik enerjinin korunumu" konusuna geçildi. Bu başlıkla ilgili yapılan açıklamalardan sonra sayfa 24’teki grafik öğrencilere sunulmuş öğrencilerle irdelendi. Grafiğe dair açıklamalardan sonra Mekanik Enerjinin Korunumu örneği yapıldı.
Pratik Yapma	Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 25 ve 26’da yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve yeterli zamanın kalmaması nedeniyle 5, 11, 12 ve 13. sorular hariç tüm sorular öğrencilere sırasıyla yöneltti. Daha sonra birinci derste enerji ve özellikleri hakkında bilgilendirmeler yapıldığı bu ders kapsamında korunumunu temelinde nelerin anlatıldığı kısaca belirtildi. Devamında öğrencilerden ders sonu sınavı için hazırlık yapmalarını istenerek derse tamamlandı. Bu süreçte öğrencilerin sınav için isteksizliklerini kendi aralarında dile getirdikleri gözlemlendi.

Tablo 115. B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 2. ders gözleminden elde edilen bulgular

Tetikleme	Ders bir önceki ders sonu sınav sonuçlarının değerlendirilmesiyle başladı. Öğrenciler yapmış oldukları hatalarla yüzleştirildi. Öğrenciler eksikliklerini giderebilmesi için açıklamalar yapıldı. Bu anlamda enerjinin tanımı ve özellikleri bir kez daha hatırlatıldı. Süreçte öğretim üyesi materyalden ilgili yerleri yansıda tekrar sundu. Öğrencilerin enerji çeşitleri noktasındaki yanlışlıkları belirtti. Bu noktada öğrenciler materyalin 6 ve 7. sayfalarına yönlendirilerek enerji türleri ve çeşitleriyle ilgili eksik veya yanlış anlamaları giderilmeye çalışıldı. Ara sınavla ilgili olarak üzerinde durulan önemli noktalardan biride termal enerji çeşidi oldu. Bu anlamda sınavda sorulan soru sınıfta birlikte çözümlenerek yanlışlıklar giderilmeye çalışıldı. Öğrencilerin kendi hata/eksiklikleriyle yüzleştirilmelerinin onların derse odaklanmalarını kolaylaştırdığı görüldü. Yapılan değerlendirmelerin ardından öğretim üyesi bir önceki derste enerji ve özelliklerinin, enerji tür ve çeşitlerinin üzerinde durulduğunu ancak korunumu üzerinde özellikle bir cismin enerjisinin hangi şartlar altında korunduğuyla ilgili yeterince durulmadığını vurguladı. Bu derste enerjinin korunumu üzerinde durulacağı açıklanarak tartışma sorusu soruldu.
-----------	--

Tablo 115'in devamı

Aktive Etme	'Oda sıcaklığı' tartışma sorusu öğretim üyesi tarafından yansıda sunularak sınıfa okundu. Öğrenciler hep birlikte konuşmaya başladı. Bir öğrenci soğuk hava ve ısınma aynı anda olduğundan değişme olmaz, bir başka öğrenci tüm seçeneklerin olabileceğini, bir başka öğrenci buzdolabının çalışma durumunun (derecesinin) önemli olduğunu, bir başkası çok derin bir soru olduğunu ve açıklama getiremeyeceğini, hepsi olabilir dengeyi bilemeyiz şeklinde cevaplar verdiler. Öğretim üyesi sisteme dışarıdan enerji girişi olduğunu bu nedenle oda sıcaklığının arttığını söyledikten sonra bu tür durumların daha iyi anlaşılabilmesi için sistem kavramının algılanması gerektiğini belirtti. Öğretim üyesi tarafından verilen sorunun ve kısa cevabın öğrencileri şaşırttığı, ilgilerini çektiği ve bu durumun onları düşünmeye sevk ettiği gözlemlendi.
Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	Sayfa 12'de yer alan "Sistem ve İzolasyon" başlığı çerçevesindeki tablo yansıda öğrencilere sunarak materyal temelinde sistem, açık ve kapalı sistem ve izole edilmiş ve edilmemiş sistem kavramları öğrencilere açıkladı. Aynı sayfanın sonundaki termal enerjinin referans alınması ile ilgili açıklamalar materyale göre yapıldı. Sistem kavramının anlaşılması için sayfa 13'te yer alan Sistemi Belirleme örneği öğrencilerle incelendi. Daha sonra Açık Sistem örneğiyle devam edildi. Sayfa 14 yansıda sunulduktan sonra bir öğrenciden herhangi bir arabadaki enerji dönüşüm süreçlerini açıklaması istendi. Bazıları öğrenci tarafından söylenirken diğerleri öğretim üyesi tarafından tamamlandı. Cismin Enerjisi örneği irdelenerek "Termal Enerji" konusuna geçildi. Sayfada yer alan resimlerden de yararlanılarak termal enerjiyle ilgili açıklamalar yapıldı. Sayfa 15'teki tablolardan hareketle termal enerjiyle ilgili açıklamalar zenginleştirildi. Bu süreçte mikro boyutta termal enerji makro boyutta kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisi örnek olarak verildi. Termal enerjiyle ilgili açıklamalardan sonra "Kinetik ve Yerçekimi Potansiyel Enerjisi" konusuna geçildi. Sayfa 16'da kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjinin anlamlandırılması için düşen elma görseli ve hesaplamaları yansı üzerinden öğrencilerle birlikte incelendi. Kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisine dair eşitlikler verildikten sonra yerçekimi potansiyel enerjisinin negatif değer alabileceği açıklandı. Sayfa 18'deki örnek öğrencilerle birlikte çözülerek sayfa 19'daki referans noktası konusuna geçildi. Referans noktasının ne olduğuyla ilgili yapılan açıklamalardan sonra Düşen Çanta örneği irdelenerek pekiştirilme çalışmaları yapıldı. Sayfa 20'de yer alan sütun süreç grafikleriyle ilgili açıklamalar Düşen Çanta örneğiyle ilişkili olarak öğrencilere sunuldu. Sütun süreç grafikleri ve enerji yükseklik değişimini gösteren grafikler karşılaştırmalı olarak Sarkacın Salınımı örneği üzerinden incelendi. Materyalde yer alan Alıştırma 4 ödev olarak öğrencilere bırakıldı. Yerçekimi potansiyel enerjisinin farklı eksenlerdeki durumunun incelendiği bölüm ana hatları belirtildikten sonra irdelenmek üzere öğrencilere bırakıldı. Sayfa 23'teki "Mekanik Enerjinin Korunumu" konusuna geçildi. Burada kitap temelinde açıklamalar yapıldı. Sayfada görseller üzerinden kinetik enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisinin dönüşümü açıklandı. Devamında sayfa 24 yer alan grafikler temelinde kinetik enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisi değişiminin grafiği yorumlandı. Aynı sayfada yer alan Mekanik Enerjinin Korunumu örneği öğrencilerle birlikte çözüldü.
Pratik Yapma	Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 25 ve 26'da yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve zaman ayarlaması yapılması gerektiği için sadece 5, 11, 12 ve 13. sorular hariç tüm sorular öğrencilere sırasıyla yöneltti. Daha sonra birinci derste enerji ve özellikleri hakkında bilgilendirmeler yapıldığı bu ders kapsamında korunumunu temelinde nelerin açıklandığı ifade edildi. Devamında öğrencilerden ders sonu sınavı için hazırlık yapmalarını istenerek ders tamamlandı. Bu süreçte öğrencilerin sınav için isteksizliklerini kendi aralarında dile getirdikleri gözlemlendi.

Tablo 114 ve 115'te görüldüğü gibi öğretim üyesi ikinci dersleri MOMBI öğretim modelinin aşamalarına ve öğretim materyalinde verilen içeriğe göre yürütmüştür. Öğrencilerin tetikleme aşamasında birinci ders sonu sınavında belirlenen eksiklikleriyle yüzleştirmenin onları derse odakladığı gözlenmiştir. Aktive etme aşamasında öğrenciler tarafından cevaplanamayan bir soru yöneltmenin öğrencilerin ilgisini çekerek onları meraklandırdığı ve konu üzerinde düşünmeye zorladığı dikkat çekmiştir. Edinimi sağlama aşamasında öğretim üyesinin her iki sınıfta da yerçekimi potansiyel enerjinin farklı ekseninde incelenmesi konusunu ana hatlarını söyleyerek incelenmek üzere öğrencilere bıraktığı belirlenmiştir. İskelet kurma aşaması kapsamında da Alıştırma 4'ü öğrencilere ödev olarak verdiği tespit edilmiştir. Öğretim üyesinin zaman kaygısı nedeniyle pratik yapma aşaması için verilen sorular arasından dördünü öğrencilere yöneltmediği anlaşılmıştır. Öğrencilerin sınav için isteksiz oldukları görülmüştür.

A ve B sınıflarında yürütülen 3. derslerin gözlenmesinden elde edilen bulgular Tablo 116 ve 117'de sunulmuştur.

Tablo 116. A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 3. ders gözleminden elde edilen bulgular

Tetikleme	Ders öğretim üyesinin bir önceki derste yapılan ara sınavla ortaya çıkan eksikliklerin öğrencilere sunulması ile başladı. Eksiklik olarak referans noktasının bazı öğrenciler tarafından tam algılanmadığı yönünde vurgulama yapıldıktan sonra gerekli açıklamalar yapıldı. Devamında potansiyel enerjinin tanımı hatırlatıldı ve önceki derste cismin konumundan kaynaklanan yerçekimi potansiyel enerjisinin açıklandığını bu ders kapsamında da esneklik potansiyel enerjisinin işleneceği vurgulanarak tartışma sorusu öğrencilere yöneltildi. Bu süreçte öğrencilerin kendi hata/eksiklikleriyle yüzleştirilmelerinin onların derse odaklanmalarını kolaylaştırdığı görüldü.
Aktive Etme	Havuz atlama öncesinde tahterevallide zıplayan öğrenci ve tahta arasındaki enerji geçişlerinin sorgulandığı tartışma sorusu öğretim üyesi tarafından yansıda sunularak sınıfa okundu. Öğrenciler kısa bir süre düşündükten sonra bir öğrenci enerjisinin tahtaya verdiğini, bir başka öğrenci açıklama yapmaksızın dönüştüğünü belirtti. Tartışma sorusuyla ilgili olarak öğrencilerin zorlanmaları üzerine öğretim üyesi bugünkü konunun ne olduğunu öğrencilere sorarak yeni konu ile soru arasında ilişki kurmalarını bekledi. Soruyu cevaplayamamalarının bazı öğrencilerde merak uyandırdığı görüldü. Öğrencilerden herhangi bir tepki alamayan öğretim üyesi soruda belirtilen kinetik enerjinin esneklik potansiyel enerjisine dönüşeceğini ifade etti ve dersin devamında konunun daha iyi algılanabileceği vurgulandı. Öğretim üyesi tarafından verilen sorunun ve kısa cevabın öğrencilerin ilgilerini çekerek onları düşündürdüğü gözlemlendi.
Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	Bu anlamda öğrencilerin dikkati sayfa 27'deki son paragrafa çekilerek elastiklik kavramı açıklandı. Elastik cisimlerle ilgili olarak sayfa 28'deki grafik yansıda öğrencilere sunularak yorumlandı. Grafik üzerinde elastiklik limiti ve kırılma noktası kavramları açıklandı. Kuvvetle esneme miktarı arasındaki ilişkiden hareketle Hooke yasası formülündeki eksi işaretin anlamı sorgulandı. Aynı sayfada yer alan görsellerden hareketle kuvvet ve yer değiştirme arasındaki ilişki açıklandı ve sayfa 29'da verilen matematiksel eşitlikler öğrencilere sunuldu. Esneklik potansiyel enerjiye ait eşitlik öğrencilere verildi. Buraya kadar yapılan açıklamalarda tahta örneğinin irdelendiği ancak aynı durumun yaylar içinde geçerli olduğu belirtildi. Sayfa 30'daki görsellerden hareketle cisim yay arasındaki enerji değişimleri için materyalde davalı açıklamalar yapıldı. Bu süreçte de materyal yansıda öğrencilere sunuldu. Açıklamalar materyalde aynı sayfada yer alan sütun-süreç grafikleri üzerinden tekrarlandı. Sonuç olarak cisimlerin durumlarından dolayı da bir enerji depolayabildikleri vurgulandı. Sayfa 31'deki yay-cisim şekilleri üzerinden açıklamalar yapıldı. Burada yay-cisim arasındaki ilişki sütun-süreç grafiklerinden hareketle desteklendi. Sayfada yer alan enerji-yol grafikleri eksiklikleri giderilerek sunuldu. Yapılan açıklamaların ardından sayfa 32'deki örnek öğrencilere sunuldu. Örneğin çözümünde sütun süreç grafiklerinin kullanımına vurgu yapıldı.
Pratik Yapma	Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 33'te yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve sayfadaki tüm soruları sırasıyla öğrencilere yöneltti. Anlatılanlara dair kısa bir özetleme çalışması yaptıktan sonra öğrencilerden ders sonu sınavı için hazırlık yapmalarını isteyerek dersi tamamladı. Bu süreçte öğrencilerin sınav için isteksizliklerini kendi aralarında dile getirdikleri gözlemlendi.

Tablo 117. B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 3. ders gözleminden elde edilen bulgular

Tetikleme	Ders öğretim üyesinin bir önceki derste yapılan ara sınavla ortaya çıkan eksikliklerin öğrencilere sunulması ile başladı. Bu anlamda belirlenen eksikliklerin giderilmesine yönelik açıklamalar yapıldı. Potansiyel enerjinin tanımı hatırlatıldıktan sonra önceki derste cismin konumundan kaynaklanan yerçekimi potansiyel enerjisinin açıklandığını bu ders kapsamında da esneklik potansiyel enerjisiyle ilgili açıklamalar yapılacağı belirtilerek tartışma sorusu öğrencilere yöneltildi. Bu süreçte öğrencilerin kendi hata/eksiklikleriyle yüzleştirilmelerinin onların derse odaklanmalarını kolaylaştırdığı görüldü.
Aktive Etme	Tartışma sorusu öğretim üyesi tarafından yansıda sunularak sınıfa okundu. Kısa bir süre öğrenciler düşündükten sonra bazı öğrenciler yüzücünün enerjisini tahtaya verdiğini bazıları da bu süreçte başka enerji çeşitlerine dönüştüğünü belirtti. Öğrencilerden esneklik potansiyel enerjisiyle ilgili cevap alamayan öğretim üyesi soruda belirtilen kinetik enerjinin esneklik potansiyel enerjisine dönüşeceğini ifade ederek esneklik potansiyel enerjisiyle ilgili olarak daha önce yapılan tanımlamalar hatırlatılarak derse devam etti. Öğretim üyesi tarafından verilen sorunun ve kısa cevabın öğrencilerin ilgilerini çektiği, onları düşündürdüğü gözlemlendi.
Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	Öğretim üyesi öğrencileri sayfa 27'deki son paragrafa yönelterek aynı zamanda yansıda sunularak elastiklik kavramını açıkladı. Elastik cisimlerle ilgili sayfa 28'deki grafik yansıda öğrencilere sunularak açıklamalar yapıldı. Grafikten hareketle elastiklik limiti ve kırılma noktası kavramları anlatıldı. Kuvvetle esneme miktarı arasındaki ilişkiden hareketle Hooke yasası açıklanarak ilgili formüldeki eksi işaretinin anlamı sorgulandı. Aynı sayfada yer alan görsellerden hareketle kuvvet ve yer değiştirme arasındaki ilişki açıklandı. Bu açıklamalarla ilgili sayfa 29'da verilen matematiksel eşitlikler öğrencilere sunularak esneklik potansiyel enerjiye ait eşitlik öğrencilere verildi. Buraya kadar yapılan açıklamalarda tahtaların esnekliğinin incelendiği belirtilerek aynı durumun yaylar içinde geçerli olduğu ifade edildi. Sayfa 30'daki görseller yansıda öğrencilere sunuldu ve görsellerden hareketle cisim yay arasındaki enerji değişimleri için açıklamalar yapıldı. Açıklamalar aynı sayfadaki sütun-süreç grafikleri kullanılarak tekrarlandı. Cisimlerin durumlarından dolayı da bir enerji depolayabildikleri özellikle vurgulandı. Sayfa 31'deki yay-cisim şekilleri üzerinden açıklamalar yapılarak cisim-yay arasındaki ilişki sütun-süreç grafiklerinden hareketle verildi. Sayfadaki enerji-yol grafikleri eksiklikleri giderilerek sunuldu. Yapılan açıklamaların ardından sayfa 32'deki örnek çözümünde sütun süreç grafiklerinin kullanımına vurgu yapılarak sunuldu.
Pratik Yapma	Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 33'te yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve sayfadaki tüm soruları sırasıyla öğrencilere yöneltti. Anlatılanlara dair kısa bir özetleme çalışması yaptıktan sonra öğrencilerden ders sonu sınavı için hazırlık yapmalarını isteyerek dersi tamamladı. Bu süreçte öğrencilerin sınav için isteksizliklerini kendi aralarında dile getirdikleri gözlemlendi.

Tablo 116 ve 117'de görüldüğü gibi öğretim üyesi üçüncü dersleri MOMBI öğretim modelinin aşamalarına ve öğretim materyalinde verilen içeriğe göre yürütmüştür.

Öğrencilerin tetikleme aşamasında bir önceki ders sonu sınavında belirlenen eksiklikleriyle yüzleştirmenin onları derse odakladığı bir kez daha gözlenmiştir. Aktive etme aşamasında yöneltilen tartışma sorusunun öğrencilerin durumu açıklayamamaları nedeniyle ilgilerini çektiği ve onları konu hakkında düşünmeye sevk ettiği belirlenmiştir. Pratik yapma aşamasında öğretim üyesinin önceki derslerin aksine tüm soruları öğrencilere yönelttiği tespit edilmiştir. Öğrencilerin sınav için isteksiz oldukları görülmüştür.

A ve B sınıflarında yürütülen 4 ve 5. derslerin gözlenmesinden elde edilen bulgular Tablo 118 ve 119'da sunulmuştur.

Tablo 118. A sınıfı öğrencileriyle yürütülen 4 ve 5. ders gözlemlerinden elde edilen bulgular

Tetikleme	Ders bir önceki derste yapılan sınavın değerlendirilmesiyle başladı. Buna göre öğrencilerin genel anlamda başarılı oldukları belirtildikten bazı küçük eksikliklerin giderilmesine yönelik açıklamalar yapıldı. Daha sonra önceki derlerde işlenen konular hatırlatıldı. İşlenen konular arasından enerjinin dönüşümüne vurgu yapıldı. Enerjinin çeşitleri arasındaki dönüşümünün anlatıldığı ancak cisimler arasındaki aktarımının henüz anlatılmadığı vurgulandı. Daha sonra yansıda sunulan sayfa 34'teki görselle yönlendirildi. Bu süreçte öğrencilerin kendi hata/eksiklikleriyle yüzleştirilmelerinin onların derse odaklanmalarını kolaylaştırdığı görüldü.
Aktive Etme	Öğretim üyesi tartışma sorusu kapsamında resimde yer alan atın enerjisini at arabasına nasıl aktardığını öğrencilere sordu. Bir öğrenci atın iç enerjisi ile at arabasını çektiğini söyledi ancak nasıl arabaya aktarıldığını açıklayamadı. Öğrenciler soruyu oldukça ilginç bulduklarını ifade ederek sessiz kaldılar. Öğretim üyesi iki ders süresince bu konu üzerinde durulacağını belirterek öğrencilere sayfa 34'ün son paragrafına yönlendirdi. Bu durum öğrenciler üzerinde dikkat çekme açısından oldukça etkili oldu.
Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	Bu anlamda makro ve mikro boyuttaki enerji aktarım yolları olarak iş ve ısı kavramları sunuldu. Isı ve sıcaklık nedir soruları öğrencilere yöneltilerek gerekli açıklamalar öğretim üyesi tarafından yapıldı. Bu süreçte sayfa 35'te yer alan "Isı nedir" başlığı kapsamında verilen açıklamalar yansıda sunularak öğrencilere okundu. Isı kavramına dair anlatılanlar aynı sayfada yer alan görseller üzerinden yapılan açıklamalarla zenginleştirildi. Bu anlamda sayfa 36'daki Alıştırma 5 öğrencilerle birlikte çözüldü. Aynı sayfada yer alan Joule deneyi öğrencilere açıklanarak makro boyuttaki enerjinin mikro boyuttaki enerjiye dönüşümü açıklandı. Bu süreçte ilgili materyal yine yansıda sunuldu. Devamında sayfada görülen kitabın hareketi ve enerji çeşitleri tartışıldı. Kitabın hareketi ve enerji dönüşümleri sütun süreç grafikleriyle zenginleştirildi. Sayfa 37'de yer alan resim yansıda sunuldu. Resimden hareketle makrodan mikroya enerji geçişinin nasıl gerçekleştiği vurgulanarak açıklandı. Sayfa 37'deki sütun-süreç grafiğiyle sayfa 38'deki sütun-süreç grafiği ilişkilendirilerek kitabın hareketinde kaybolduğu(!) düşünülen enerjiye ne olduğu açıklandı. Bu noktada öğretim üyesi sayfa 37'deki resme tekrar dönerek açıklamalarını zenginleştirdi. Açıklamaların ardından "iş yoluyla enerji aktarımı" konusuna geçildi. İş kavramının günlük hayattaki tanımıyla fizikteki tanımı karşılaştırmalı olarak materyale dayalı olarak verildi. Sayfa 39'da yer alan paranın enerjiye benzetildiği analogi öğrencilerle irdelendi ve materyalden hareketle enerji değişiminin işe eşit olduğu açıklaması yapıldı. Aynı sayfada verilen şekilden hareketle çevre ve sistem arasındaki ilişki enerji temelinde betimlendi. İş enerji teoremi verildi. Devamında ve "iş ve kinetik enerji" konusuna geçildi. İş ve kinetik enerji arasındaki ilişki hakkında sayfa 40'ta verilen resim üzerinden açıklamalar yapıldı. İş kinetik enerji teoremi açıklanarak ilgili formüller verildi. Burada atın arabayı çekmesiyle ilgili gerçekleşen enerji aktarımı sorusu açıklandı. Sayfa 40'da yer alan iş başlığı çerçevesinde açıklamalar yapıldı. Vagon çeken işçi örneği irdelendi. Devamında toplam işin hesaplanması konusuna geçildi. Toplam işin nasıl hesaplanabileceğine dair açıklamalar Alıştırma 6'nın öğrencilere sorulması ve birlikte çözülmesiyle zenginleştirildi. Sayfa 42'deki "kuvvet var iş yok başlığına" geçilerek gerekli açıklamalar yapıldı. Bu süreçte sayfa 42 ve 43'te yer alan görsellerden yararlanıldı. Devamında "kuvvet ve yer değiştirme var iş yok" başlığına geçildi ve ilgili resimlerden hareketle açıklamalar yapıldı. Sayfa 43'te yer alan diyagram öğrencilere sunuldu ve burada dikkate alınması gereken durumlar öğretim üyesi tarafından açıklandı. Bu süreçte diyagram sayfa 42 ve 43'teki resimlerle karşılaştırmalı olarak incelendi. Daha sonra öğrenciler sayfa 43'teki tabloya yönlendirildiler. Tablo üzerinden gerekli açıklamalar yapıldı. Bu esnada bir öğrencinin sınıfın bir köşesinden diğerine taşınması durumunda yapılan iş tartışıldı. İşin işareti örneğiyle yapılan iş kavramının öğrenciler için anlamı derinleştirildikten sonra "Değişken Kuvvetin Yaptığı İş" konusuna geçildi. Değişken kuvvetin yaptığı işle alakalı yapılan açıklamalar Değişken Kuvvetin Yaptığı İş örneği kapsamında örneklendirildi. Buraya kadar yapılan açıklamaların ardından tüm ders sürecinde anlatılan konular özetlenerek dördüncü ders tamamlandı.

Tablo 118'in devamı

Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	<p>-----</p> <p>Beşinci ders diğer derslerde olduğu gibi yine bir önceki derste yapılan sınavın değerlendirilmesiyle başladı. Bu anlamda öğrencilerin ara sınavda yapmış oldukları hatalar öğrencilere sunularak tartışıldı. Özellikle ısı kavramıyla ilgili yanlışları gidermek için B sınıfına hazırlanan ek materyal kısaca özetlenerek dağıtıldı. Devamında öğrenciler sayfa 48'deki "iş ve potansiyel enerji" konusuna yönlendirildi. Önceki ders kısaca hatırlatılarak dersin içeriğinde neler olacağı vurgulandı. Sayfada yer verilen bilgiler ışığında öğrencilere iş ve potansiyel enerji arasındaki ilişki açıklandı. Bu süreçte materyalde verilen çarşaf örneğine ve sayfadaki grafikten yararlandı. Sayfa 49'da yer alan açıklamalar kapsamında sayfadaki resimden yola çıkılarak yerçekimi kuvvetinin yola bağımlı olması ve olmaması durumları irdelendi. Daha sonra elastik cisimlerin yaptığı iş konusuna geçilerek bu konu değişken kuvvetlerin yaptığı işle ilişkilendirildi. Yapılan açıklamalardan sonra Yayın Yaptığı İş örneği öğrencilerle birlikte çözüldü. Örnekten sonra öğrenciler korunumlu ve korunumsuz kuvvetler konusuna yönlendirildi. Konunun açıklanması sürecinde sayfa 51 ve 52'de yer alan görseller ve metin temel alındı. Bu konuda yapılan açıklamalar sonrasında "Enerji Korunumu" konusuna geçildi. Bu süreçte özellikle ilgili formüllerin yansıda sunulmak suretiyle öğrencilere anlatıldığı dikkat çekti. Enerji korunumu ile ilgili formüller bazında yapılan açıklamalar sayfa 54, 55 ve 56'da yer alan Enerji Korunumu örneklerinin öğrencilerle birlikte çözülmesi sürecinde somutlaştırılmıştır. Örneklerin irdelenmesinden sonra "Güç: Enerji Aktarım Hızı" konusuna geçildi. Konuya dair açıklamalar yansıda sunularak açıklandı ve bu konuyla ilgili olarak Arabanın Gücü örneği çözüldü. "Enerjinin Niteliği ve Aktarım Sürecinin Verimi" konusuna geçildi. Konuyla ilgili bölüm yansıda öğrencilere sunuldu ve gerekli açıklamalar yapıldı. Alıştırma 8, 9 ve 10 öğrencilere yapıldı. Bu süreçte öğretim üyesi gerekli gördüğü yerlerde hatırlatmalar yaptı.</p>
Pratik Yapma	<p>Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 60 ve 61'de yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve sayfadaki tüm soruları sırasıyla öğrencilere yöneltti. Soruların öğrenciler tarafından cevaplandırılmasından sonra ders sonu sınavına geçilerek ders tamamladı. Bu süreçte öğrencilerin sınav için isteksizliklerini kendi aralarında dile getirdikleri gözlemlendi.</p>

Tablo 119. B sınıfı öğrencileriyle yürütülen 4 ve 5. ders gözlemlerinden elde edilen bulgular

Teetikleme	<p>Ders bir önceki derste yapılan sınavın değerlendirilmesiyle başladı. Bu anlamda sütun-süreç grafiklerinin işlevinin ne olduğu kısaca tekrar hatırlatıldı. Esneklik potansiyel enerjisinin hesaplanması noktasında görülen eksiklikler belirtilerek gerekli açıklamalar yapıldı. Özellikle sınav kapsamında verilen diyagramdan hareketle çizilmesi istenen yay şekillerindeki eksikliklerin neler olduğu belirtilerek giderilmesine yönelik vurgulamalar yapıldı. Ara sınava yönelik açıklamalardan sonra öğretim üyesi şuna kadar enerjinin çeşitleri arasındaki dönüşümünün anlatıldığı ancak cisimler arasındaki aktarımının henüz anlatılmadığı vurgulayarak bugünkü dersin konusunu enerji aktarımı olarak açıklandı. Bu derste öğrenilecek kavramların gerçek yaşamda karşılaşılabilecek durumları anlamayı kolaylaştıracağı belirtilerek öğrenciler sayfa 34'e yönlendirildi. Bu süreçte öğrencilerin kendi hata/eksiklikleriyle yüzleştirilmelerinin onların derse odaklanmalarını kolaylaştırdığı görüldü.</p>
Aktive Etme	<p>Öğretim üyesi tartışma sorusu kapsamında resimde yer alan atın enerjisini at arabasına nasıl aktardığını öğrencilere yöneltti. Öğrenciler kısa bir süre düşündükten sonra soruyu kısa cevaplarla açıklamaya çalışmış olsalar da başarılı olamadılar. Öğrencilerin soruyu cevaplamadaki başarısızlıklarının konuyu anlamaya çalışmalarına neden olduğu görüldü. Öğretim üyesi bu aktarımın nasıl gerçekleştiğinin dersin konusu olduğunu belirterek öğrencileri sayfa 34'ün son paragrafına yönlendirdi.</p>
Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	<p>Öğretim üyesi makro ve mikro boyuttaki enerji aktarımının inceleneceğini açıkladı. Bu anlamda öğrencileri sayfa 35'e yönlendirerek ısı yoluyla enerji aktarımı konusuna dair açıklamalar yaptı. Aynı sayfadan hareketle sıcaklık kavramını tanımladı ve buradan ısının ne olduğunu öğrencilerine sordu. Öğrenciler ısıyı sıcaklık kavramıyla karıştırarak açıklanmaya çalışıldı. İlgili açıklama öğretim üyesi tarafından yansidan okunarak yapıldı. Isı yoluyla enerji aktarımının nasıl gerçekleştirildiğine yönelik açıklamalar sayfanın altında yer alan resimlerle zenginleştirildi. Devamında mekanik enerjiyle termal enerji arasındaki ilişki sayfa 36'da verilen Joule deneyiyle ilgili görsel temelinde yapıldı. Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişine dair açıklamaların ardından öğrenciler aynı sayfada yer alan kitabın hareketiyle ilgili görselle yönlendirildi. Burada kitabın hareketi süreci sonunda durduğu belirtilerek hareketinden kaynaklanan enerjiye ne olduğu öğrencilere soruldu. Öğrenci görüşlerinin alınması sürecinde sayfa 37'deki sütun süreç grafiğinde de süreç irdelendi. Devamında aynı sayfadaki resimden hareketle enerji geçişi açıklandı ve öğrencilerden bu resmi çizmeleri istendi. Yapılan açıklamaların ardından sayfa 37'deki sütun süreç grafiği sayfa 38'deki sütun süreç grafikleriyle tamamlandı. Bu açıklamaların ardından "iş yoluyla enerji aktarımı" konusuna geçildi. Bu anlamda iş kavramının günlük hayattaki anlamı ile fizikteki anlamlarının karşılaştırılması yapıldı. Sayfa 39'da yer alan paranın enerjiye benzetildiği analogi öğrencilerle irdelendi ve materyalden hareketle enerji değişiminin işe eşit olduğu açıklaması yapıldı. Yapılan açıklamalar sayfada yer alan görselden hareketle zenginleştirildi ve iş-enerji teoremi tanımlandı. Buradan "iş ve kinetik enerji" konusuna geçildi. Bu noktada sayfa 40'daki görselden yola çıkarak iş-kinetik enerji teoremi verildi. Burada atın arabayı çekmesiyle gerçekleşen enerji aktarımı sorusu açıklandı ve devamında ilgili formüller verildi. Vagon Çeken İşçi örneğinden hareketle anlatılanlar somutlaştırıldı. Toplam işin nasıl hesaplanacağı konusuna geçildi. Burada işin yapılmasıyla ilgili bazı özel durumlar olduğu belirtilerek kuvvetin ve yer değiştirmenin varlığı ve yokluğuyla ilgili durumlarda işin yapılıp yapılmadığı sayfa 42 ve 43'te yer alan açıklamalar temelinde verildi. İşin yapılması ve hesaplanmasıyla ilgili açıklamalar sayfa 43'teki diyagramdan hareketle açıklandı. Bu diyagram sayfa 42 ve 43'teki resimlerle karşılaştırmalı olarak incelendi. Devamında öğrenciler sayfa 44'teki tabloya yönlendirilerek iş, işin işareti, aç ve enerji aktarımı arasındaki ilişki irdelendi. İş ile ilgili yapılan açıklamalardan sonra işin işareti örneği sınıfta çözümlenerek konu öğrenciler için somutlaştırılmaya çalışıldı. Kuvvetin değişken olması durumunda yapılan işle ilgili olarak "Değişken Kuvvetlerin Yaptığı İş" başlığına geçildi ve gerekli açıklamalar yapılarak Değişken Kuvvetin Yaptığı İş örneği çözüldü. Bu noktada öğretim üyesi derste anlatılanları özetleyerek dersi tamamladı.</p>

Tablo 119'un devamı

Edinimi Sağlama - İskelet Kurma	<p>-----</p> <p>Beşinci ders diğer derslerde olduğu gibi yine bir önceki ders sonu sınavında ortaya çıkarılan öğrenme eksikliklerinin vurgulanmasıyla başlatıldı. Bu anlamda belirlenen öğrenci alternatif fikirlerinin neler olduğu özellikle söylenerek öğrenciler kendi yanılgılarıyla yüzleştirildi. Bu eksikliklerin giderilebilmesi için öğrencilere hazırlanan ek bir materyal dağıtıldı (bkz. CD'de Ek-12). Öğrencilere dağıtılan bu materyal üzerinden belirlenen eksikliklere dair açıklamalar öğretim üyesi tarafından yapıldı. Devamında öğrenciler sayfa 48'deki "İş ve Potansiyel Enerji" konusuna yönlendirildi. Önceki ders kısaca hatırlatılarak dersin içeriği öğrencilere söylendi. Sayfada yer verilen bilgiler ışığında öğrencilere iş ve potansiyel enerji arasındaki ilişki açıklandı. Bu süreçte materyalde verilen çarşaf örneğinden ve sayfadaki grafikten yararlanıldı. Sayfa 49'da yer alan resimden yola çıkılarak yerçekimi kuvvetinin yola bağımlı olması ve olmaması durumlarına yönelik açıklamalar sayfadaki metinler bazında irdelendi. Devamında "Elastik Cisimlerin Yaptığı İş" konusuna geçildi ve bu konu materyalde belirtildiği şekilde değişken kuvvetlerin yaptığı işle ilişkilendirilerek anlatıldı. Bu süreçte ilgili bölüm yine önce yansıda verildi. Yapılan açıklamalardan sonra Yayın Yaptığı İş örneği öğrencilerle birlikte çözüldü. Daha sonra öğrenciler korunumlu ve korunumsuz kuvvetler konusuna yönlendirildi. Bu konunun da açıklanmasında metin temel alındı. Bu süreçte sayfa 51 ve 52'de yer alan görseller ve metin dikkate alındı. Yapılan açıklamalardan sonra "Enerji Korunumu" konusuna geçildi. Enerji korunumu konusunda materyalde olduğu gibi özellikle ilgili formüller sunulmak suretiyle öğrencilere anlatıldı. Enerji korunumu ile ilgili formüller bazında yapılan açıklamalar sayfa 54, 55 ve 56'da yer alan Enerji Korunumu örneklerinin öğrencilerle birlikte çözülmesi suretiyle pekiştirilmeye çalışıldı. Örneklerin çözülmesinden sonra "Güç: Enerji Aktarım Hızı" konusuna geçildi. Konuya dair açıklamalar yansıda sunulurken anlatıldı. Konuyla ilgili olarak Arabanın Gücü örneği çözüldü ve "Enerjinin Niteliği ve Aktarım Sürecinin Verimi" konusuna geçildi. İlgili bölüm yansıda öğrencilere sunulurken gerekli açıklamalar yapıldı. Alıştırma 8, 9 ve 10 öğrencilere yaptırıldı ve bu süreçte öğretim üyesi gerekli gördüğü yerlerde hatırlatmalar yaptı.</p>
Pratik Yapma	<p>Dersin sonunda öğretim üyesi öğrencileri sayfa 60 ve 61'de yer alan "Sorgulayalım Anlayalım" başlığına yönlendirdi ve sayfadaki tüm soruları sırasıyla öğrencilere yöneltti. Soruların öğrenciler tarafından cevaplandırılmasından sonra ders sonu sınavına geçilerek ders tamamladı. Bu süreçte öğrencilerin sınav için isteksizliklerini kendi aralarında dile getirdikleri gözlemlendi.</p>

Tablo 118 ve 119'da görüldüğü gibi öğretim üyesi MOMBI öğretim modelinin belirlenen aşamalarını ve materyalde verilen içeriği dördüncü derste uyguladığı görülmüştür. Öğrencilerin tetikleme aşamasında bir önceki ders sonu sınavında belirlenen eksiklikleriyle yüzleştirmenin onları derse odakladığı bir kez daha gözlenmiştir. Aktive etme aşamasında yöneltilen tartışma sorusunun öğrencilerce açıklanamaması ilgilerini çektiği ve soru işaretleri uyandırdığı görülmüştür. Edinimi sağlama aşamasında öğretim üyesinin belirlenen konuya kadar ders işlediği belirlenmiştir. Öğrencilerin sınav için yine isteksiz oldukları görülmüştür. Öğretim üyesinin beşinci ders kapsamında MOMBI öğretim modelinin belirlenen aşamalarını ve materyalde verilen içeriği uyguladığı görülmüştür. Bu anlamda dersin yine öğrencilerin bir önceki ders sonu sınavında belirlenen eksiklikleriyle yüzleştirmesi şeklinde başlatıldığı ve bu durumun onları derse odakladığı bir kez daha gözlenmiştir. Dersin devamında edinimi sağlama, iskelet kurma ve pratik yapma aşamaları kapsamında gerçekleştirilmesi beklenen diğer uygulamaları eksiksiz olarak tamamladığı belirlenmiştir. Öğrencilerin sınav için yine isteksiz oldukları görülmüştür.

Gerçekleştirilen gözlemler sonucu ders işleme sürecinde belirlenen durumlar özetle şu şekildedir: (1) dersler MOMBI öğretim modelinin aşamalarına uygun yürütülmüştür, (2) dersler sunulan içerik doğrultusunda yürütülmüştür, (3) tetikleme aşamasında yürütülen etkinliklerin öğrencileri derse odaklamaktadır, (4) tetikleme aşaması kapsamında öğrencilerin bir önceki ders sonu sınavında yaptıkları hatalarla yüzleştirilmeleri onları

derse karşı ilgilerini artırmaktadır, (5) aktive etme basamağında kullanılan tartışma soruları öğrencilerin ilgisini çekerek onları meraklandırmakta ve düşündürmektedir, (6) edinimi sağlama ve iskelet kurma aşamaları beklenen nitelikte uygulanmıştır, (7) pratik yapma aşamasında öğretim üyesinin zaman kaygısı nedeniyle bazı derslerde soruların tamamını çözemediği tespit edilmiştir, (8) öğrenciler ders sonu sınavlarına kaygıyla yaklaşmışlardır.

Bu bölümde 3.1 başlığı altında MTÖ yaklaşımına dayalı öğrenme ortamının etkilerini belirlemek üzere başarı sınavı ve klinik mülakatlardan elde edilen bulgular ve 3.2 MTÖ yaklaşımına dayalı öğrenme ortamının uygulanma durumlarını belirlemek için gözlemlerden elde edilen bulgular verilmiştir. Bir sonraki tartışma bölümünde elde edilen bulgular ile olası nedenleri ilgili literatürle ve kendi içinde karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, üniversitede okutulan Temel Fizik I dersi konularından biri olan enerji konusuna yönelik olarak MTÖ yaklaşımına dayanan bir öğrenme ortamını tasarlayıp uygulamak ve hazırlanan ortamın etkililiğini değerlendirmektir. Bu bölümde araştırmanın alt problemlerinin çözümüne yönelik olarak elde edilen bulguların, literatürdeki çalışmaların sonuçları da dikkate alınarak, ayrıntılı tartışması yapılmıştır.

4.1. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Anlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi

Bu başlık altında araştırmanın “MTÖ yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin anlama seviyeleri üzerine ne tür bir etkisi vardır ?” şeklinde belirlenen birinci alt problemi, elde edilen bulgular ışığında tartışılmıştır. Tasarlanan öğretim sürecinin öğrencilerin anlama seviyeleri üzerindeki etkilerini belirlemek için geliştirilen sorular, çalışma grubundaki öğrencilere ön ve son başarı sınavı olarak uygulanmıştır. Başarı sınavından elde edilen bulgular ön ve son klinik mülakatlardan elde edilen bulgularla desteklenmiş ve anlama seviyelerindeki değişim elde edilen bulgulardan faydalanılarak enerji kavramının belirlenen alt konu alanları için sırasıyla tartışılmıştır.

4.1.1. Öğrencilerin EİK ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

EİK ile ilgili anlama seviyelerindeki değişime yönelik tartışma teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı sunulmuştur.

4.1.1.1. Öğrencilerin EİK ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK ile ilgili teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji kavramını tanımlama, ilişkili olduğu kavramlardan (güç, kuvvet, iş ve ısı) ayırt etme (Başarı Sınavı 1. sorusu) ve bu kavramlarla ilişkilendirme (Başarı Sınavı 4. sorusu) durumları incelenmiştir. Başarı sınavı 1. sorusu kapsamında öğrencilerden enerji, güç, kuvvet, iş ve ısı kavramlarını tanımlamaları istenmiştir. Bu bağlamda öğrencilerin enerji kavramını tanımlama durumları

ve enerji kavramını güç, kuvvet, iş ve ısı kavramlarından ayırt etmen durumları (bu kavramlara ait tanımlamalardan hareketle) incelenmiştir. 4. soru kapsamındaysa öğrencilerden enerji kavramıyla güç, iş, ısı ve kuvvet kavramları arasındaki ilişkiyi gösterecek nitelikte bir kavram haritası hazırlamaları istenmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda belirlenen öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 31’de sunulmuştur. Buna göre öğrencilerin ön ve son başarı sınavındaki sorulara verdikleri cevapların niteliklerinde anlamlı ve olumlu bir değişimin olduğu görülmüştür. Bu değişimin özellikle enerji kavramını tanımlamada (doğru cevap veren öğrenci oranı % 1,5’den % 82,4’e yükselmiştir) ve ilişkili olduğu diğer kavramlardan ayırt etmede (doğru cevap veren öğrenci oranı % 4,4’den % 88,2’ye yükselmiştir.) kendini gösterdiği tespit edilmiştir. Öğrenciler enerji ile ilişkili olduğu kavramları ilişkilendirmedi, tanımlama ve ayırt etme durumlarına göre daha az başarılı (doğru cevap veren öğrenci oranı % 0’dan % 47’ye çıkmıştır) olsa da kısmen doğru (% 35,3) olarak nitelendirilen cevaplarla birlikte düşünüldüğünde oldukça önemli bir gelişmenin olduğu söylenebilir (bkz. Tablo 31). Öğrencilerin EİK ile ilgili teorik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda Tablo 93’e bakıldığında öğrencilerin öğretim süreci öncesinde enerjiyle ilgili bilimsel olmayan tanımlamalarda bulunduğu ve enerji kavramının yerine güç ve kuvvet kavramlarını kullandığı görülmektedir. Buna karşın Tablo 93’te öğrencilerin öğretim süreci sonunda enerji kavramını, özellikleri temelinde, doğru tanımladıkları anlaşılmaktadır. Buradan başarı sınavı bulgularıyla klinik mülakatlardan elde edilen bulgular arasındaki uyumun çalışma kapsamında ulaşılan bulguların güvenilirliğini doğrular nitelikte olduğu anlaşılmaktadır.

Öğrencilerin EİK ile ilgili teorik anlama seviyelerine bakıldığında, ön başarı sınavı bulguları 5 öğrencinin AY, 19 öğrencinin KA, 38 öğrencinin TA ve 6 öğrencinin TeA seviyesinde olduğunu göstermektedir (bkz. Tablo 33). Buna göre ön başarı sınavında hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum öğrencilerin % 91,2’sinin EİK konusundaki teorik anlamalarının bilimsel olmadığını ortaya koymaktadır. TeA seviyesindeki % 8,8’lik öğrenci grubunun alternatif fikirler içermeyen ancak bilimsel nitelendirmeden uzak algılamalara sahip oldukları düşünüldüğünde, aslında öğrencilerin tamamının EİK teorik anlama seviyelerinin beklenilenden oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 3 öğrencinin TA, 14 öğrencinin TeA, 20 öğrencinin KBA ve 31 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermektedir (bkz. Tablo 33). Buradan son başarı sınavında 51 öğrencinin (% 75) TeA seviyesinin üzerine

çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin EİK ile ilgili algılamalarında oldukça olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Diğeryandan son başarı sınavı bulguları sadece 3 öğrencinin (% 4,4) TeA seviyesinin altında kaldığını ortaya koymuştur. Ancak bu öğrencilerin (Öğrenci: 30, 35 ve 42) uygulamalara katılım durumlarına bakıldığında (bkz. CD’de Ek-13) üçünün de sadece 4 derse katıldıkları dikkat çekmektedir. Bu öğrencilerin başarısızlıklarının temelinde devamsızlıklarının yattığı düşünülebilir.

Elde edilen bulgulara göre MOMBI temelinde gerçekleştirilen öğretim uygulamaları enerji kavramının tanımlanması, ilişkili olduğu kavramlardan ayırt edilmesi ve ilişkilendirilmesi konularında öğrenci cevaplarının niteliklerini artıran bir etki göstermektedir. Öğrencilerin artan başarısının nedeninin, öğretim sürecinde kullanılan stratejik bakış açısıyla (‘enerji iş yapabilme kapasitesidir’ şeklindeki tanımlamaya dayanmayan ve enerjinin karmaşık doğasını temel alan bir tanımlamanın kullanılması ve enerjinin özellikleriyle anlamlandırılması) ilişkili olduğu düşünülmektedir. Papadouris ve Constantinou (2006) tarafından “enerjinin fiziksel bir sistemde karşılaşılan değişimleri açıklamada kullanılmak üzere bulunmuş teorik bir kavram” şeklindeki tanımlamasının öğrenciler için kolay anlaşılır olduğunu vurgulamaları bu düşüncüyü desteklemektedir. Driver ve Warrington, (1985), Sefton (2004) ve Domenech vd. (2007) ‘enerji, iş yapabilme kapasitesidir’ tanımlamasının varlığına rağmen öğrencilerin enerjiyi açıklayamamasındaki temel sorun olarak enerjiyle ilgili genel bir tanımlamanın yapılamamasını belirtmeleri ve Diakidoy vd. (2003) bu tanımlamanın zaten enerjinin kendisinden çok bir süreci açıklamakta olduğuna dair görüşleri dikkate alındığında çalışma kapsamında ortaya konan stratejik yaklaşımın anlamlılığı ortaya çıkmaktadır.

Öğrencilerin enerjiyi tanımlama ile ilgili anlama seviyelerindeki değişimde iş kavramına dayandırılmadan açıklanma stratejisinin, çoklu sunumlarla (tablolar, kavram haritaları, kavram ağları, kavramsal değişim metinleri, çürütücü metinler ve anlam çözümleme tablosu, vb.) ve farklı disiplinlerle desteklenmesinin de etkin bir rol oynadığı düşünülmektedir. Bu desteklemenin özellikle enerji kavramını ilişkili olduğu kavramlardan ayırt etme ve bunlarla ilişkilendirme noktalarında önemli bir zemin oluşturduğuna inanılmaktadır. Ünal ve Ergin’e (2006) göre öğrencilere kavramlar ve kavramlar arasındaki ilişkiyi kazandırma fen eğitiminin temel amaçlarındadır. Bu süreçte kavram haritaları, kavram ağları ve anlam çözümleme tablosu kullanımının birbirleriyle ilgili kavramların ilişkiler örgüsünü anlamlı bir yapıda edinmede ve bu ilişkiler örgüsündeki

yapılandırmaları, yani bilişsel yapıdaki değişimleri, incelemede etkin olduğu ilgili literatürde vurgulanmaktadır (örn. Adamczyk ve Wilson, 1996; Edwards ve Fraser, 1983; Willson, Williams ve Adamczyk, 1994). Ayrıca literatürde kavramsal değişim metinleri ile çürütücü metinlerin öğretim sürecinde kullanılmasının öğrencileri olası yanılgılarla yüzleştirmesi ve bu anlamda bir farkındalık oluşturmasının etkili olduğu belirtilebilir (Clement, 1993; Treagust vd., 1996; Çalık, 2006; İpek ve Çalık, 2008; Kurnaz, 2009). Bu anlamda, çalışmada kullanılan kavramsal değişim metinleri ile çürütücü metinlerin öğrenci başarısındaki artışı etkilediği belirtilebilir.

4.1.1.2. Öğrencilerinin EİK ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde iş (Başarı Sınavı 15, 17a, 19. soruları), güç (Başarı Sınavı 17b ve 18. soruları) ve ısı (Başarı Sınavı 16. sorusu) kavramlarını kullanma durumları incelenmiştir. Başarı sınavı 15. sorusu kapsamında öğrencilerden işin işaretini belirlemeleri ve açıklamaları istenmiş ve yapılan işin işaretinin negatif veya pozitif olma durumlarını grafikten hareketle nasıl yorumladıkları incelenmiştir. 17. sorunun a şıkkı kapsamında öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte iş kavramını yorumlama durumları araştırılmıştır. 19. soru kapsamında öğrencilerin sistem üzerine yapılan işi hesaplamada nasıl bir yol izledikleri irdelenmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda belirlenen öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 35'te sunulmuştur. Burada öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişimin olduğu görülmektedir. Bu değişimin özellikle iş kavramını yorumlama (doğru cevap veren öğrenci oranı % 17,6'dan % 76,5'e yükselmiştir) ve hesaplama (doğru cevap veren öğrenci oranı % 23,5'den % 77,9'a yükselmiştir) durumlarında kendini gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca benzer nitelikte değişimin işin işaretini belirleme ve açıklama durumları için geçerli olmadığı görülmüştür. Bu durumlar için verilen doğru ve kısmen doğru cevaplar birlikte değerlendirildiğinde olumlu bir değişimden söz edilebilmektedir (bkz. Tablo 35). Burada işin işaretiyle ilgili vurgulamaların ilk defa öğrencilere sunulan materyal kapsamında kullanılmış olmasının, yani yeterince alışılmamış olmasının, pratiğe aktarmayı etkilemiş olabileceği nedeniyle başarının sınırlı kaldığı düşünülmektedir. Başarı sınavı 17. sorunun b şıkkı kapsamında öğrencilerden güç kavramını yorumlamaları ve 18. soru kapsamında da gücü hesaplamaları istenmiştir. İlgili verilerin analizi sürecinde öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte

gücü yorumlama ve hesaplama durumlarına bakılmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 35’de sunulmuştur. Güç kavramını yorumlama için doğru cevap veren öğrenci oranı % 23,5’den % 73,5’e ve hesaplama için doğru cevap veren öğrenci oranı % 13,2’den % 63,2’ye yükselmiştir. Buna göre öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişimin olduğu söylenebilir. 16. soru kapsamında öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle makro boyutta düşünülen enerji çeşitlerinin mikro boyutta düşünülen enerji çeşidine dönüşümü sürecinde ısı kavramını nasıl yorumladıkları irdelenmiştir. Belirlenen öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 35’te sunulmuştur. Ön başarı sınavında öğrencilerin çoğunluğu (% 73,5) tarafından sorunun cevapsız bırakıldığı tespit edilmiştir. Ön ve son başarı sınavı bulguları karşılaştırıldığında ısı kavramını yorumlama için doğru cevap veren öğrenci oranı % 1,5’den % 33,9’a yükselmiştir. Buna göre öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde kısmen olumlu bir değişimin olduğu söylenebilir. Buradan öğrencilerin çoğunluğunun gerçek yaşama dair bir durumda, makro boyutta düşünülen enerji çeşitlerinin mikro boyutta düşünülen enerji çeşidine dönüşümünü sürecinde ısı kavramıyla ilgili istenilen algı seviyesine ulaşamadıkları anlaşılmıştır. Öğrencilerin EİK ile ilgili pratik anlama durumlarıyla ilgili elde edilen bulgular yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda öğrencilere yöneltilen 2a sorusu kapsamında ön mülakatlarda bir öğrenci hariç hiçbir öğrenci ısı kavramı düşünmezken, son mülakatlarda beş öğrenci tarafından doğru açıklama yapılmıştır (bkz. Tablo 109). Buradan öğrenme ortamının ısı kavramını gerçek olaylarda anlamlandırmaya yönelik yeterince etki bırakmadığı söylenebilir. Bu durumunun nedeni olarak makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişinin anlaşılması zor bir konu olması gerekçe gösterilebilir. Bu anlamda benzer bulgular ısının iletimi üzerine çalışan Değirmençay (2010) tarafından yapılan çalışmada da dile getirilmektedir. Aynı konuyla ilgili olarak klinik mülakatlar kapsamında öğrencilere 5. sorusu ve ilgili alt soruları da yöneltilmiştir. Buradan klinik mülakatlar kapsamında elde edilen bulguların başarı sınavından elde edilen bulguları destekler nitelikte olduğu belirlenmiştir (bkz. Tablo 98). Soru kapsamında yer değiştirme olmaması sebebiyle işin yapılmadığını belirtilmesi istenirken 8 öğrenci işin yapıldığını belirtmişlerdir. Bu sekiz öğrenciye ön mülakatta ana sorunun devamı niteliğinde 5a alt sorusu sorulmuştur. Elde edilen bulgular 4 öğrencinin işi günlük konuşma dilindeki anlamıyla, “iş kaldırma ve koyma olduğu için aynı” şeklinde algıladıklarını göstermiştir. Diğer öğrencilerse yer değiştirmenin aynı olması sebebiyle yapılan işin de

aynı olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşın son mülakatlarda iki öğrenci hariç öğrencilerin tamamı işin yapılmadığını belirtmişlerdir. Bu iki öğrenci hangisinin daha fazla iş yaptığı konusunda yer değiştirmelerin aynı olması sebebiyle yapılan işin aynı olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca tüm öğrencilere devam niteliğinde 5b alt sorusu sorulmuştur. Burada öğrencilerden sürecin tamamında iş yapılmasa da belli bir bölümünde yapılan işten hareketle veya enerji aktarımı hızını dikkate alarak gücü yorumlamaları beklenmektedir. Ön mülakatlarda 8 öğrenci işin yapılma süresini, 2 öğrenci işin yapılma hızını dikkate alarak doğru cevap vermişlerdir. 1 öğrenciyse iş yapılmadığı için kıyaslama yapılamayacağını ifade etmiştir. Son mülakatlarda 8 öğrenci işin yapılma süresini, 3 öğrenci enerji aktarım hızını dikkate alarak doğru cevabı vermişlerdir. Buradan başarı sınavı bulgularında belirtildiği gibi öğrencilerin iş ve gücü yorumlamalarında öğrenme ortamının olumlu bir değişim sağladığı söylenebilir. Bu anlamda özellikle öğrencilerin iş kavramını günlük konuşma dilindeki anlamında kullanmaktan vazgeçtikleri vurgulanabilir. Klinik mülakatlar kapsamında bu konuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen bir diğer soru 6. sorudur. Ön ve son mülakatlarda tüm öğrenciler uygulanan kuvvet ve yer değiştirmeye dikkat çekerek işin yapıldığını belirtmişlerdir. Buna karşın ana soru temelinde 6a ve 6b alt soruları sırasıyla sorulmuştur. İş ve gücün hesaplanması noktasında ön mülakatlarda 4 öğrenci ilgili formülü hatırlamadıklarını ifade ederken 2 öğrenci hariç diğer öğrenciler hesaplamalarında çeşitli hatalar yapmışlardır. Son mülakatlardaysa 2 öğrenci hariç tüm öğrencilerin başarılı oldukları görülmüştür. Bu iki öğrenciden birinin ilgili eşitlikleri hatırlamadığı diğerinin yanlış eşitliği kullanarak hesaplama yaptığı belirlenmiştir (bkz. Tablo 99). Son mülakatlarda belirlenen iş ve gücü hesaplama noktasındaki olumlu gelişme başarı sınavında elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Buradan hareketle öğrenme ortamının öğrencilerin EİK ile ilgili pratik anlamalarını artırmada etkin olduğu düşünülmektedir. Bu anlamda özellikle öğretim materyalinde kullanılan çoklu sunum temel alınarak hazırlanan örneklerin, görsellerin ve diyagramların etkili olduğu söylenebilir. Bu durum Zou (2000), Huevelen ve Zou (2001), Ainsworth vd. (2002), Mutimucio (2003) ve van der Meij'in (2007) bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Öğrencilerin EİK ile ilgili pratik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 5 öğrencinin AY, 2 öğrencinin KA, 58 öğrencinin TA ve 3 öğrencinin TeA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 37). Buna göre ön başarı sınavında, teorik anlama seviyesinde olduğu gibi, hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum öğrencilerin % 95,6'sının enerji ve ilişkili kavramlar konusundaki pratik

anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. Diğer % 4,4'lük öğrenci grubunun (TeA seviyesindekiler) alternatif fikirler içermeyen ancak bilimsel nitelendirmeden uzak algılamalara sahip oldukları düşünüldüğünde öğrencilerin tamamının anlama seviyelerinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları, 23 öğrencinin TA, 18 öğrencinin TeA, 17 öğrencinin KBA ve 10 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 37). Buna göre son başarı sınavında 27 öğrenci (% 40) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin EİK ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Diğer yandan ön başarı sınavında TA seviyesinde sınıflandırılan 58 öğrenciden 23'ünün yine son başarı sınavı sonucunda da TA seviyesinde sınıflandırılmış olması öğrenme ortamının enerjiyle ilişkili kavramları pratik durumlarda kullanma noktasında bazı öğrencilerde hedeflenen etkiyi bırakmadığını göstermiştir. Bu durumun temel nedeninin enerji geçişi sürecinde ısı kavramının doğru algılanmamış olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

4.1.2. Öğrencilerinin ET ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

ET ile ilgili anlama seviyelerindeki değişime yönelik tartışma teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı sunulmuştur.

4.1.2.1. Öğrencilerinin ET ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET ile ilgili teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji çeşitlerini belirleme, açıklama, örnekleme (Başarı Sınavı 2. sorusu) ve sınıflandırma (Başarı Sınavı 3. sorusu) durumları incelenmiştir. Öğrencilerin enerji çeşitlerini belirtme, açıklama, örneklendirme ve sınıflama durumlarıyla ilgili cevaplarının nitelikleri Tablo 39'da sunulmuştur. Buna göre, ön başarı sınavı kapsamında hiçbir öğrencinin enerji çeşitlerini tamamını belirleme, açıklama, örneklendirme ve sınıflama sorularına doğru cevap veremediği daha çok kısmen doğru bilgiler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir. Buradan öğrencilerin öğretim süreci öncesinde konuyla ilgili kısmi bilgilerinin olduğu ancak bunların bilimsel nitelikte yapılandırılmadığı anlaşılmaktadır. Öğretim süreci öncesinde öğrencilerin özellikle bazı enerji çeşitlerini belirlemede başarılı oldukları ancak belirledikleri enerji çeşitlerini sınıflamada aynı başarıyı gösteremedikleri dikkat

çekmektedir. Buna karşın son başarı sınavı sonuçlarına göre öğrencilerin verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişimin olduğu görülmektedir. Tablo 39'dan hareketle bu durum irdelendiğinde, enerji çeşitlerini belirlemedeki olumlu değişimin %66, açıklamadaki olumlu değişimin %35, örneklemedeki değişimin olumlu %31 ve sınıflamadaki olumlu değişimin %72 olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin kavramsal bilgilerinin önemli ölçüde geliştiğini göstermektedir. Burada dikkati çeken durum öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme ve sınıflama bazındaki değişimlerinin açıklama ve örneklendirme bazındaki değişime oranla daha iyi olduğudur. Bu noktada öğrencilerin öğretim süreci öncesinde belirttikleri enerji çeşitleriyle öğretim süreci sonunda belirttikleri enerji çeşitlerinin karşılaştırmasının anlamlı olacağını düşünülmektedir. Tablo 40'da görüldüğü gibi öğrencilerin ön başarı sınavında 28, son başarı sınavında 14 enerji çeşidini dile getirdikleri görülmektedir. Buradan öğrencilerin öğretim süreci öncesinde enerji çeşitlerinin tamamını eksiksiz olarak belirleyemedikleri anlaşılmaktadır. Ayrıca, termal enerji, radyan potansiyel enerji ve esneklik potansiyel enerji çeşitleri öğrenciler tarafından hiç belirtilmeyen enerji çeşitleridir. Öğrencilerin öğretim öncesi belirttikleri enerji çeşitleri incelendiğinde, bazılarının enerji kaynaklarıyla (örn. kömür enerjisi) ve bazılarının ilişkili kavramlarla karıştırdığı (örn. sürtünme enerjisi) görülmektedir. Bazı öğrencilerinse gerçekte radyan potansiyel enerji olan güneş, ışık gibi enerji çeşitlerinden, bazılarının ise gerçekte hava moleküllerinin mekaniksel kinetik enerjisi olan rüzgâr enerjisinden söz ettiği dikkat çekmektedir. Öğrencilerin farklı enerji çeşitlerinden söz etmelerinin nedeninin enerjinin günlük hayatta sıklıkla kullanılan bir kelime olması olduğu düşünülmektedir. Bu tespit petrol enerjisi, doğal gaz enerjisi ya da ülkemizde zaman zaman bir enerji kaynağı olabileceği vurgulanan bor maddesiyle ilgili olarak belirtilen bor enerji çeşidi gibi öğrenci cevapları dikkate alındığında anlamlı olmaktadır. Öğrencilerin öğretim süreci öncesi bilgileriyle ilgili olarak elde edilen bu bulgu, Yuenyong ve diğ. (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada öğrencilerin enerji ile ilgili bilgilerini yapılandırmasında çevresel şartların, kültürel inanışların ve sosyal değerlerin etkisi olduğuna dair ulaşılan sonuçlarla örtüşmektedir. Buna karşın bu çalışmanın son başarı sınavında, ön başarı sınavında dikkati çeken durumların büyük bir oranda giderilmiş olması öğrenme ortamının öğrencilerin kavramsal algılamaları üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Özellikle tüm enerji çeşitlerinin 45 öğrenci (%66) tarafından eksiksiz olarak belirtilmiş olması bu etkiyi açıkça ortaya koymaktadır. Öğrencilerin ET ile ilgili teorik anlama durumlarıyla ilgili elde edilen bulgular yürütülen klinik mülakatlarla

desteklenmiştir. Öğrencilere 1c sorusu ve ‘belirttiğin enerji çeşitlerini belirli gruplar altında sınıflandırabilir misin’ alt sorusu yöneltilmiştir. Elde edilen bulgular başarı sınavından elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Bu anlamda Tablo 100 incelendiğinde, öğrencilerin ön klinik mülakatlarda bilimsel olmayan enerji çeşitlerinden söz ettiği ve bilimsel olmayan nitelikte sınıflamalar yaptığı görülmektedir. Buna karşın aynı tabloda öğrencilerin öğretim süreci sonunda doğru enerji çeşitlerini belirttikleri ve bilimsel nitelikte sınıflama yaptıkları dikkat çekmektedir.

Öğrencilerin ET ile ilgili teorik anlam seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 19 öğrencinin AY, 3 öğrencinin KA, 33 öğrencinin TA ve 13 öğrencinin TeA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 42). Buna göre ön başarı sınavında hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum öğrencilerin %80,9’unun ET konusundaki teorik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. TeA seviyesindeki %19,1’lik öğrenci grubunun alternatif fikirler içermeyen ancak bilimsel nitelendirmelerden uzak algılamalara sahip olması, onların teorik anlam seviyelerinin düşük olduğunu göstermektedir. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 7 öğrencinin TA, 17 öğrencinin TeA, 18 öğrencinin KBA ve 26 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 42). Burada son başarı sınavında 44 öğrencinin (%64,7) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı dikkat çekmektedir. Bu durum öğrencilerin ET ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Diğer yandan ön başarı sınavında TA seviyesinde sınıflandırılan 33 öğrenciden 3’ü son başarı sınavı sonucunda yine TA seviyesinde ve ön başarı sınavında TeA seviyesinde sınıflandırılan 13 öğrenciden 1’i son başarı sınavı sonucunda yine TA seviyesinde sınıflandırılmıştır. Bu olumlu değişimde öğrenme ortamında enerji sınıflamalarıyla ilgili olarak sunulan kavram haritasının, kavram haritasında yansıtılan sınıflandırmanın tablolarla içerik açısından zenginleştirilmesinin ve anlam çözümleme tablolarıyla enerji çeşitleri arasındaki ilişkinin/farklılığın sunulmasının etkin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sistem yaklaşımı kapsamında termal enerjiyle ilgili yapılan açıklamaların ve materyal boyunca sütun-süreç grafikleri gibi sunumlarda enerji çeşitlerine vurgunun sıklıkla yapılmasının da öğrenci başarısına olumlu etkideği düşünülmektedir. Ünal Çoban vd. (2007), Kurnaz ve Sağlam Arslan (2008) Hırça vd. (2008), Boylan (2008), ve Sağlam Arslan ve Kurnaz (2011) öğrencilerin enerji çeşitleri hakkındaki kavramsal anlamalarının yeterli olmadığını, Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) öğrencilerin hareket ve enerji arasındaki ilişkiyi açıklamakta zorlandığını, Watts (1983), Ünal Çoban vd. (2007) ve Hırça vd. (2008) öğrencilerin cansız

varlıkların hareket etmediği için enerjiye sahip olmadığını düşündüklerini belirtmektedirler. Araştırmacılar tarafından belirtilen durumlar ve özellikle üniversitede Temel Fizik I dersi alan öğrencilerle çalışan Kurnaz (2007) ve Sağlam Arslan ve Kurnaz (2011) öğretim süreci sonunda öğrencilerin enerji çeşitleriyle ilgili algılamalarının nitelikli olmadığını belirtmesi ve Kurnaz ve Sağlam Arslan (2010) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada da üniversite seviyesindeki mevcut bazı öğretim materyallerinin öğrencilerin enerji çeşitleriyle ilgili algılamalarını geliştirecek zemini sunmadığı yönündeki bulguları dikkate alındığında, bu çalışma kapsamında öğrencilerin enerji çeşitlerini bilme ve türlerine göre sınıflama noktasındaki olumlu değişimin anlamlılığı ortaya çıkmaktadır.

4.1.2.2. Öğrencilerinin ET ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji çeşitlerini belirleme (Başarı Sınavı 11, 13 ve 22a soruları) ve yorumlama (Başarı Sınavı 21. sorusu) durumları incelenmiştir. Elde edilen verilerin analizi sürecinde 11, 13 ve 22a soruları kapsamında öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme ve 21. sorusu kapsamında öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle yerçekimi potansiyel enerjisini yorumlama durumları değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda öğrencilerin enerji çeşitlerini belirleme durumlarıyla ilgili cevaplarının nitelikleri Tablo 44'te sunulmuştur. Buna göre öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişimin olduğu görülmüştür. Bu değişimin özellikle yerçekimi potansiyel enerjisini yorumlamada (doğru cevap veren öğrenci oranı %0'dan %89,7'ye yükselmiştir) kendini gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer bir değişimin enerji çeşitlerini belirleme için geçerli olmadığı görülmüştür. Ön başarı sınavında öğrencilerin enerji çeşitlerini belirlemeyle ilgili olarak 11. ve 13. sorular kapsamında özellikle yer çekimi potansiyel enerjisi için referans noktası dikkate almamaları, 22a sorusu kapsamında suyun kinetik enerjisi olduğunu belirtmeleri ve 21. soru kapsamında referans noktasını doğru yorumlayamamaları nedenleriyle kısmen doğru cevap verdikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin ön başarı sınavında 11 ve 13. sorular ile 21. soruya verdikleri cevapların uyumluluğu öğrencilerin gerçekte öğretim süreci öncesinde referans noktası kavramını bilmediklerini ve yerin yüzeyini doğal referans noktası aldıklarını göstermektedir. Buna karşın son başarı sınavında öğrencilerin 11. ve 13. sorularda tüm enerji çeşitlerini

belirtmemeleri nedeniyle kısmen doğru cevap verdikleri tespit edilmiştir. Buradan öğretim süreci sonunda öğrencilerin referans noktası kavramıyla ilgili algılamalarının bilimsel olacak şekilde yapılandırıldığı söylenebilir. Öğrencilerin ET ile ilgili pratik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular, yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda mülakatlar boyunca öğrencilere sunulan tüm görsellerde (mülakat sorusu 2, 3 ve 4) öğrencilerden öncelikle enerji çeşitlerini belirlemeleri istenmiştir. Elde edilen bulgular başarı sınavında elde edilen bulgularla örtüşmektedir. Tablo 101-103 incelendiğinde öğrencilerin öğretim süreci öncesinde gerçekleştirilen klinik mülakatlarda alternatif enerji çeşitlerinden söz ederken öğretim süreci sonunda beklenen nitelikte görüş belirtmişlerdir. Bu noktada özellikle ön başarı sınavı bulgularında tespit edildiği gibi öğrenciler ön klinik mülakatlarda esneklik potansiyel enerjisi ile termal enerjiden bahsetmemiş ve yerçekimi potansiyel enerjisiyle ilgili olarak referans noktasını dikkate almamışlardır. Ön başarı sınavından ve ön klinik mülakatlardan elde edilen referans noktasını dikkate almama/bilmeme bulgusunun ilgili literatürdeki bazı çalışmaların (örn. Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009; Sağlam Arslan ve Kurnaz, 2011) bulgularıyla örtüştüğü görülmektedir. Buna karşın son başarı sınavı ve son klinik mülakat bulgularında tespit edildiği gibi öğrencilerin, sunulan görsellerde doğru enerji çeşitlerini belirledikleri ve yerçekimi potansiyel enerjisiyle ilgili olarak referans noktasını dikkate aldıkları görülmüştür (bkz. Tablo 101-103).

Öğrencilerin ET ile ilgili pratik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları, 5 öğrencinin AY, 1 öğrencinin KA, 62 öğrencinin TA ve 3 öğrencinin TeA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 46). Buna göre ön başarı sınavında teorik anlama seviyesinde olduğu gibi hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum öğrencilerin % 95,6'sının ET konusundaki pratik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. TeA seviyesindeki % 4,4'lük öğrenci grubunun alternatif fikirler içermeyen ancak bilimsel nitelendirmeden uzak algılamalara sahip oldukları düşünüldüğünde, öğrencilerin tamamının, teorik anlama seviyelerinde olduğu gibi, pratik anlama seviyelerinin de beklenenden düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 9 öğrencinin TA, 16 öğrencinin TeA, 28 öğrencinin KBA ve 15 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 46). Son başarı sınavında 43 öğrenci (%63,2) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandırılmıştır. Bu durum öğrencilerin ET ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Diğer yandan ön başarı sınavında TA seviyesinde sınıflandırılan 62

öğrenciden sadece 9'unun yine son başarı sınavı sonucunda da TA seviyesinde sınıflandırılmış olduğu belirlenmiştir. Yukarı sunulan tüm durumlar birlikte değerlendirildiğinde, öğrenme ortamının öğrencilerin ET ile ilgili pratik anlamalarını geliştirmede etkin olduğu söylenebilir. Bu anlamda öğretim materyalinde yer alan ve MOMBI'nin ediniimi sağlama, iskelet kurma ve pratik yapma aşamalarında kullanılan tabloların, diyagramların, kavram ağlarını, kavram haritalarının ve anlam çözümleme tablolarının kullanımının ve enerji çeşitlerinin (örnek sorular, grafikler ve sütun-süreç grafikleri kullanılarak) ayrıntılı sunulmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

4.1.3. Öğrencilerinin ESİ ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Enerji sistem ilişkisiyle ilgili anlama seviyelerindeki değişime yönelik tartışma teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı sunulmuştur.

4.1.3.1. Öğrencilerinin ESİ ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ESİ ile ilgili teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji-madde arasındaki ilişkiyi tanımlama (Başarı Sınavı 5. sorusu) durumları incelenmiştir. Başarı sınavı 5. sorusu kapsamında öğrencilerden bir cisimde/sistemde enerji olduğuna neye göre karar verdiklerini belirtmeleri ve açıklamaları istenmiştir. Elde edilen verilerin analizinde öğrencilere göre bir cisimde/sistemde niçin enerji olduğunun gerekçeleri (varlığı, hareket, konum, durum vb.) incelenmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda belirlenen öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 48'de sunulmuştur. Buna göre ön başarı sınavı kapsamında hiçbir öğrencinin doğru cevap vermediği daha çok kısmen doğru bilgiler içeren cevaplar verdiği anlaşılmıştır. Buradan bazı öğrencilerin öğretim süreci öncesinde konuyla ilgili kısmi bilgilerinin olduğu ancak bunların bilimsel nitelikte olmadığı anlaşılmaktadır. Son başarı sınavında ise sadece 7 öğrencinin (%10,3) doğru cevap verdiği ve kısmen doğru cevap veren öğrenci oranında artış olduğu (%35,3'den %79,4'e yükselmiştir) görülmüştür. Tablo 48'e göre öğrenci algılamalarının kısmen olumlu değişim gösterdiği düşünülse de Tablo 49 incelendiğinde bir cisimde/sistemde niçin enerji olduğuna dair öğrenci gerekçelerinde olumlu değişim olduğu görülmektedir. Burada ön ve son başarı sınavı bulguları karşılaştırıldığında bir cisimde/sistemde enerji olmasını cismin/sistemin var olmasıyla açıklayanlardaki değişim %50, hareketiyle açıklayanlardaki değişim %40,

konumuyla (yükseklikle) açıklayanlardaki değişim %35, durumuyla açıklayanlardaki değişim %22 ve ısı ve ışık yaymasıyla açıklayanlardaki değişim %1 şeklinde olmuştur (bkz. Tablo 49). Özellikle öğretim süreci öncesinde hiçbir öğrencinin termal enerji çeşidini belirtmemiş (bkz. Tablo 40) olduğu bulgusuyla bir cisimde/sistemde enerji olmasını var olmayla açıklayanların, tüm öğrencilerin %5,9'u olduğu bulgusunun örtüştüğü görülmektedir. Bu durum öğrencilerin öğretim süreci öncesinde cismin/sistemin var olmaları nedeniyle bir termal (iç) enerjiye sahip olduğu bilgisini edinmediklerini göstermektedir. Diğer taraftan öğretim süreci sonunda bir enerji çeşidi olarak öğrencilerin %95,6'sının termal enerjiyi belirtmesi (bkz. Tablo 40) ve bir cisimde/sistemde enerji olmasını var olmayla açıklayanların, tüm öğrencilerin %55,9 olması (bkz. Tablo 49) bazı öğrencilerin termal enerjiyi bir enerji çeşidi olarak algıladıklarını fakat enerji-madde ilişkisi çerçevesinde bunu özümseyemediklerini ortaya koymaktadır. Burada bazı öğrencilerin termal enerjiyi, enerji çeşidi olarak belirten ancak cismin/sistemin var olmasından dolayı (termal) enerji sahibi olduğunu ifade etmemelerine rağmen öğrencilerin tamamı dikkate alındığında genel bir başarının olduğu açıktır. Öğrencilerin ESİ ile ilgili teorik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda öğrencilere 1d mülakat sorusu yöneltilmiştir. Elde edilen bulgular başarı sınavından elde edilen bulguları destekler niteliktedir (bkz. 105). Buna göre örneğin ön klinik mülakatlarda hiçbir öğrenci cisimlerin termal enerjiye sahip olduğuna dair görüş belirtmezken son klinik mülakatlarda bir öğrenci hariç tamamı cisimlerin termal enerjiye sahip olduğuna dair görüş ifade etmişlerdir.

Öğrencilerin enerji sistem ilişkisiyle ilgili teorik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 30 öğrencinin AY, 11 öğrencinin KA, 16 öğrencinin TA, 10 öğrencinin TeA ve 1 öğrencinin KBA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 51). Buna göre ön başarı sınavında sadece bir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkmıştır. Bu durum öğretim süreci öncesinde öğrencilerin %83,8'inin ESİ konusundaki teorik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. TeA seviyesindeki %14,7'lik öğrencilerinde alternatif fikirler içermeyen ancak bilimsel nitelendirmeden uzak algılamalara sahip oldukları düşünüldüğünde genel olarak öğrencilerin teorik anlama seviyelerinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 4 öğrencinin AY, 4 öğrencinin TA, 33 öğrencinin TeA, 20 öğrencinin KBA ve 7 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 51). Buradan son başarı sınavında 27 öğrencinin (%39,7) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde

sınıflandığı anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin ESİ ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Ön başarı sınavında AY seviyesi gibi düşük bir seviyede değerlendirilen öğrencilerin çoğunluğunun TeA seviyelerine yükselmesi de dikkate alındığında olumlu değişimin önemi daha açık hale gelmektedir. Diğer yandan ön başarı sınavında AY seviyesinde sınıflandırılan 30 öğrenciden 1'i, TA seviyesinde sınıflandırılan 16 öğrenciden 2'si ve TeA seviyesinde sınıflandırılan 10 öğrenciden 4'ü son başarı sınavı sonucunda yine aynı seviyelerde sınıflandırılmıştır. KBA seviyesinde sınıflandırılan 1 öğrencininse TeA seviyesine gerilediği belirlenmiştir. Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009) üniversite birinci sınıf öğrencileriyle gerçekleştirdikleri çalışmalarında öğrencilerin enerji ve madde arasındaki ilişkiyi açıklamakta zorlandığını ifade etmektedirler. Ön başarı sınavı ve ön klinik mülakat bulguları Sağlam Arslan ve Kurnaz'ın (2009) çalışma sonuçlarıyla örtüşmektedir. Son başarı ve son klinik mülakatlarda öğrencilerin başarılı olması ve anlama seviyelerindeki olumlu değişimin gerçekleşmesi nedeniyle öğrenme ortamının ESİ ile ilgili teorik anlamaları geliştirmede olumlu etki ettiği söylenebilir.

4.1.3.2. Öğrencilerinin ESİ ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ESİ ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde sistemi görselleme (Başarı Sınavı 9a sorusu), sistemin enerji değişimi gösterme (Başarı Sınavı 9b ve 20. soruları) ve sistemin enerji değerini hesaplama (Başarı Sınavı 11. sorusu) durumları incelenmiştir. Elde edilen verilerin analizi sürecinde 9a sorusunda öğrencilerin bir yayın sahip olduğu enerji değerleriyle ilgili diyagramlardan hareketle o yayın resmini çizme, 9b sorusunda bir yayın sahip olduğu enerji değerleriyle ilgili diyagramlardan hareketle grafik çizme, 20. soruda bazı cisimlerin betimlenen hareketlerine grafik çizme ve 11. soruda sistemin sahip olduğu enerji çeşitlerinin değerini hesaplama durumları değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 53'te sunulmuştur. Burada öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişimin olduğu görülmüştür. Bu değişimin özellikle sistemi görselleme de (doğru cevap veren öğrenci oranı %4,4'den %79,4'e yükselmiştir) kendini gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer nitelikte değişimin sistemin enerji değişimini gösterme (doğru cevap veren öğrenci oranı %0'dan %64,7'ye yükselmiştir) ve sistemin enerji değerini hesaplama (doğru cevap veren öğrenci oranı %0'dan %42,6'ya yükselmiştir) için

de geçerli olduğu belirlenmiştir. Öğretim süreci sonunda öğrencilerin sistemi görselleme, sistemin enerji değişimini gösterme ve sistemin enerji değerini hesaplama konularıyla ilgili algılamalarının bilimsel olacak şekilde yapılandırıldığı söylenebilir. Tablo 54'ten hareketle sistemi görselleme ile ilgili elde edilen bulgular irdelendiğinde, yerden yüksekliği gösteren çizimler öğretim süreci öncesinde öğrencilerin esneklik potansiyel enerjisi yerine (yerçekimi) potansiyel enerjiyi düşündüklerini göstermektedir. Bu bulgu öğretim süreci öncesinde öğrencilerin esneklik potansiyel enerjisini enerji çeşidi olarak düşünmediklerini ortaya koyan bulgu ile örtüşmektedir (bkz. Tablo 40). Bu durumun son başarı sınavında giderildiği görülmektedir (bkz. Tablo 54). Tablo 55'ten hareketle, sistemin enerji değişim sürecini görselleme ile ilgili 9b sorusu kapsamında elde edilen bulgular irdelendiğinde, öğrencilerin çoğunlukla esneklik potansiyel enerjisinin yol ile değişim grafiğini gösteren grafiği çizemedikleri dikkat çekmektedir. Bu noktada öğrencilerin özellikle esneklik potansiyel enerjisi ile yolun doğru orantılı değiştiğini gösteren grafikler çizdikleri belirlenmiştir. Burada yerçekimi potansiyel enerjisinin yol ile doğru orantılı değişmesi, 9a sorusu kapsamında öğrencilerin öğretim süreci öncesinde esneklik potansiyel enerjisi yerine yerçekimi potansiyel enerjisini yansıtan çizimler yapmaları ve esneklik potansiyel enerjisini enerji çeşidi olarak düşünmemeleri (bkz. Tablo 40) durumlarına dikkat edildiğinde öğrencilerin 9b sorusunda istenilenin aksine esneklik potansiyel enerjisi yerine yerçekimi potansiyel enerjisinin yol ile değişim grafiğini çizdikleri söylenebilir. Öğretim süreci sonundaysa öğrencilerin Tablo 55 kapsamında verilen yanlış cevaplarının büyük oranda giderildiği görülmektedir. Tablo 56'dan hareketle sistemin enerji değişim sürecini görselleme ile ilgili 20. soru kapsamında elde edilen bulgular irdelendiğinde, soruda verilen dört durum arasından öğrencilerin öğretim süreci öncesinde özellikle A (% 51,5), C (% 61,8) ve D (% 50) durumları için yanlış grafikler çizdikleri dikkat çekmektedir. Öğrencilerin A durumunda serbest düşen cismin enerjisinin yol ile değişimi çoğunlukla parabolik ve artan, C durumunda V hızıyla hareket eden aracın enerjisinin yol ile değişimi içinse çoğunlukla doğrusal ve artan ve D durumunda yukarı dik fırlatılan cismin kazandığı enerjinin yol ile değişimi için çoğunlukla parabolik ve artan grafik çizme yanılığını gösterdikleri belirlenmiştir. Öğretim süreci sonundaysa öğrencilerin Tablo 56 kapsamında verilen yanlış cevaplarının büyük oranda giderildiği görülmektedir. 9a, 9b ve 20. sorulardan elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde öğrencilerin öğretim süreci öncesinde bir gösterim türünden diğer bir gösterim türüne geçiş yapamadıkları dikkat çekmektedir. Buna karşın ilgili literatürde bir kavrama ait farklı sunumların algılanma

süreci ve bu sunumların öğrenciler tarafından kullanılmasının fen öğretiminde oldukça önemli olduğu vurgulanmaktadır (Hiebert ve Carpenter 1992; Duval 1995; Piez ve Voxman 1997; Even 1998; Hitt 2002; Çoştu, 2007, 2010). Bu çerçevede Duval (1993,1995) bir bireyin bir kavramı içselleştirme ve o kavramın farklı formlarını sunabilme seviyeleri arasında oldukça önemli bir ilişki söz konusu olduğunu belirtmektedir. Buna göre öğrencilerin öğretim süreci öncesinde gösterim değişimi konusunda yetersiz kalmalarının son derece önemli olduğu söylenebilir. Benzer bulguların üniversite öğrencilerinin enerji kavramıyla ilgili algılamaları üzerine çalışan Kurnaz (2007) ve Sağlam Arslan ve Kurnaz (2011) ve lise, üniversite ve lisansüstü öğrencilerinin enerji kavramıyla ilgili kavramsal gelişimlerini inceleyen Sağlam Arslan (2009) tarafından da dile getirildiği görülmektedir. Kurnaz (2007) ve Sağlam Arslan ve Kurnaz (2011) öğrencilerin enerji kavramıyla ilgili algılamalarının yanısıra bu çalışmanın 9a sorusunda olduğu gibi farklı gösterim şekillerini sunma (diyagramdan hareketle cismi/yayı çizme) durumlarını incelemişlerdir. Sağlam Arslan (2009) çalışmasında öğrencilerin enerji kavramıyla ilgili algılamalarının yanısıra grafik çizme becerilerine odaklanmıştır. Üç araştırmanın ortak bulgusu öğrencilerin enerji kavramına ilişkin süreçleri görselleme de zorlandığıdır. Öğrencilerin farklı kavramlarla ilgili olarak gösterim değişiminde zorlandıkları farklı çalışmalarda da dile getirilmektedir (Dimitriadis vd., 1999; Van Den Berg vd., 2000; Çoştu, 2007, 2010). Enerji kavramıyla ilgili bu zorluğun başlıca nedeni olarak öğrencileri kavramsal öğrenmeyi geri plana atarak soru çözmeye odaklayan öğretim anlayışının olduğu öne sürülmektedir (Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009, 2010). Bu çalışma kapsamında öğrencilerin öğretim öncesi elde edilen enerji sistem ilişkisine ilişkin pratik anlamalarına dair bulgularla ilgili literatürdeki bulguların örtüşmesi öğrenme ortamının etkinliğinin önemini ortaya koymaktadır. Bu anlamda öğretim materyali kapsamında yayların hareketi için sunulan görsellerin ve bu görsellerle ilişkili olarak sunulan sütun-süreç grafiklerinin öğrenci edinimlerini geliştirmeye yardımcı olduğu düşünülmektedir. Öğrencilerin ESI ile ilgili pratik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda klinik mülakatların 3. sorusu kapsamında cismin yükseklikle değişimine ve cisim yay sisteminin toplam enerjisinin yükseklikle değişimine ait grafikler çizdirilmiştir. Öğrencilerden ayrıca çizdikleri grafikleri açıklamaları istenmiştir. Klinik mülakatların 4. sorusu kapsamındaysa öğrencilere cismin hareketinde kinetik enerjinin, yerçekimi potansiyel enerjisinin ve toplam enerjinin yükseklikle değişim grafikleri verilerek grafiklerin hangi enerji çeşidine

ait olduğunu belirlemeleri ve enerji çeşidine ait değerleri hesaplamaları istenmiştir. Elde edilen bulgular başarı sınavından elde edilen bulgularla örtüşmektedir (bkz. Tablo 105-107). Buna göre öğrencilerin ön klinik mülakatlarda genel anlamda başarısız oldukları son klinik mülakatlarda sorulan sorulara verilen cevaplarda olumlu değişimin olduğu belirlenmiştir.

Öğrencilerin ESİ ile ilgili pratik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 2 öğrencinin AY, 6 öğrencinin KA, 59 öğrencinin TA ve 1 öğrencinin TeA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 57). Buna göre ön başarı sınavında hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum öğretim süreci öncesinde öğrencilerin % 98,5'inin ESİ konusundaki pratik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde öğrencilerin pratik anlama seviyelerinin oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 24 öğrencinin TA, 12 öğrencinin TeA, 12 öğrencinin KBA ve 20 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 57). Buradan son başarı sınavında 22 öğrencinin (%32,4) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Buna göre öğrencilerin ESİ ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğu söylenebilir. TeA seviyesine yükselen öğrenciler de (%17,6) dikkate alındığında olumlu değişim daha açık hale gelmektedir. Diğer yandan ön başarı sınavında TA seviyesinde sınıflandırılan 52 öğrenciden 24'ünün yine aynı seviyede sınıflandırıldığı dikkat çekmektedir. Bu anlamda Tablo 51 ve 57'den teorik ve pratik anlama seviyelerindeki değişim durumu karşılaştırıldığında, pratik anlama seviyeleri değişmediği belirlenen 24 öğrenciden 21'inin teorik anlama seviyelerinde olumlu değişim olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre ESİ ile ilgili olarak teorik anlama seviyeleri olumlu gelişen fakat pratik anlama seviyeleri değişmeyen öğrenci grubu karşımıza çıkmaktadır. Buradan öğretim ortamının ESİ konusunda bazı öğrencilerin teorik bilgi bloğunda görüldüğü gibi pratik bilgi bloğunu geliştirmede yeterli olmadığı söylenebilir. Ancak diğer 44 öğrencinin (%64,7) pratik anlama seviyelerindeki olumlu gelişimden hareketle öğrenme ortamının genel anlamda etkili olduğunu söylenebilir.

4.1.4. Öğrencilerin EA ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

EA ile ilgili anlama seviyelerindeki değişime yönelik tartışma teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı sunulmuştur.

4.1.4.1. Öğrencilerin EA ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA ile ilgili teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde aktarım yolunu belirtme (Başarı Sınavı 6. sorusu), aktarım sürecini açıklama (Başarı Sınavı 6. sorusu), aktarım yönünün önemini bilme-açıklama (Başarı Sınavı 7. sorusu) ve aktarımla ilişkili temel kavramları (iş, ısı ve güç) tanımlama (Başarı Sınavı 1. sorusu) durumları incelenmiştir. 6. sorudan elde edilen verilerin analizi sürecinde öğrencilerin makro boyutta düşünülen enerji çeşitlerinin mikro boyutta düşünülen enerji çeşitlerine dönüşümünü açıklama ve aktarım yolunu belirtme durumları değerlendirilmiştir. 7. soruda yapılan işin işaretinin negatif veya pozitif olmasını (sistemin enerji alması veya vermesi olarak) yorumlama ve 1. soruda iş, güç ve ısı kavramlarını tanımlama durumları değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 59'da sunulmuştur. Buna göre öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişimin olduğu görülmüştür. Bu değişim aktarım yolunu belirleme noktasında doğru cevap verme oranının %20,6'dan %63,2'ye yükselmesi şeklinde gerçekleşmiştir. Burada belirtilmesi gereken nokta öğrencilerin öğretim süreci öncesinde aktarım yolu olarak sadece ısıyı, öğretim süreci sonunda ısı ve işi dikkate almış olmalarıdır. Aktarım yönünün önemini bilme-açıklama konusuyla ilgili değişim doğru cevap verme oranının %2,9'dan %52,9'a yükselmesiyle gerçekleşmiştir. Buna göre öğrencilerin öğretim süreci öncesinde işin işaretinin negatif veya pozitif olmasının sistemin enerji alması veya vermesi anlamını taşıdığı bilgisine sahip olmadıkları ancak öğretim süreci sonunda öğrencilerin yarısından fazlasının bu bilgiyi edindikleri söylenebilir. Kısmen doğru bilgiler içeren cevaplar (%25) dikkate alındığında olumlu değişimin daha belirgin olduğu açıktır. EA sürecini açıklama noktasındaki değişim de %0'dan %51,5'e yükselerek gerçekleşmiştir. Buradan öğrencilerin öğretim uygulamaları öncesinde EA sürecinde gerçekleşen olaylarla ilgili bilgilere sahip olmadıkları, ancak öğretim süreci sonunda yarısından fazlasının bu bilgiyi edindikleri söylenebilir. Konuyla ilgili kısmen doğru bilgiler içeren cevaplar (%36,8) dikkate alındığında olumlu değişimin daha da önem kazandığı açıktır. Aktarımla ilişkili temel kavramları tanımlama noktasındaki değişimi, irdelenen iş, ısı ve güç kavramları temelinde ayrı ayrı vermenin daha anlamlı olacağı düşünülmektedir. Buna göre öğrencilerin doğru cevap verme oranındaki değişim iş kavramı için %20,6'dan %83,8'e, ısı kavramı için %8,8'den %85,3'e ve güç kavramı için %14,7'den %97,1'e yükselerek gerçekleşmiştir. Buradan üç kavram için de öğrencilerin

öğretim süreci öncesinde yeterli bilgiye sahip olmadıkları ancak öğretim süreci sonunda öğrencilerin tamamına yakınının bu bilgileri edindikleri söylenebilir. Öğrencilerin EA ile ilgili teorik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular, yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda klinik mülakatların 1a sorusu ve devamında ‘enerji aktarımı nasıl gerçekleşir’, ‘enerji aktarımının farklı yolları olabilir mi’ ve ‘güç/iş/ısı kavramlarıyla enerji aktarımı arasında bir ilişki var mıdır’ soruları yöneltmiştir. Elde edilen bulguların başarı sınavından elde edilen bulgularla örtüştüğü belirlenmiştir. (bkz. Tablo 108). Buna göre ön klinik mülakatlarda genel anlamda başarısızlığın son klinik mülakatlardaysa olumlu değişimin olduğu tespit edilmiştir.

Öğrencilerin EA ile ilgili teorik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 2 öğrencinin AY, 12 öğrencinin KA, 53 öğrencinin TA ve 1 öğrencinin TeA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 61). Buna göre ön başarı sınavında hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum, öğretim süreci öncesinde öğrencilerin % 98,5’inin EA konusundaki teorik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde öğrencilerin teorik anlama seviyelerinin beklenenden oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 6 öğrencinin TA, 9 öğrencinin TeA, 30 öğrencinin KBA ve 23 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 61). Buradan son başarı sınavında 53 öğrencinin (%77,9) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin EA ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Diğer yandan ön başarı sınavında TA seviyesinde sınıflandırılan 53 öğrenciden 3’ünün (Ö10, Ö35 ve Ö44) yine aynı seviyede sınıflandırılmış olması, öğretim ortamının EA konusunda bazı öğrencilerin kavramsal edinimlerini geliştirmediğini düşündürse de bu durumun öğrencilerin devam durumlarıyla (Ö10 ve Ö35 sadece 4 derse (bkz. CD’de Ek-13) katılmışlardır.) ilişkili olduğu düşünülmektedir.

EA ile ilgili literatür incelendiğinde öğrencilerin enerji dönüşümü sürecinde enerjinin bir kısmının kaybolduğunu düşündükleri (Hırça vd., 2008), enerjiyle ilgili tanımlamalarda enerjinin aktarılması özelliğini düşünmedikleri (Duit, 1984) ve enerjinin dönüşümü ve aktarımını algılamakta zorlandıkları (Papadouris ve Constantinou, 2006) vurgulanmaktadır. İlgili literatürde belirtilen bu durumların, çalışma kapsamında öğrencilerin öğretim öncesi elde edilen bulgularıyla örtüştüğü açıktır. Benzer şekilde öğrenme zorluklarının çözümü olarak ilgili literatürde önerilen yaklaşımlarında öğrenme

ortamında kullanıldığı görülmektedir. Bu anlamda Duit (1987), Millar (2005) ve Domenech vd. (2007) öğrencilerin enerji ile ilgili algılamalarını tamamlamak için EA konusuna yer verilmesini önermektedirler. Öğretim sürecinde EA'ya yer verilmesine karşın pek çok çalışmada öğrencilerin EA ile ilişkili olan iş, güç ve ısı kavramlarını doğru anlamlandıramadıkları belirtilmektedir (Duit, 1984; Driver ve Warrington, 1985; Trumper, 1993, 1996, 1997a, 1997b, 1998; Papadouris vd., 2004). Bu sorunun çözümü olarak Domenech vd. (2007) bir sistemden diğer bir sisteme olan enerji transferini makroskobik aşamada işle ve mikroskobik aşamada ısı ile gerçekleştiğini temel alan bir öğretim sürecini önermektedir. Bu temel yapı, çalışma kapsamında kullanılan öğretim materyalinde kullanılmıştır. Buradan öğretim süreci sonunda öğrencilerin enerji aktarımıyla ilgili teorik anlamalarındaki artışta ilgili literatürde belirtilen noktalara dikkat edilmesinin önemli yeri olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan bir cismin/sistemin enerji alması veya vermesiyle işin işareti arasındaki ilişkinin bu çalışma kapsamında ön plana çıkarıldığı düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan sütun-süreç grafiklerinin ve makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişiyle ilgili sunulan modellerin öğrencilere farklı sunumlarla verilmesinin anlama seviyesindeki olumlu değişime katkı sağladığı düşünülmektedir. Enerjinin öğretimi sürecinde farklı sunumların birbirini tamamlayarak öğrenmeyi kolaylaştırdığı ilgili literatürde vurgulanmaktadır (Zou, 2000; Huevelen ve Zou, 2001; Mutimucuo, 2003; van der Meij, 2007).

4.1.4.2. Öğrencilerin EA ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde aktarımı hesaplama (Başarı Sınavı 12 ve 19. sorular), aktarımı görselleme (Başarı Sınavı 16. soru), aktarımı yorumlama (Başarı Sınavı 17a. sorusu) ve aktarım hızını (gücü) yorumlama (Başarı Sınavı 17b ve 18. soru) durumları incelenmiştir. Elde edilen verilerin analizi sürecinde 12. soruda öğrencilerin bir sistemden diğerine aktarımı ve 19. soruda öğrencilerin sistem üzerine yapılan işi hesaplama durumları değerlendirilmiştir. 16. soruda öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle makro boyutta düşünülen enerji çeşitlerinin mikro boyutta düşünülen enerji çeşitlerine dönüşüm sürecini görselleme ve açıklama durumları irdelenmiştir. 17a sorusunda öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte enerji aktarımını ve 17b ve 18. sorularda öğrencilerin gerçek yaşama dair bir örnekte enerji aktarım hızını yorumlama/anlamlandırma durumları incelenmiştir.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 63’de sunulmuştur. Buna göre öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişim olduğu görülmüştür. Öğrencilerin doğru cevap verme oranındaki değişim aktarılan enerjiyi hesaplama için %0’dan %27,9’a, aktarım sürecini görselleme-açıklama için %0’dan %33,8’e, aktarımı yorumlama/kullanma için %0’dan %76,5’e ve aktarım hızını yorumlama/kullanma için %10,3’den %48,5’e yükselerek gerçekleşmiştir. Buna göre öğrencilerin öğretim süreci öncesinde belirlenen durumlarla ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları ancak öğretim süreci sonunda bazı öğrencilerin bu bilgiyi edindikleri söylenebilir. Burada özellikle öğrencilerin enerji aktarımını günlük hayatla ilişkili olarak verilen bir durum için doğru yorumlamada gösterdikleri başarının dikkat çektiği açıktır. Tablo 63’te dikkati çeken diğer bir durum ise öğretim süreci sonunda kısmen doğru bilgi içeren cevapların yüksek sayılabilecek oranlarıdır. Enerji aktarım hızını yorumlama noktasında kısmen doğru cevap oranının yüksekliği bu kategoride değerlendirilen öğrencilerin, ilgili sorulardan birinde güç kavramını enerji aktarım hızıyla ilişkilendirememelerinden kaynaklanmaktadır. Enerji aktarımı görselleme noktasında kısmen doğru cevap oranının yüksekliği de bu kategoride değerlendirilen öğrencilerin görselle ilgili istenen açıklamayı yapmamaları, kısmen doğru bir açıklama yapmaları veya açıklamalarını yansıtacak doğru görseller çizmemeleri ile ilişkilidir. Aktarılan enerjiyi hesaplama konusunda sorulan 12 ve 19. sorular incelendiğinde, 12. sorunun bir sistemden bir başka sisteme enerji aktarımının hesaplanmasını, 19. sorununsa yapılan işten hareketle aktarımın hesaplanmasını gerektirdiği görülecektir. Aktarılan enerjiyi hesaplama noktasında kısmen doğru cevabın yüksek oranda çıkmasının nedeni öğrencilerin 12. soru kapsamında sorulan bir sistemden bir başka sisteme enerji aktarımını hesaplamada istenilen başarıyı gösterememeleridir. Buna göre enerji aktarımının hesaplanması öğrencilere iş kavramını temelinde sorulduğunda öğrencilerin başarılı oldukları ancak sistemden sisteme aktarılan enerjiyi hesaplamaları istendiğinde bazı öğrencilerin bu hesaplamayı yapamadıkları söylenebilir. Bu durum ise 19. soruda olduğu gibi aktarım yolu öğrencilere verildiğinde öğrencilerin başarılı olduğunu 12. soruda olduğu gibi aktarım yolu söylenmediğinde bazı öğrencilerin başarılı olmadıkları anlamını taşımaktadır. Bu bulgunun Duit (1984) tarafından belirtilen öğrencilerin enerjiyle ilgili tanımlamalarda enerjinin aktarılması özelliğini düşünmedikleri bulgusuyla paralellik gösterdiği düşünülmektedir. Ancak yukarıda belirtildiği üzere (bkz. 4.1.1.1. ve 4.1.4.1. başlıkları) öğrenciler enerji aktarımı enerjinin bir özelliği olarak hatırlamakta ve tanımlamaktayken

burada bazı öğrenciler enerji aktarımını pratik durumlarda kullanmakta (hesaplama ve görselleme) zorlanmaktadır. Buradan hareketle Duval'ın (1993,1995) bir bireyin bir kavramı içselleştirme ve o kavramın farklı formlarını sunabilme seviyeleri arasında paralel bir ilişki olduğuna dair görüşünün bu çalışma kapsamında değerlendirilen az sayıda öğrenci için sağlanamadığını söylenebilir. Tüm bu durumlar dikkate alındığında gerçekte öğrenme ortamının öğrencilerin EA pratik algılamaları üzerinde olumlu ancak bazı açılardan eksik etkiler bıraktığı söylenebilir. Öğrencilerin EA ile ilgili pratik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular da yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda klinik mülakatların 2b sorusu sorulmuştur. Bu temel soru doğrultusunda 2c-f soruları da yöneltilmiştir. Elde edilen bulguların başarı sınavından elde edilen bulgularla örtüştüğü belirlenmiştir (bkz. Tablo 109). Buna göre öğrencilerin ön klinik mülakatlarda genel anlamda başarısızlığın son klinik mülakatlardaysa olumlu değişimin olduğu belirlenmiştir. Buradan öğrencilerin başarı sınavında olduğu gibi ön mülakatlarda enerji aktarımını, aktarım yollarını, yapılan işin ve işin işaretinin önemini belirten görüşlere yer vermediği, buna karşın son mülakatlarda öğrenci görüşlerinin geliştiği görülmektedir.

Öğrencilerin EA ile ilgili pratik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 1 öğrencinin AY, 13 öğrencinin KA, 49 öğrencinin TA ve 5 öğrencinin TeA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 65). Buna göre ön başarı sınavında hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum öğretim süreci öncesinde öğrencilerin %92,6'sının EA konusundaki pratik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde öğrencilerin teorik anlama seviyelerinde olduğu gibi pratik anlama seviyelerinin beklenenden oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 18 öğrencinin TA, 7 öğrencinin TeA, 29 öğrencinin KBA ve 14 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 65). Buradan son başarı sınavında 43 öğrencinin (%63,2) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin EA ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Diğer yandan ön başarı sınavında TA seviyesinde sınıflandırılan 49 öğrenciden 14'ünün yine aynı seviyede sınıflandırılmış olması öğretim ortamının EA konusunda azda olsa bazı öğrencilerin pratik bilgi bloğunu geliştirmedeğini düşündürmektedir.

4.1.5. Öğrencilerin EK ile İlgili Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

EK ile ilgili anlama seviyelerindeki değişime yönelik tartışma teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı sunulmuştur.

4.1.5.1. Öğrencilerin EK ile İlgili Teorik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EK ile ilgili teorik anlama seviyelerinin belirlenmesinde korunumu tanımlama ve bir cismin/sistemin enerjisinin korunumu için hangi şartların sağlanması gerektiğiyle ilgili dikkate aldıkları durumlar (Başarı Sınavı 8. sorusu) incelenmiştir. Elde edilen verilerin analizi sürecinde öğrencilerin enerji korunumunu tanımlama ve bir cismin/sistemin enerjisinin korunum şartlarıyla ilişkili olarak sıcaklık değişimi, enerji dönüşümü, nicel değeri ve sürtünmeyle ilgili görüşleri değerlendirilmiştir (Tablo 67 ve 68). Buradan öğrencilerin son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişimin olduğu görülmüştür. Öğrencilerin enerji korunumunu tanımlama sorusuna cevap verme oranı %13,2'den %67,6'ya yükselmiştir (bkz. Tablo 67). Buna göre öğrencilerin öğretim süreci öncesinde enerji korunumuyla ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları ancak öğretim süreci sonunda öğrencilerin yarısından fazlasının bu bilgiyi edindikleri söylenebilir. Öğrencilerin bir cismin/sistemin enerjisinin korunum şartlarıyla ilişkili olarak dikkate aldıkları durumları belirtme oranları sıcaklık değişimi için %1,5'den %7,4'e, enerji dönüşümü için %26,5'den %55,9'a, enerji değeri için %23,5'den %61,8'e, sürtünme için %25'den %47,1'e değişim göstermiştir (bkz. Tablo 68). Anlaşıldığı üzere öğrenciler bir cismin/sistemin enerjisinin korunum şartlarıyla ilişkili olarak en çok enerji değerinin korunmasını düşünmektedirler. Buna karşın cismin/sistemin sıcaklığının değişmemesinin enerjisinin korunduğunu gösterdiği az sayıda öğrenci tarafından dikkate alınmaktadır. Öğrencilerin enerji korunumuyla ilgili teorik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda klinik mülakatların 1. sorusu kapsamında öğrencilere 'enerji korunumunu duyduğunda düşündüğünde aklına ne geliyor' sorusu ve 'bir cismin sistemin enerjisi hangi şartlarda korunur' alt sorusu yöneltilmiştir. Klinik mülakatlardan elde edilen bulguların başarı sınavından elde edilen bulguları desteklediği belirlenmiştir (bkz. Tablo 110). Buna göre öğrencilerin ön klinik mülakatlarda genel anlamda kısmen doğru nitelikte görüş belirttikleri son klinik mülakatlardaysa daha nitelikli görüşler dile getirdikleri belirlenmiştir.

Öğrencilerin EK ile ilgili teorik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 21 öğrencinin AY, 11 öğrencinin KA, 7 öğrencinin TA, 27 öğrencinin TeA ve 2 öğrencinin KBA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 70). Buna göre ön başarı sınavında sadece iki öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkmıştır. Bu durum öğretim süreci öncesinde öğrencilerin %57,4'ünün EK konusundaki teorik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde öğrencilerin çoğunluğunun teorik anlama seviyelerinin beklenenden oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. TeA seviyesindeki öğrencilerinde (%39,7) alternatif fikirler içermeyen ancak bilimsel nitelendirmeden uzak algılamalara sahip oldukları düşünüldüğünde genel olarak öğrencilerin teorik anlama seviyelerinin beklenenden uzak olduğu daha anlamlı hale gelmektedir. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 1 öğrencinin TA, 51 öğrencinin TeA, 13 öğrencinin KBA ve 3 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 70). Buradan son başarı sınavında 16 öğrencinin (%23,5) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Bu durum bazı öğrencilerin EK ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir. Ayrıca ön başarı sınavında TeA seviyesinde sınıflandırılan 27 öğrenciden 21'inin yine aynı seviyede sınıflandırılmış olması öğretim ortamının EK konusunda bu öğrencilerin kavramsal edinimlerini geliştirmede etkili olmadığı söylenebilir. Diğer yandan son başarı sınavında 51 öğrencinin TeA seviyesinde sınıflandırılmış olduğu yani 30 öğrencinin TeA seviyesine yükseldiği düşünüldüğünde öğrenme ortamının istenilen düzeyde olmasa da öğrencilerin teorik anlamalarını geliştirmede etkili olduğu ifade edilebilir.

4.1.5.2. Öğrencilerin EK ile İlgili Pratik Anlama Seviyelerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EK ile ilgili pratik anlama seviyelerinin belirlenmesinde enerji korunumu belirleme (Başarı Sınavı 14. sorusu), enerji korunumu gösterme (Başarı Sınavı 13 ve 23. sorusu), enerji korunumunu hesaplamada kullanma (Başarı Sınavı 10. sorusu) ve enerji korunumunu dikkate alma (Başarı Sınavı 22b ve 22c soruları) durumları incelenmiştir. Elde edilen verilerin analizi sürecinde 14. soruda öğrencilerin cisimlerin hareketi için hazırlanmış grafikten hareketle enerji korunumunu belirleme, 13. ve 23. sorularda enerji değişimi süreçlerini farklı gösterim yolu ile ifade etme durumları araştırılmıştır. 10. soruda enerji çeşitlerini hesaplamada enerjinin korunumunu kullanma ve 22b ve 22c sorularında gerçek yaşama dair bir örnekten hareketle sistemlerin enerji değişimlerini karşılaştırma-

açıklama durumları değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda öğrenci cevaplarının nitelikleri Tablo 72’de sunulmuştur. Buradan öğrencilerin ön ve son başarı sınavında verdikleri cevapların niteliklerinde olumlu bir değişim olduğu görülmüştür. Öğrencilerin doğru cevap verme oranı, enerji korunumunu belirleme için %8,8’den %70,6’ya, enerji korunumu gösterme için %0’dan %20,6’ya, enerji korunumunu hesaplamada kullanma için %0’dan %44,1’e ve enerji korunumunu dikkate alma için %0’dan %38,2’ye yükselmiştir. Buna göre öğrencilerin öğretim süreci öncesinde enerji korunumuyla ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları ancak öğretim süreci sonunda bazı öğrencilerin edinimlerinin geliştiği söylenebilir. Burada özellikle öğrencilerin enerji korunumunu belirleme için edinimlerinin geliştiği açıktır. Öğrencilerin EK ile ilgili pratik anlama durumlarına yönelik elde edilen bulgular yürütülen klinik mülakatlarla desteklenmiştir. Bu anlamda öğrencilere klinik mülakatlarda 3a, 3b ve 3c alt soruları yöneltilmiştir. Klinik mülakatlardan elde edilen bulguların başarı sınavından elde edilen bulguları desteklediği görülmüştür (bkz. Tablo 111). Buna göre öğrencilerin ön klinik mülakatlarda genel anlamda başarılı olamadığı son klinik mülakatlardaysa daha nitelikli cevaplar verdikleri belirlenmiştir. Son mülakatlarda öğrencilerin özellikle farklı nitelikte sütun süreç grafikleri çizmelerine rağmen enerjinin korunumunu yansıtacak tarzda çizdikleri dikkat çekmektedir.

Öğrencilerin EK ile ilgili pratik anlama seviyelerine bakıldığında ön başarı sınavı bulguları 5 öğrencinin AY, 24 öğrencinin KA, 36 öğrencinin TA ve 3 öğrencinin TeA seviyesinde olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 74). Buna göre ön başarı sınavında hiçbir öğrenci TeA seviyesinin üzerine çıkamamıştır. Bu durum öğretim süreci öncesinde öğrencilerin %95,6’sının EK konusundaki pratik anlamalarının bilimsel olmadığını göstermektedir. Buradan öğretim süreci öncesinde öğrencilerin çoğunluğunun teorik anlama seviyelerinin beklenenden oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın son başarı sınavı bulguları 17 öğrencinin TA, 8 öğrencinin TeA, 31 öğrencinin KBA ve 12 öğrencinin BA seviyesinde olduğunu göstermiştir (bkz. Tablo 74). Buradan son başarı sınavında 43 öğrencinin (%63,2) TeA seviyesinin üzerine çıkarak KBA veya BA seviyesinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin çoğunluğunda EK ile ilgili algılamalarında olumlu bir değişimin olduğunu göstermektedir.

4.2. Tasarılan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Zihinsel Modelleri Üzerindeki Etkisi

Bu başlık altında, araştırmanın “MTÖ yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin zihinsel modelleri üzerine ne tür bir etkisi vardır?” şeklinde belirlenen ikinci alt problemi elde edilen bulgular ışığında tartışılmıştır. Öğrenme ortamının öğrenci zihinsel modelleri üzerindeki etkileri, ön ve son başarı sınavı anlama seviyelerinden hareketle belirlenen zihinsel modellerin karşılaştırılmasıyla tespit edilmiştir. Aşağıda öncelikle alt konu alanları için belirlenen zihinsel modellerdeki değişim, sonrasında ön ve son genel zihinsel modellerindeki değişim elde edilen bulgular doğrultusunda tartışılmıştır.

4.2.1. Enerji Kavramı Alt Konu Alanları İçin Tespit Edilen Öğrenci Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma

Bu başlık altında, öğrencilerin enerji konusunun alt konu alanları için belirlenen zihinsel modellere yönelik tartışma aşağıda sırasıyla yapılmıştır.

4.2.1.1. Öğrencilerin EİK ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK ile ilgili zihinsel modelleri teorik ve pratik anlama seviyelerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Buna göre ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 9 öğrencinin (%13,2) ilkel model türüne ve 59 öğrencinin (%86,8) uyumsuz model türüne sahip oldukları tespit edilmiştir (bkz. Tablo 76). İkel ve uyumsuz model türlerinin özellikleri (bkz. Tablo 29) dikkate alındığında öğrencilerin öğretim süreci öncesi EİK ile ilgili ön zihinsel modellerinin bilimsel nitelikte olmadığı anlaşılmaktadır. Son başarı sınavı sonuçlarına göre 24 öğrencinin (%35,3) uyumsuz, ilkel, pratik veya teorik modellerden birine sahip olduğu 44 öğrencinin (%64,3) temel, geçiş, baskın veya bilimsel modellerden birine sahip olduğu dikkat çekmektedir. Buradan öğretim süreci sonunda öğrencilerin çoğunluğunun zihinsel modellerinin bilimsel nitelik kazandığı görülmektedir (bkz. Tablo 77). Elde edilen bulgular, bazı araştırmacılar tarafından öğrenmenin zihinsel modellerin evrimleştirilmesi şeklindeki tanımlamaları (Duit ve Glynn, 1996; Hanke, 2008; Hanke ve Huber, 2010) dikkate alınarak yorumlandığında öğrencilerde EİK için öğrenmenin gerçekleştiği söylenebilir.

Öğretim süreci öncesinde ilkel modele sahip öğrencilerin son modellerinin teorik (1 öğrenci), geçiş (3 öğrenci), baskın (1 öğrenci) ve bilimsel (4 öğrenci) model olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 78). Bu noktada sadece teorik modele yükselen öğrencinin pratik bilgilerinin istenilen nitelikte olmadığı dikkate alındığında öğrencilerin zihinsel model gelişimlerinin oldukça iyi olduğu söylenebilir. Buradan tasarlanan öğrenme ortamının ilkel modele sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede etkili olduğu ifade edilebilir. Öğretim süreci öncesinde uyumsuz modele sahip öğrencilerin son modellerinin uyumsuz (2 öğrenci), ilkel (5 öğrenci), pratik (1 öğrenci), teorik (15 öğrenci), temel (6 öğrenci), geçiş (11 öğrenci), baskın (5 öğrenci) ve bilimsel (14 öğrenci) modeller olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 78). Model türlerinin özellikleri (bkz. Tablo 29) incelendiğinde temel, geçiş, baskın ve bilimsel model türlerinin ortak özelliğinin bilimsel olmayan fikirler içermemesidir. Bu anlamda Tablo 78 incelendiğinde EİK ile ilgili ön zihinsel modeli uyumsuz model olan 59 öğrenciden 36'sının temel, geçiş, baskın ve bilimsel model türlerinden birine yükseldiği görülmektedir. Diğer 23 öğrenciden 21'ininde ilkel, pratik veya teorik modellerden birine yükseldiği anlaşılmaktadır. Burada 21 öğrenciden 15'inin teorik modelde sınıflandığını belirtmenin ve bunu değerlendirmenin anlamlı olduğu düşünülmektedir. Bu 15 öğrenciyle yukarıda belirtilen 36 öğrenci birlikte düşünüldüğünde öğrenme ortamının öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirme sürecinde teorik bilgilerini yapılandırmada daha etkin olduğu söylenebilir. Bu durum, Tablo 78'den geçiş ve baskın modele sahip öğrencilerin anlama seviyelerine bakılarak desteklenebilir. Ancak buradaki değerlendirme öğrenme ortamının öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirme sürecinde pratik bilgilerini yapılandırmada yeterli olmadığı şeklinde algılanmamalıdır. Ön ve son zihinsel modellerinde değişim gerçekleşmeyen iki öğrencininse (öğrenci 30 ve 35) on derslik uygulamalar sürecinin yalnız dört dersine (bkz. CD'de Ek-13) katılmış olmalarının etken olduğu söylenebilir. Aslında bu durum, öğrenme ortamının dört ders üzerinde katılan öğrencilerin zihinsel modellerinde olumlu etkisini göstermeye başladığı şeklinde de yorumlanabilir.

Yukarıda özetlenen tüm durumlar birlikte ele alındığında öğrenme ortamının öğrencilerin EİK ile ilgili zihinsel modellerini geliştirmede pozitif bir etkisinin olduğu belirtilebilir. Burada MOMBI temelinde yürütülen ve kullanılan stratejilerin (iş kavramına dayanmayan tanımlama, farklı disiplinlerle ilişkilendirme ve çoklu sunum) etkili olduğu düşünülmektedir. Benzer nitelikte sonuçlar Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011) tarafından da

dile getirilmektedir. Ayrıca öğrencilerin ön edinimlerinin onların zihinsel modelleri olduğu ve kullanılan dışsal sunumların öğrencilerin zihinsel yapılandırmalarının yardımcısı olduğu görüşü de (Devi vd., 1996; Ainsworth vd., 1997; Hestenes, 2006; van der Meij, 2007) öğrenme ortamının EİK'nın öğrenilmesinde etkili olduğunu destekler niteliktedir.

4.2.1.2. Öğrencilerin ET ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET ile ilgili zihinsel modelleri teorik ve pratik anlama seviyelerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Buna göre ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 1 öğrencinin (% 1,5) temel model, 14 öğrencinin (% 20,6) ilkel model türüne ve 53 öğrencinin (% 77,9) uyumsuz model türüne sahip oldukları tespit edilmiştir (bkz. Tablo 79). Model türlerinin özellikleri (bkz. Tablo 29) dikkate alındığında öğrencilerin öğretim süreci öncesi ET ile ilgili ön zihinsel modellerin bilimsel nitelikten oldukça uzak olduğu anlaşılmaktadır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 14 öğrencinin (% 20,6) uyumsuz, ilkel, pratik veya teorik modellerden birine sahip olduğu, 54 öğrencinin (% 79,4) temel, geçiş, baskın veya bilimsel modellerden birine sahip olduğu dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 80). Öğretim süreci sonunda öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun son zihinsel modellerin bilimsel nitelikte olduğu görülmektedir. Buradan öğrencilerin ön zihinsel modellerin bilimsel nitelik kazanacak şekilde evrimleştirilerek ET için öğrenmenin gerçekleştiği söylenebilir.

Öğretim süreci öncesinde temel modele sahip öğrencinin son modelinin bilimsel modele yükseldiği ve ilkel modele sahip öğrencilerin son modellerinin ilkel (1 öğrenci), temel (1 öğrenci), geçiş (3 öğrenci), baskın (1 öğrenci) ve bilimsel (4 öğrenci) model olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 81). Bu noktada sadece yine ilkel modelde sınıflandırılan öğrencinin zihinsel modelinin değişmediği görülmektedir. Buradan öğrenme ortamının ilkel modele sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede etkili olduğu ifade edilebilir. Öğretim süreci öncesinde uyumsuz modele sahip öğrencilerin son modellerinin uyumsuz (2 öğrenci), ilkel (7 öğrenci), teorik (4 öğrenci), temel (9 öğrenci), geçiş (15 öğrenci), baskın (3 öğrenci) ve bilimsel (13 öğrenci) modeller olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 81). Buradan enerji türleriyle ilgili ön zihinsel modeli uyumsuz model olan 53 öğrenciden 40'ının temel, geçiş, baskın ve bilimsel model türlerinden birine yükseldiği görülmektedir (bkz. Tablo 81). Diğer 13 öğrenciden 11'inde ilkel veya teorik modellerden birine yükseldiği anlaşılmaktadır. Son zihinsel modellerinde değişim gerçekleşmeyen iki öğrenciden (öğrenci 44 ve 55) birinin on derslik uygulamalar

sürecinin yalnız dört dersine (bkz. CD’de Ek-13) katılmış olmasının etken olduğu söylenebilir.

Tüm durumlar birlikte ele alındığında öğrenme ortamının öğrencilerin ET ile ilgili zihinsel modellerini geliştirmede pozitif etkisinin olduğu ifade edilebilir. Burada MOMBI temelinde yürütülen ve kullanılan çoklu sunumların etkili olduğu düşünülmektedir. Pape ve Tchoshanov’a (2001) göre dışsal sunumlar içsel (zihinsel) sunumların geliştirmektedir. Jonassen’a (2000) göreyse zihinsel modeller zihinsel sunumların bileşkesidir (Hwang vd., 2007). Bu iki görüş ve çoklu sunumların aslında bireyler için dışsal sunumlar olduğu gerçeği birlikte ele alındığında tasarlanan öğrenme ortamının ET için zihinsel modellerin bilimsel nitelikte evrimleştirilmesinde etkili olduğu ifade edilebilir. ET için MOMBI temelinde yürütülen ve kullanılan çoklu sunumların etkili olduğuna dair benzer sonuçlar Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011) tarafından da dile getirilmektedir.

4.2.1.3. Öğrencilerin ESİ ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ESİ ile ilgili modelleri teorik ve pratik anlama seviyelerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Buna göre ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 1 öğrencinin (% 1,5) teorik model, 11 öğrencinin (% 16,2) ilkel model türüne ve 56 öğrencinin (% 82,3) uyumsuz model türüne sahip oldukları tespit edilmiştir (bkz. Tablo 82). Model türlerinin özellikleri (bkz. Tablo 29) dikkate alındığında öğrencilerin öğretim süreci öncesi ESİ ile ilgili ön zihinsel modellerinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 29 öğrencinin (% 42,6) uyumsuz, ilkel, pratik veya teorik modellerden birine sahip olduğu 39 öğrencinin (% 57,4) temel, geçiş, baskın veya bilimsel modellerden birine sahip olduğu dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 83). Buradan öğretim süreci sonunda ESİ ile ilgili olarak öğrencilerin çoğunluğuna ait zihinsel modellerin bilimsel nitelik kazanacak şekilde değişim geçirdiği ve öğrenmenin gerçekleştiği ifade edilebilir (Duit ve Glynn, 1996; Hanke, 2008; Hanke ve Huber, 2010).

Öğretim süreci öncesinde teorik modele sahip öğrencinin son modelinin ilkel modele gerilediği dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 84). Bu öğrencinin (öğrenci 46) zihinsel modelindeki olumsuz değişim, öğrencinin on derslik uygulamalar sürecinin yalnız iki dersine (bkz. CD’de Ek-13) katılmış olmasıyla açıklanabilir. Öğretim süreci öncesinde ilkel modele sahip öğrencilerin son modellerinin ilkel (3 öğrenci), pratik (1 öğrenci), teorik (1 öğrenci), geçiş (3 öğrenci) ve bilimsel (3 öğrenci) model olacak şekilde değişim

gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 84). Buradan ESİ ile ilgili ön zihinsel modeli ilkel model olan 11 öğrenciden 6'sının geçiş ve bilimsel model türlerinden birine yükseldiği, 2'sinin pratik ve teorik model türlerinden birine yükseldiği ve 3'ünün yine ilkel model seviyesinde kaldığı anlaşılmaktadır. Buna göre öğretim süreci öncesinde ilkel modele sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede tasarlanan öğrenme ortamının etkili olduğu söylenebilir. Öğretim süreci öncesinde uyumsuz modele sahip öğrencilerin son modellerinin uyumsuz (3 öğrenci), ilkel (10 öğrenci), pratik (3 öğrenci), teorik (6 öğrenci), temel (5 öğrenci), geçiş (13 öğrenci), baskın (6 öğrenci) ve bilimsel (10 öğrenci) modeller olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 84). Buradan ESİ ile ilgili ön zihinsel modeli uyumsuz model olan 56 öğrenciden 34'ünün temel, geçiş, baskın veya bilimsel model türlerinden birine yükseldiği görülmektedir. Diğer 22 öğrenciden 19'unun ilkel, pratik veya teorik modellerden birine yükseldiği anlaşılmaktadır. Son zihinsel modellerinde değişim gerçekleşmeyen üç öğrencinin (öğrenci 11, 33 ve 35) derslere devam durumunun (bkz. CD'de Ek-13) etken olduğu düşünülmektedir.

Tüm durumlar birlikte ele alındığında öğrenme ortamının öğrencilerin ESİ ile ilgili zihinsel modellerini geliştirmede pozitif bir etkisinin olduğu ifade edilebilir. Burada öğretim sürecinin MOMBI temelinde yürütülmesinin, çoklu sunumlar kullanılmasının ve termal enerjiye dair vurgulamaların, öğretim uygulamalarının tüm aşamalarında sıklıkla dile getirilmesinin etkili olduğu düşünülmektedir.

4.2.1.4. Öğrencilerin EA ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA ile ilgili zihinsel modeller teorik ve pratik anlama seviyelerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Buna göre ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 6 öğrencinin (% 8,8) ilkel model türüne ve 62 öğrencinin (% 91,2) uyumsuz model türüne sahip oldukları tespit edilmiştir (bkz. Tablo 85). Model türlerinin özellikleri dikkate alındığında öğrencilerin öğretim süreci öncesi EA ile ilgili ön zihinsel modellerinin bilimsel nitelikten oldukça uzak olduğu anlaşılmaktadır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 23 öğrencinin (% 33,8) uyumsuz, ilkel, pratik veya teorik modellerden birine sahip olduğu, 45 öğrencinin (% 66,2) temel, geçiş, baskın veya bilimsel modellerden birine sahip olduğu dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 86). Buradan EA ile ilgili olarak öğretim süreci sonunda öğrencilerin çoğunluğuna ait zihinsel modellerin yeter niteliği kazandığı söylenebilir.

Öğretim süreci öncesinde ilkel modele sahip öğrencilerin son modellerinin teorik (3 öğrenci), geçiş (2 öğrenci) ve bilimsel (1 öğrenci) model olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 87). EA ile ilgili ön zihinsel modeli ilkel model olan 6 öğrenciden 3'ünün geçiş ve bilimsel model türlerinden birine ve 3'ünün teorik modele yükseldiği anlaşılmaktadır. Buradan öğretim süreci öncesinde ilkel modele sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede tasarlanan öğrenme ortamının etkili olduğu söylenebilir. Öğretim süreci öncesinde uyumsuz modele sahip öğrencilerin son modellerinin uyumsuz (2 öğrenci), ilkel (4 öğrenci), pratik (4 öğrenci), teorik (10 öğrenci), temel (1 öğrenci), geçiş (18 öğrenci), baskın (3 öğrenci) ve bilimsel (20 öğrenci) modeller olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 87). Buradan EA ile ilgili ön zihinsel modeli uyumsuz model olan 62 öğrenciden 42'sinin temel, geçiş, baskın veya bilimsel model türlerinden birine yükseldiği görülmektedir. Diğer 20 öğrenciden 18'inin ilkel, pratik veya teorik modellerden birine yükseldiği anlaşılmaktadır. Öğretim süreci öncesinde uyumsuz modele sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede tasarlanan öğrenme ortamının oldukça etkili olduğu söylenebilir.

Özetle, tüm durumlar birlikte ele alındığında öğrenme ortamının öğrencilerin EA ile ilgili zihinsel modellerini geliştirmede pozitif bir etkisinin olduğu ifade edilebilir. Burada öğretim sürecinin MOMBI temelinde yürütülmesinin, kullanılan çoklu sunumların ve stratejik yaklaşımın (enerjinin iş kavramına dayanmayan tanımlanması çerçevesinde makro ve mikro boyutta aktarım) etkili olduğu düşünülmektedir. Pape ve Tchoshanov (2001) ve Jonassen (2000 aktaran Hwang vd., 2007) tarafından dışsal ve içsel sunumlar ile zihinsel modeller arasındaki ilişki için yapılan ilişkilendirmeler dikkate alındığında öğrenme ortamı için kurgulanan içerik ve yapının etkili olduğu vurgulanabilir.

4.2.1.5. Öğrencilerin EK ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EK ile ilgili zihinsel modeller teorik ve pratik anlama seviyelerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Buna göre ön başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 1 öğrencinin (% 1,5) temel model türüne, 2 öğrencinin (% 2,9) teorik model türüne, 28 öğrencinin (% 41,2) ilkel model türüne ve 37 öğrencinin (% 54,4) uyumsuz model türüne sahip oldukları tespit edilmiştir (bkz. Tablo 88). Model türlerinin özellikleri dikkate alındığında öğrencilerin öğretim süreci öncesi EK ile ilgili zihinsel modellerinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Son başarı sınavı analiz sonuçlarına göre 19 öğrencinin (% 27,9) ilkel, pratik veya teorik

modellerden birine sahip olduğu, 49 öğrencinin (% 72,1) temel, geçiş, baskın veya bilimsel modellerden birine sahip olduğu dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 89). Buradan öğretim süreci sonunda EK ile ilgili olarak öğrencilerin çoğunluğunun zihinsel modellerini geliştirdikleri belirtilebilir. Diğer bir ifadeyle istenilen nitelikte öğrenmenin gerçekleştiği söylenebilir (Duit ve Glynn, 1996; Hanke, 2008; Hanke ve Huber, 2010).

Öğretim süreci öncesinde temel modele sahip öğrencinin son modelinin geçiş modeli olduğu, teorik modele sahip öğrencinin son modelinin geçiş veya bilimsel model olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 90). Buradan tasarlanan öğrenme ortamının ön zihinsel modeli temel veya teorik model olan öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede etkili olduğu belirtilebilir. Öğretim süreci öncesinde ilkel modele sahip öğrencilerin son modellerinin ilkel (6 öğrenci), teorik (2 öğrenci), temel (3 öğrenci), geçiş (11 öğrenci) ve baskın (6 öğrenci) model olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 90). EK ile ilgili ön zihinsel modeli ilkel model olan 28 öğrenciden 20'sinin temel, geçiş ve baskın model türlerinden birine ve 2'sinin teorik modele yükseldiği anlaşılmaktadır. Buradan öğretim süreci öncesinde ilkel modele sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede öğrenme ortamının etkili olduğu söylenebilir. Uygulamalar öncesinde uyumsuz modele sahip öğrencilerin son modellerinin ilkel (8 öğrenci), pratik (1 öğrenci), teorik (2 öğrenci), temel (1 öğrenci), geçiş (19 öğrenci), baskın (4 öğrenci) veya bilimsel (2 öğrenci) modeller olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 90). Buradan EK ile ilgili ön zihinsel modeli uyumsuz model olan 37 öğrenciden 26'sının temel, geçiş, baskın veya bilimsel model türlerinden birine, diğer 11 öğrencinin ilkel, pratik veya teorik modellerden birine yükseldiği anlaşılmaktadır. Buna göre uygulamalar öncesinde uyumsuz modele sahip öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmede öğrenme ortamının oldukça etkili olduğu söylenebilir.

Özetle, tüm durumlar birlikte ele alındığında öğrenme ortamının öğrencilerin EK ile ilgili zihinsel modellerini geliştirmede pozitif bir etkisinin olduğu ifade edilebilir. Burada öğretim uygulamalarının MOMBİ temelinde yürütülmesinin, kullanılan farklı sunular arasından özellikle sütun-süreç grafiklerinin ve EK konusuna materyalin tüm bölümlerinde yer verilmesinin etkili olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. Öğrencilerin Genel Zihinsel Modellerine Yönelik Tartışma

Bu aşamaya kadar belirlenen zihinsel modeller, öğrencilerin enerji konusunun alt konu alanlarıyla ilgili zihinsel modelleridir. Bir öğrencinin enerji konusuyla ilgili genel bir zihinsel modele sahip olması gerektiği düşüncesinden hareketle, enerjinin alt konu alanları için belirlenen zihinsel modeller, öğrencilerin genel zihinsel modellerini tespit etmek üzere bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir.

Ön zihinsel modellere yönelik yapılan değerlendirme sonuçlarına göre öğrencilerin dört farklı model çeşidinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Buna göre 45 öğrencinin (% 66,2) UNYM, 20 öğrencinin (% 29,4) UNAM, 2 öğrencinin (% 2,9) İNAM ve 1 öğrencinin (% 1,5) DM'ye sahip oldukları belirlenmiştir (bkz. Tablo 91). Burada ağırlıklı model türünde iki farklı model çeşidinin (uyumsuz ve ilkel nitelikli) olduğu dikkat çekmektedir. Enerji konusuna ilişkin genel zihinsel modelleri belirleme grafiğine yönelik yapılan açıklamalar dikkate alındığında (bkz. Şekil 21) öğrencilerin öğretim süreci öncesi enerjiyle ilgili genel modellerinin bilimsel nitelikten uzak olması sebebiyle yetersiz olduğu anlaşılmaktadır.

Son zihinsel modellere yönelik yapılan değerlendirme sonuçlarına göre öğrencilerin 10 farklı model çeşidinde sınıflandığı anlaşılmaktadır. Buna göre 1 öğrencinin (% 1,5) İNYM, 1 öğrencinin (% 1,5) TNYM, 1 öğrencinin (% 1,5) GNYM, 4 öğrencinin (% 5,9) BiNYM, 1 öğrencinin (% 1,5) İNAM, 2 öğrencinin (% 2,9) TNAM, 2 öğrencinin (% 2,9) TeNAM, 10 öğrencinin (% 14,7) GNAM, 5 öğrencinin (% 7,4) BiNAM ve 41 öğrencinin (% 60,3) DM'ye sahip oldukları belirlenmiştir (bkz. Tablo 92). Burada yerleşik model türünde dört farklı model çeşidinin (ilkel, teorik, geçiş ve bilimsel nitelikli) ve ağırlıklı model türünde beş farklı model çeşidinin (ilkel, teorik, temel, geçiş ve bilimsel nitelikli) olduğu dikkat çekmektedir. Öğretim süreci sonunda enerjiyle ilgili olarak öğrencilerin farklı niteliklerde model çeşitlerine sahip oldukları görülmektedir. Bu nedenle yapılan tartışmanın anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak için ön genel zihinsel modellere dayalı (UNYM, UNAM, İNAM ve DM) bir sıranın takip edilmesinin anlamlı olacağı düşünülmüştür.

Ön Genel Zihinsel Modeli Uyumsuz Nitelikli Yerleşik Model Olan Öğrencilerdeki Değişimin Tartışılması

Ön genel zihinsel modelleri UNYM olan 45 öğrencinin 6'sının farklı nitelikte (ilkel, teorik, geçiş ve bilimsel nitelikli) yerleşik model (bkz. Şekil 22), 12'sinin farklı nitelikte

(ilkel, temel, geçiş ve bilimsel) ağırlıklı model (bkz. Şekil 23) ve 27'sinin dağınlık model (bkz. Şekil 24) olacak şekilde dağılım gösterdikleri belirlenmiştir.

Şekil 22 incelendiğinde, 41 numaralı öğrencinin İNYM'ye, 38 numaralı öğrencinin TNYM'ye geçiş yaptıkları görölmektedir. İNYM ve TNYM modellerinin alt konu alanlarıyla ilgili zihinsel modellerin özellikleri dikkate alındığında, 38 ve 41 numaralı öğrencilerin genel zihinsel modelleri değişiminin olumlu ancak yetersiz olduğu söylenebilir. Şekil 22'de ayrıca 39 numaralı öğrencinin GNYM'ye ve 18, 53 ve 60 numaralı öğrencilerin BiNYM'ye geçiş yaptıkları görölmektedir. GNYM ve BiNYM modellerinin özellikleri dikkate alındığında 18, 39, 53 ve 60 numaralı öğrencilerin genel zihinsel model değişimlerinin olumlu olduğu söylenebilir.

Şekil 23 incelendiğinde, 30 numaralı öğrencinin İNAM'ye geçiş yaptığı görölmektedir. İNAM modelinin özellikleri dikkate alındığında 30 numaralı öğrencinin genel zihinsel model değişiminin yetersiz olduğu söylenebilir. 14 ve 45 numaralı öğrencilerin TeNAM'ye, 3, 6, 8, 28, 36, 59 ve 62 numaralı öğrencilerin GNAM'ye ve 22 ve 23 numaralı öğrencilerin BiNAM'ye geçiş yaptıkları görölmektedir. Öğretim süreci sonunda TeNAM, GNAM ve BiNAM modellerinden birine sahip olan 3, 6, 8, 14, 22, 23, 28, 36, 45, 59 ve 62 numaralı öğrencilerin genel zihinsel modelleri değişiminin olumlu olduğu belirtilebilir.

Şekil 24'de bazı öğrencilerin DM'ye geçiş yaptıkları görölmektedir. Bu öğrencilerin değişimleri incelendiğinde 34, 63 ve 65 numaralı öğrencilerin bilimsel model merkezli, 15 numaralı öğrencinin bilimsel ve baskın modeller merkezli, 11 numaralı öğrencinin bilimsel ve geçiş modeller merkezli, 9 numaralı öğrencinin bilimsel ve teorik modeller merkezli bir yapıda DM'ye geçiş yaptıkları görölmektedir. 1 ve 31 numaralı öğrencilerin baskın model merkezli, 16, 21, 37, 42 ve 57 numaralı öğrencilerin geçiş model merkezli, 25, 40, 43 ve 70 numaralı öğrencilerin geçiş ve ilkel modeller merkezli, 17 ve 68 numaralı öğrencilerin geçiş ve teorik modeller merkezli ve 58 numaralı öğrencide geçiş ve temel modeller merkezli bir yapıda DM'ye geçiş yaptıkları anlaşılmaktadır. 13 ve 69 numaralı öğrencilerin teorik model merkezli, 61 numaralı öğrencinin temel ve ilkel model merkezli, 55 numaralı öğrencinin teorik ve ilkel model merkezli ve 35 numaralı öğrencinin uyumsuz model merkezli bir yapıda DM'ye geçiş yaptıkları görölmektedir. 33 ve 71 numaralı öğrencilerin alt konulara ilişkin zihinsel modellerinin dağınlık yapıda DM'ye geçiş yapmışlardır. Buna göre 25, 35, 40, 43, 55, 61 ve 70 numaralı öğrencilerin son zihinsel modellerinde ilkel veya uyumsuz modeller merkezli bir dağılımın olması nedeniyle bu öğrencilerin genel zihinsel

model değişiminin olumlu ancak yetersiz olduğu söylenebilir. Buna karşın diğer 38 öğrencinin genel zihinsel model değişiminin olumlu olduğu ifade edilebilir.

Ön Genel Zihinsel Modeli Uyumsuz Nitelikli Ağırlıklı Model Olan Öğrencilerdeki Değişimin Tartışılması

Ön genel zihinsel modeli UNAM olan 20 öğrencinin 1'inin yerleşik model (bkz. Şekil 25), 7'sinin farklı nitelikte (teorik, geçiş ve bilimsel) ağırlıklı model (bkz. Şekil 26) ve 12'sinin dağınık model (bkz. Şekil 27) olacak şekilde değişim gösterdikleri belirlenmiştir.

Şekil 25 ve 26 incelendiğinde, 50 numaralı öğrencinin BiNYM'ye, 24 numaralı öğrencinin TNAM'ye, 2, 4 ve 10 numaralı öğrencilerin GNAM'ye ve 47, 51 ve 66 numaralı öğrencilerin BiNAM'ye geçiş yaptığı anlaşılmaktadır. Buradan 24 numaralı öğrencinin genel zihinsel model değişiminin olumlu ancak yetersiz olduğu, buna karşın diğer öğrencilerin genel zihinsel model değişiminin olumlu yönde geliştiği ifade edilebilir.

Şekil 27'de bazı öğrencilerin DM'ye geçiş yaptıkları görülmektedir. Bu öğrencilerin değişimleri incelendiğinde 7 ve 48 numaralı öğrencilerin bilimsel model merkezli, 20 numaralı öğrencinin bilimsel ve geçiş modeller merkezli, 52 numaralı öğrencinin bilimsel ve ilkel modeller merkezli bir yapıda DM'ye geçiş yaptıkları görülmektedir. 12 numaralı öğrencinin baskın model merkezli, 26, 46 ve 67 numaralı öğrencilerin geçiş model merkezli, 32 numaralı öğrencinin baskın ve geçiş modeller merkezli, 5 ve 72 numaralı öğrencilerin geçiş ve teorik modeller merkezli ve 19 numaralı öğrencinin geçiş ve ilkel model merkezli yapıda DM'ye geçiş yaptıkları dikkat çekmektedir. Buna göre sadece 19 ve 52 numaralı öğrencilere ait son genel zihinsel modellerin ilkel model merkezli bir dağılımı içerdiği dikkat çekmektedir. Buradan bu iki öğrencinin genel zihinsel model değişiminin olumlu ancak yetersiz olduğu söylenebilir. Buna karşın diğer 18 öğrencinin genel zihinsel model değişiminin olumlu yönde geliştiği ifade edilebilir.

Ön Genel Zihinsel Modeli İNAM veya DM Olan Öğrencilerdeki Değişimin Tartışılması

Ön genel zihinsel modelleri İNAM olan 2 öğrencinin son genel zihinsel modellerinin dağınık model (bkz. Şekil 28) olacak şekilde değişim gösterdikleri belirlenmiştir. Şekil 28 incelendiğinde 27 numaralı öğrencinin bilimsel model merkezli ve 56 numaralı öğrencinin temel model merkezli bir yapıda DM'ye geçiş yaptıkları görülmektedir. Buradan hareketle öğrencilerin genel zihinsel modelleri değişiminin olumlu yönde geliştiği ancak istenen seviyede olmadığı ifade edilebilir.

Ön genel zihinsel modeli DM olan 44 numaralı öğrencinin son genel zihinsel modelinin yine DM (bkz. Şekil 29) olduğu belirlenmiştir. Ön zihinsel modeli uyumsuz ve ilkel modeller merkezli bir yapıda dağılım gösteren öğrencinin son genel zihinsel modelinin geçiş model merkezli bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Buradan hareketle öğrencinin alt zihinsel modellerinin olumlu geliştiği ancak istenilen nitelikte olmadığı söylenebilir.

Ön ve son genel zihinsel modeller arasındaki değişime dair yukarıda yapılan tartışmalar birlikte ele alındığında MOMBI temelinde tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin enerji kavramına ilişkin zihinsel modellerinin bilimsel nitelik kazandırılmasında etkili olduğu söylenebilir. Ancak uygulamalar sonucunda öğrencilerin tüm alt konulardaki zihinsel modellerinde gerilemenin olmaması (ESİ konusunda 46 numaralı öğrenci hariç) buna karşın çoğunluğunda olumlu gelişmenin olması tasarlanan öğrenme ortamının etkili olduğu görüşünü ortaya koymaktadır (bkz. Şekil 22-29). Öğrencilerin alt konu alanlarına ilişkin zihinsel modellerindeki olumlu gelişim enerji konusuyla ilgili genel zihinsel modellerin geliştiğini göstermektedir. Buradan öğrencilerde öğrenmenin gerçekleştiği söylenebilir. Duit ve Glynn (1996), Hanke (2008) ve Hanke ve Huber (2010) tarafından bilimsel olmayan zihinsel modellerin bilimsel olacak şekilde yapılandırılmasının öğrenmenin gerçekleştiği şeklinde tanımlanması, tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin öğrenmesi üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu göstermektedir.

4.3. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Alternatif Fikirleri Üzerindeki Etkisi

Bu başlık altında araştırmanın 3. ve 4. alt problemlerine dair elde edilen bulgulara yönelik tartışmaya yer verilmiştir. Buna göre tartışmalar MTÖ yaklaşımına göre geliştirilen öğrenme ortamının öğrencilerin alternatif fikirlerini gidermesi ve alternatif fikirler geliştirmesi temelinde iki ayrı başlıkta ele alınmıştır.

4.3.1. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Alternatif Fikirlerini Gidermesine Yönelik Tartışma

Araştırmanın 3. alt problemi olan ‘MTÖ yaklaşımına göre geliştirilen öğrenme ortamının öğrencilerin alternatif fikirlerin giderilmesi üzerine nasıl bir etkisi vardır’ problemine yönelik tartışmaya bu başlık altında yer verilmiştir. Öğrencilerin öğretim süreci öncesinde

belirlenen alternatif fikirleri enerji kavramının alt konu alanları temelinde sırasıyla sunulmuş ve bu alternatif fikirlerin giderilmesinde öğrenme ortamının etkileri tartışılmıştır.

4.3.1.1. EİK ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK ile ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirler ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Buradan hareketle öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları kapsamında belirlenen alternatif fikirlerin giderilmesi ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

EİK Teorik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 32’de sunulmuştur. Burada ön sınav analiz sonuçlarına göre öğrenci alternatif fikirlerinin enerjiyi tanımlama (29 öğrenci), ilişkili diğer kavramlardan ayırt etme (24 öğrenci) ve ilişkilendirme (2 öğrenci) noktasında olduğu görülmektedir. Tablo 32’de öğrencilerin öğretim süreci öncesinde enerjiyi tanımlamayla ilgili 15 farklı alternatif fikre sahip olduğu görülmektedir. Solomon (1992) enerjiye dair günlük konuşma dilinde kullanımları açıklamak üzere 'cisimsel olmayan kimlik (An immaterial agency)' ifadesini önermektedir. Trumper (1990a, 1990b, 1991, 1993, 1996, 1998) ise çeşitli yıllarda gerçekleştirdiği çalışmalarda öğrencilerin enerjiyi bir şey yapabilmek için ihtiyaç duyulan ve bir süreç veya durumun ürünü olarak kullandıklarını vurgulamaktadır. Enerjiye cisimsel olmayan kimlik verme görüşünün temellerinin Aristoteles’e dayandığı düşünülmektedir. Aristoteles enerji kavramına ‘aktivite, işlem, kuvvet, dinçlik’ anlamlarını yüklemekte ve bu günümüz konuşma dilinde kullanılan anlamla örtüşmektedir (Martinas, 2005; Millar, 2005). Bu çalışmalardan hareketle enerjinin somutlaştırması anlamını taşıyan alternatif fikirler 'enerjiye cisimsel kimlik verme' (5, 7, 9, 13 ve 14 numaralı maddeler, bkz. Tablo 32) ve enerjiye aktivite, işlem, kuvvet, dinçlik anlamları yükleyen alternatif fikirler 'enerjiye işlevsel kimlik verme' (1-4, 6, 8, 10-12 ve 15 numaralı maddeler, bkz. Tablo 32) kategorilerinde sınıflanmanın mümkün olduğu düşünülmektedir. Trumper’ın çalışmalarından hareketle, çalışma kapsamında 'cisimsel olmayan kimlik' ifadesi yerine 'işlevsel kimlik verme' ifadesi kullanılmıştır. Ön başarı sınavı sonuçlarına göre cisimsel kimlik kategorisinde 5 öğrenci (% 6,8) sınıflandırılmıştır. İşlevsel kimlik kategorisi

enerjinin bir olayın nedeni veya sonucu olma durumlarına göre iki alt kategoriye daha ayrılmıştır. 'Nedensel kimlik' (1, 3, 6, 10, 11 ve numaralı maddeler, bkz. Tablo 32) kategorisinde 16 öğrenci (% 23,3), 'sonuçsal kimlik' (2, 4, 8, 12 ve 15 numaralı maddeler, bkz. Tablo 32) kategorisinde 8 öğrenci (% 10,9) sınıflandırılmıştır. Son başarı sınavı sonuçlarına göreyse hiçbir öğrenci bu sınıflandırmalar kapsamında değerlendirilmemiştir. Buna göre öğretim süreci öncesinde öğrencilerin enerji kavramını geçmişte kullandığı şekliyle bilimsel olmayan metafor şeklinde kullandığı anlaşılmaktadır. Buradan MOMBI temelinde gerçekleştirilen öğretim uygulamalarının öğrencilerin enerjiyi tanımlamayla ilgili Aristoteles'e dayanan görüşlerini değiştirmede etkin bir rol oynadığı söylenebilir. Tablo 32'den ayrıca ön başarı sınavı sonuçlarına göre öğrencilerin enerji, güç ve iş kavramlarını birbirinden ayırt etmeyle ilgili alternatif fikirleri olduğu görülmektedir. 18 öğrencinin (% 24,7) özellikle enerji ve güç kavramlarını birbirinin yerine kullandıkları dikkat çekmektedir. 4 öğrencinin enerji ile işi, 2 öğrencinin enerji ile kuvveti eşdeğer algıladığı görülmektedir. Bir öğrencinin de enerjinin sıcaklığa dönüşebileceği görüşüne sahip olduğu belirlenmiştir. Son başarı sınavı sonuçlarına göre ise 2 öğrencinin (% 2,9) enerji ve kuvvet kavramlarını birbirinden ayırt etmeyle ilgili alternatif fikirleri olduğu belirlenmiştir. Buradan hareketle öğretim süreci sonunda öğrencilerin EİK'yı birbirinden ayırt etme ve birbirleriyle ilişkilendirme noktasında öğrencilerin algılamalarını bilimsel olacak şekilde geliştirdiği söylenebilir. Öğrencilerin EİK ile ilgili teorik anlama durumlarıyla ilgili başarı sınavı sorularına benzer nitelikte sorular klinik mülakatlarda da sorulmuştur. Bu anlamda öğrencilere 1a mülakat sorusu ve alt soruları yöneltilmiştir. Klinik mülakatlar kapsamında elde edilen bulgular başarı sınavından elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Ön mülakat verilerinin analizi sonucunda enerji kavramıyla ilgili belirlenen alternatif öğrenci fikirleri (I) bir şeyi yapmak için gerekli olan kuvvet, (II) bir işi yapmak için gereken motivasyon, (III) sahip olunan güç ve (IV) sahip olunan ham madde şeklindedir (bkz. Tablo 93). Bu alternatif fikirler başarı sınavında belirlenen alternatif fikirlerle ve cisimsel kimlik (4 numaralı madde) ile işlevsel kimlik (1, 2 ve 3 numaralı maddeler) sınıflandırmasıyla örtüşmektedir. Son mülakatta ise hiçbir öğrencinin alternatif fikir içeren cevap vermediği, enerjinin özellikleri temelinde açıklamalar yaptıkları belirlenmiştir. Buna göre enerjinin gerçekte ne olduğunun belli olmaması (tanımlanamaması), maddeyi değiştiren ve hareketlendiren olması ve nicel değerinin korunması özellikleri öğrencilerin en çok dile getirdiği özelliklerdir (bkz. Tablo 93). Enerji kavramıyla ilgili devam sorusu niteliğinde sorulan 'Enerji sadece canlılara mı özgüdür?' ve

‘Enerji somut mudur? Gözle görülebilir midir?’ alt sorularını cevaplamada öğrencilerin genel anlamda başarılı olduğu görülürken tespit edilen alternatif fikirler ‘Enerji gözle görülebilir.’ ve ‘Enerji maddenin atom gibi bir bileşenidir.’ şeklindedir. İki öğrencininse enerjinin sadece canlılara özgü olup olmadığı konusunda emin olmadıkları belirlenmiştir. Bu sorularla ilgili olarak son mülakatta hiçbir öğrencinin alternatif fikir içeren cevap vermediği tespit edilmiştir (bkz. Tablo 93). Enerji kavramıyla ilgili devam niteliğinde sorulan bir başka alt soruysa ‘İş yapabilme yeteneği ne demek? Açıklar mısınız?’ şeklindedir. Ön mülakata göre bazı öğrencilerin ‘bir olayı gerçekleştirme’, ‘iş yapma’, ‘doğadaki kaynaklardan faydalanmak için kullanılan yöntem ve metotların bütünü’, ‘enerji harcama’ ve ‘enerjinin tanımı’ cevaplarını verdiği, diğerlerinin soruyu cevapsız bıraktıkları belirlenmiştir. Buradan öğretim süreci öncesinde öğrencilerin ‘iş yapabilme yeteneğinin’ anlamı konusunda ortak bir noktada birleşemediğini ve öğrencilerin önemli bir bölümünün bir açıklama getiremediği anlaşılmaktadır. Buna karşın son mülakatlarda öğrencilerin ‘enerjinin tanımı’ ve ‘harcanabilmesi-aktarılabilmesi’ cevaplarında yoğunlaştıkları ve sadece üç öğrencinin soruyu cevapsız bıraktığı tespit edilmiştir (bkz. Tablo 93). Öğrencilere klinik mülakatlarda yöneltilen 1b mülakat sorularına dair elde edilen verilerin analizi sürecinde de güç, iş, ısı ve kuvvet kavramlarıyla enerji kavramını karıştırma (ayırt etme, birbirinin yerine kullanmama) durumları incelenmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 94-97’de görülmektedir. Buna göre ön klinik mülakatlarda iki öğrencinin güç kavramıyla enerji kavramını karıştırdıkları belirlenmiştir (bkz. Tablo 94). Bu öğrencilerin gücü “hareket ettirmek için gerekli olan enerji” şeklinde ifadeleri dikkat çekmiştir. Son klinik mülakatlarda bu iki öğrencinin güç ile ilgili algılarının “enerji aktarım hızı” ve “birim zamanda yapılan iş” olacak şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan ön klinik mülakatlarda gücü açıklamaktan kaçınan bir öğrencinin son klinik mülakatta güç ve enerji kavramlarını birbirinin yerine kullandıkları tespit edilmiştir (bkz. Tablo 94).

EİK ile ilgili alternatif fikirlerin giderilmesine yönelik elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde MOMBI temelinde tasarlanan öğrenme ortamının ve bu süreçte kullanılan çoklu sunumların etkili olduğu düşünülmektedir. Öğretim süreci öncesi için belirlenen alternatif fikirlerle Watts (1983), Ünal Çoban vd. (2007), Duit (1984), Driver ve Warrington (1985), Trumper (1993, 1996, 1997a, 1997b, 1998), Küçük vd. (2005), Papadouris vd. (2004), Kurnaz (2007), Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009), Sağlam Arslan ve Kurnaz (2009), Sağlam Arslan (2009) (bkz. Tablo 6) gibi araştırmacılar tarafından

bildirilen alternatif fikirlerin örtüşmesi ve bunların çalışma kapsamında giderilmesi öğrenme ortamının etkililiğini desteklemektedir.

EİK Pratik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen bulgular Tablo 36'da sunulmuştur. Buna göre ön başarı sınavı verilerinin analizi sonucunda iş kavramıyla ilgili belirlenen alternatif öğrenci fikirleri (I) 'hareketin yönü işin işaretini gösterir', (II) 'iş yer değiştirme ve zamanın çarpımıyla doğru orantılıdır' ve (III) 'iş kuvvete paralel olmamalıdır' şeklindedir. Görüldüğü gibi ön başarı sınavında bazı öğrenciler iş kavramıyla ilgili 3 farklı alternatif fikir belirtmişlerdir. Bu alternatif fikirler arasında dikkati çeken nokta 33 öğrencinin (%48,5) özellikle 'işin işaretiyle hareketin yönünü' algılamış olmalarıdır. Aslında bir cisim üzerine veya cisim tarafından yapılan işin işareti onun enerji kazandığını veya kaybettiğini göstermektedir. Öğrencilerin öğretim süreci öncesinde özellikle bu yanılgıya düşmelerindeki temel nedenin enerji ve iş kavramları arasında enerji aktarımı noktasında bir ilişki kuramamaları olduğu düşünülmektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde öğrencilerin çoğunluğunun yapılan işin aslında bir enerji aktarımını ifade ettiğini bilmedikleri söylenebilir. Diğer taraftan son başarı sınavında sadece 2 öğrencide bu alternatif fikrin görülmüş olması ve yukarıda belirtilen diğer iki alternatif fikirlerin de giderilmiş olması nedenleriyle öğrenme ortamının bu noktada etkin olduğu söylenebilir. Tablo 98 incelendiğinde klinik mülakatlardan elde edilen bulguların da başarı sınavından elde edilen bulguları desteklediği görülmektedir. Buna göre öğrencilerin ön klinik mülakatlarda iş kavramını günlük hayattaki anlamıyla 'kaldırma ve koyma' şeklinde ifade ettiği buna karşın son klinik mülakatlarda bu düşüncenin giderildiği dikkat çekmektedir. Ön başarı sınavında ısı kavramıyla ilgili sorunun öğrencilerin çoğunluğu (%73,5) tarafından cevapsız bırakılmakla beraber iki öğrencinin sahip olduğu alternatif fikirler (I) 'enerji geçişi kıvılcım atarak yani ısınarak gerçekleşir' ve (II) 'sürtünmeli zeminde enerji geçişi olmaz; ısı açığa çıkar' şeklindedir. Öğretim süreci sonunda öğrencilerde ısı kavramıyla ilişkili herhangi bir alternatif fikre rastlanmamış olmasının öğrenme ortamının etkililiğini yansıttığı düşünülmektedir. Ön başarı sınavında güç kavramıyla ilgili belirlenen alternatif öğrenci fikirleri (I) 'daha çok iş yapan daha güçlüdür', (II) 'ağır yük taşıyan daha güçlüdür', 'güç yol ve zamanın çarpımıyla doğru orantılıdır', 'çabuk tırmanan daha çok enerji harcar' ve 'hızlı tırmanma enerji aktarımının daha fazla olduğunu gösterir' şeklindedir. Belirlenen alternatif fikirler

incelendiğinde bazı öğrencilerin öğretim süreci öncesinde güç ve enerji aktarımı arasındaki ilişkiyi kuramadıkları söylenebilir. Klinik mülakatlardan elde edilen bulguların da başarı sınavından elde edilen bulguları desteklediği görülmektedir. Bu anlamda Tablo 98 incelendiğinde öğrencilerin son klinik mülakatlarda ön klinik mülakatlara göre daha başarılı oldukları dikkat çekmektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde bu öğrencilerin çoğunluğunun gücün aslında enerji aktarım hızını ifade ettiğini bilmedikleri açıktır. Öğrencilerin öğretim süreci öncesinde bu tür fikirlere sahip olması gücün günlük hayatta sıklıkla (fizikteki anlamından uzak olarak) kullanılan bir kelime olması ve/veya pek çok ders kitabında birim zamanda yapılan iş olarak tanımlanmasının neden olduğu düşünülmektedir. Daha açık bir ifadeyle gücün iş kavramıyla ilişkilendirilirken enerji kavramıyla ilişkilendirmeden tanımlanması öğrencileri alternatif fikirlere yöneltmiş olabilir. Nitekim bu çalışma kapsamında uygulanan öğrenme ortamında gücün birim zamanda yapılan iş tanımlanmasının yanı sıra enerji aktarım hızı olarak da tanımlanması ve son başarı sınavında belirlenen alternatif fikirlerin giderilmiş olması yukarıda belirtilen düşünceyi desteklemektedir. Nowikow vd. (2001), Heimbecker vd. (2002) ve Knight (2008) tarafından üniversite seviyesinde benzer nitelikte yaklaşımların vurgulanması öğrenme ortamının kullanımını doğrulamaktadır.

4.3.1.2. ET ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET ile ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Buradan hareketle öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları kapsamında belirlenen alternatif fikirlerin giderilmesi ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

ET Teorik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 41’de sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde 26 öğrencinin (% 38,2) toplam 22 farklı alternatif fikirlerinin olduğu görülmektedir. Öğrenci alternatif fikirlerinin (I) potansiyel enerji türüyle, (II) kinetik enerji türüyle ve (III) diğerleri kategorisiyle ilgili olanlar şeklinde sınıflandırılabilceği düşünülmektedir. Buna göre öğrencilerin I. kategoride 5 (1, 2, 5-7 numaralı maddeler), II. kategoride 4 (4, 9-11

numaralı maddeler) ve III. kategoride 13 (3, 8 ve 12-22 numaralı maddeler) farklı alternatif fikre sahip oldukları anlaşılmaktadır (bkz. Tablo 41). I ve II. kategoride sınıflandırılan alternatif fikirler incelendiğinde bunların kinetik ve potansiyel enerjiyi tanımlayamamaya ilgili olduğu görülmektedir. III. kategoride sınıflandırılan alternatif fikirlerse gerçekte bir enerji çeşidi olmayan ısı, ışık ve rüzgâr enerji çeşitleriyle ve doğru bilgiler içermeyen elektrik, mekanik ve kimyasal enerji çeşitleriyle ilgilidir. Tüm enerji çeşitlerinin kinetik ve potansiyel enerji türleri altında toplandığı düşünüldüğünde III. kategoride sınıflandırılan alternatif fikirlerin I ve II. kategorileri destekler nitelikte olduğu açıktır. Öğrenciler tarafından belirtilen enerji çeşitleriyle ilgili olarak Tablo 40'da sunulan sınıflamalar dikkate alındığında I, II ve III. kategori için sunulan bulgular önem kazanmaktadır. Öğretim süreci sonrasında 6 öğrencinin (%8,8) enerji türleriyle ilgili toplam 7 farklı alternatif fikirlerinin olduğu görülmektedir. Öğrencilerin potansiyel enerji türü kategorisinde 2 (26 ve 27 numaralı maddeler) ve diğerleri kategorisinde 5 (23-25, 28 ve 29 numaralı maddeler) farklı alternatif fikre sahip oldukları dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 41). Burada III. kategoride sınıflandırılan alternatif fikirler yine gerçekte bilimsel olmayan enerji çeşitleriyle ilgilidir. Benzer nitelikte bulguların ön ve son klinik mülakatlardan elde edilen bulguların karşılaştırılmasında da ortaya çıktığı görülmektedir. Ön klinik mülakatlarda öğrencilerin gerçekte enerji çeşidi olmayan enerji çeşitlerinden bahsettikleri ve enerji çeşitleriyle ilgili bilimsel olmayan sınıflamalar yaptıkları buna karşın son klinik mülakatlarda doğru enerji çeşitlerinden bahsettikleri ve sınıflandırdıkları tespit edilmiştir (bkz. Tablo 100). Öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirlerin ve bunlara sahip öğrencilerin sayıları dikkate alındığında öğrenme ortamının öğrencilerin enerji türleri teorik anlamalarıyla ilgili alternatif fikirlerini gidermede etkili olduğu söylenebilir. Öğretim süreci öncesi için belirlenen alternatif fikirlerle, Ünal Çoban, vd. (2007), Kurnaz (2007), Boylan (2008), Hırça vd. (2008), Kurnaz ve Sağlam Arslan (2009) (bkz. Tablo 6) gibi araştırmacılar tarafından bildirilen alternatif fikirlerin örtüşmesi ve bunların çalışma kapsamında giderilmesi öğrenme ortamının etkililiğini desteklemektedir.

EİK Pratik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen bulgular Tablo 45'de sunulmuştur. Burada tüm öğrencilerin öğretim süreci öncesinde enerji türlerini kullanmayla ilgili çeşitli alternatif fikirlerinin olduğu görülmektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde en çok dikkat çeken alternatif fikirler öğrencilerin cisimlerin

termal (iç) enerjiye sahip olmadığını, yerçekimi potansiyel enerjisini potansiyel enerjisi olarak genellemeleri ve yerçekimi potansiyel enerjisi ile ilgili olarak referans noktasının önemli olmadığını düşünmeleridir. Öğretim süreci sonundaysa 10 öğrenci hariç tüm öğrencilerin öğretim öncesinde belirlenen alternatif fikirlerinin giderildiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 45). Tablo 45'den 10 öğrenciden 2'sinin durgun suyun kinetik enerjisi olduğuyla ilgili diğer 8'inin referans noktasını dikkate almamaya ilgili alternatif fikirlerinin olduğu görülmektedir. Benzer nitelikte bulguların ön ve son klinik mülakatlardan elde edilen bulguların karşılaştırılmasında da ortaya çıktığı görülmektedir. Klinik mülakatlarda öğrencilerden verilen görsellerdeki (2, 3 ve 4. sorular kapsamında) enerji çeşitlerini belirlemeleri istenmiştir. Ön klinik mülakatlarda bazı öğrencilerin bilimsel olmayan enerji çeşitlerinden (ısı enerjisi, tanecik enerjisi) söz ettikleri ve bazı öğrencilerin ısıyı termal enerji olarak algıladıkları belirlenmiştir (bkz. Tablo 101-103). Son klinik mülakatlarda 35 numaralı öğrenci hariç tamamının öğretim öncesi sahip oldukları alternatif fikirler giderilmiştir (bkz. Tablo 101-103). 35 numaralı öğrencide ortaya çıkan başarısızlığın nedeninin öğrencinin öğretim sürecine yeterince katılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir (bkz. CD'de Ek-13). Öğretim süreci öncesi ve sonrası için belirlenen alternatif fikirler karşılaştırıldığında öğrenme ortamının öğrencilerin ET pratik anlamalarıyla ilgili alternatif fikirlerini gidermede etkili olduğu söylenebilir. Öğretim süreci öncesi için belirlenen alternatif fikirlerin Ünal Çoban, vd. (2007), Kurnaz (2007), Boylan (2008), Hırça vd. (2008), Tekbıyık (2010), Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011) tarafından da belirlenmiş olması ve bunların çalışma kapsamında giderilmesi öğrenme ortamının etkililiğini desteklemektedir.

4.3.1.3. ESİ ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ESİ ile ilgili anlama seviyeleri belirleme sürecinde tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri, ilgili başlık altında oluşturulan tabloda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Öğrencilerin ESİ teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 50'de verilmiştir. Burada öğretim süreci öncesinde 16 öğrencinin (% 23,5) bir sistemin/cismin sahip olduğu enerjiyle ilgili toplam 11 farklı alternatif fikirlerinin olduğu görülmektedir. Öğrenci alternatif fikirleri incelendiğinde öğretim süreci öncesinde öğrencilerin çoğunlukla iş yapılabildiği (günlük hayattaki anlamıyla) takdirde enerjiden söz edilebileceğine

inandıkları anlaşılmaktadır. Bunun yanısıra enerjiden söz edebilmek için bazı öğrenciler hareketin olması, bazıları kuvvetin etki etmesi gerektiğine inanmaktadırlar. Öğretim süreci sonrası için elde edilen bulgularda öğretim süreci öncesi için belirlenen öğrenci alternatif fikirlerinin tamamen giderildiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 50). Benzer nitelikte bulguların ön ve son klinik mülakatlardan elde edilen bulguların karşılaştırılmasında da ortaya çıktığı görülmektedir. Buna göre öğrencilerin son klinik mülakatlarda ön klinik mülakatlardan daha nitelikli cevaplar belirttikleri dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 104). Öğretim öncesi ve sonrası için belirlenen alternatif fikirler karşılaştırıldığında öğrenme ortamının öğrencilerin ESİ teorik anlamalarıyla ilgili alternatif fikirlerini gidermede etkili olduğu söylenebilir. Bu anlamda öğretim süreci öncesinde belirlenen alternatif fikirler ile Tablo 6’da sunulan bazı çalışmalarda (örn. Watts, 1983; Trumper, 1996, 1997a, 1997b, 1998; Watts, 1983; Papadouris vd., 2004; Ünal Çoban vd., 2007; Boylan, 2008; Hırça vd. 2008) görülen alternatif fikirlerle paralellik göstermesi ve bunların çalışma kapsamında giderilmesi öğrenme ortamının etkililiği desteklemektedir.

4.3.1.4. EA ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtabilecek şekilde sunulmuştur. Buradan hareketle öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları kapsamında belirlenen alternatif fikirlerin giderilmesi ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

EA Teorik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 60’da sunulmuştur. Burada öğretim öncesinde (I) aktarım yönünün önemini bilme-açıklamayla ilgili 10 öğrencinin (%14,7), (II) aktarım sürecini açıklamayla ilgili 6 öğrencinin (%8,8) ve (III) aktarımla ilişkili temel kavramları (iş, ısı ve güç) açıklamayla ilgili 54 öğrencinin (%79,4) alternatif fikirleri olduğu belirlenmiştir. Aktarım yönünün önemini bilme-açıklamayla ilgili öğrenci alternatif fikirlerinin işin işaretinin anlamını konusunda yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Buna göre öğrenciler işin işaretiyle hareketin x-eksenine göre pozitif veya negatif yönünde olup olmadığına karar vermektedirler. Bu durumun nedeninin üniversite seviyesine gelinceye kadar olan öğretim

sürecinde iş kavramının enerji aktarımıyla ilişkilendirmesinin yapılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu anlamda yeni fizik dersi öğretim programında iş ile enerji aktarımı arasında bir ilişkilendirmenin yapılmadığı da dikkat çekmektedir (bkz. MEB, 2007). Enerji aktarım sürecini açıklamayla ilgili öğrenci alternatif fikirlerinin sürtünme kavramı noktasında yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Buna göre öğretim süreci öncesinde öğrencilerin enerji aktarım sürecinde sürtünmenin rolünü doğru anlamlandırmadıkları görülmektedir. Bu durumun temel nedeninin üniversite seviyesine gelinceye kadar olan öğretim sürecinde öğrencilere enerjinin bir cisim/sistemden diğerine aktarılabilmesi bilgisinin verilmesine karşın bunun nasıl gerçekleştiğine yönelik bilgi verilmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (bkz. MEB, 2007). Bu düşüncenin klinik mülakatların birinci sorusu kapsamında sorulan 'enerji aktarımı nasıl gerçekleşir' sorusu için elde edilen bulgularla örtüştüğü belirlenmiştir. Buna göre öğrencilerin ön klinik mülakatlarda enerji aktarımının nasıl gerçekleştiğiyle ilgili 'titreşim yoluyla aktarılır', 'eylemsizlik nedeniyle aktarılır', 'dokunmayla aktarılır' şeklinde alternatif fikirlerinin olduğu buna karşın son klinik mülakatlarda 10 numaralı öğrenci hariç tüm öğrencilerin alternatif fikirlerinin giderildiği dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 108). 10 numaralı öğrenci de olumlu değişimin gerçekleşmemesinin nedeninin öğrenci devamsızlığı olduğu düşünülmektedir (bkz. CD'de Ek-13). Aktarımla ilişkili temel kavramları açıklama noktasında 33 öğrencinin (%48,5) iş, 19 öğrencinin (%27,9) ısı ve 33 öğrencinin (%48,5) güç kavramıyla ilgili öğretim süreci öncesinde alternatif fikirleri olduğu belirlenmiştir. İş kavramıyla ilgili alternatif fikirler incelendiğinde büyük bir çoğunluğunun günlük konuşma dilindeki anlamıyla ve kuvvet, enerji ve güç kavramıyla eş anlamlı kullanmayla ilgili olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 60). Güç kavramıyla ilgili alternatif fikirler incelendiğinde ise enerji ve kuvvet kavramlarıyla karıştırıldığı anlaşılmaktadır (bkz. Tablo 60). Isı kavramıyla ilgili alternatif fikirler incelendiğinde bunların genellikle ısının sıcaklık kavramıyla karıştırılması ve termal enerji olarak algılanması temelinde olduğu anlaşılmaktadır (bkz. Tablo 60). Öğrencilerin özellikle ön başarı sınavı doğrultusunda belirlenen alternatif fikirlerinin içinde buldukları çevresel şartlardan kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Bu durumun Yuenyong vd. (2008) tarafından enerji konularının algılanmasıyla ilgili olarak kültürel farklılıkların karşılaştırılması konulu çalışmada desteklendiği dikkat çekmektedir. Ayrıca ısı kavramının bir sistemin termal enerjisi olarak algılanmasının öğrencilerde var olduğu sıklıkla dile getirilen kavram yanılgılarından biri olması da elde edilen bulguları doğrular niteliktedir (Değirmençay,

2010). Öğretim süreci öncesi için yukarı belirtilen tüm alternatif fikirlerin öğretim süreci sonunda 5 öğrenci (10, 30, 31, 35, 44 ve 56 numaralı öğrenciler) hariç olmak üzere tüm öğrencilerde giderilmiş olması tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin enerji aktarımı teorik anlama durumlarıyla ilgili alternatif fikirlerinin giderilmesinde önemli bir zemin oluşturduğu söylenebilir. Alternatif fikirleri değişmeyen öğrenciler arasından 10, 30 ve 35 numaralı öğrencilerin yalnız 4 ve 56 numaralı öğrencinin altı derse katılmış olmalarının başarısızlıktaki temel neden olduğu düşünülmektedir. Benzer nitelikte bulgular klinik mülakatların birinci sorusu kapsamında sorulan 1b mülakat sorusundan da elde edilmiştir (bkz. Tablo 108). Ön klinik mülakatlarda bazı öğrencilerin enerji aktarımıyla güç kavramı arasında bir ilişki olmadığı yönünde alternatif fikirlere sahip olduğu ve bazılarının ‘aktarımı sağlamak için güce ihtiyaç var’, ‘güç harcanarak enerji aktarılır’ alternatif fikirlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Enerji aktarımıyla iş arasındaki ilişkiyle ilgili olarak bir öğrencinin ‘işle enerji aynı’ alternatif fikrine sahip olduğu ve enerji aktarımıyla ısı arasındaki ilişkiyle ilgili olarak bazı öğrencilerin ‘aktarım sırasında ısı açığa çıkar’, ‘ısı bir enerji çeşidi’ ve ‘aktarım sırasında ısı harcanır’ alternatif fikirlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Buna karşın son klinik mülakatlarda ön klinik mülakatlarda rastlanan alternatif fikirlerin tamamen giderildiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 108). Özetle, öğretim öncesi ve sonrası için belirlenen alternatif fikirler karşılaştırıldığında öğrenme ortamının öğrencilerin EA teorik anlamalarıyla ilgili alternatif fikirlerini gidermede etkili olduğu söylenebilir.

EA Pratik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 64’de sunulmuştur. Burada öğretim öncesinde aktarılan enerjiyi hesaplamayla ilgili 6 öğrencinin (%8,8), enerji aktarımını yorumlamayla ilgili 16 öğrencinin (%23,5), makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlamayla ilgili 2 öğrencinin (%2,9) ve enerji aktarım hızını yorumlamayla ilgili 21 öğrencinin (%30,9) alternatif fikirleri olduğu belirlenmiştir. Tablo 64’de, aktarılan enerjiyi hesaplamayla ilgili olarak ön başarı sınavında bazı öğrencilerin yaptıkları açıklamalar kapsamında ve bazılarının kullandıkları formüllerle ilgili olarak alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği görülmektedir. Tablodan aynı zamanda bu alternatif fikirlerin son başarı sınavı doğrultusunda elde edilen bulgularda giderildiği de anlaşılmaktadır. Benzer şekilde enerji aktarımını yorumlamayla ilgili olarak öğretim süreci öncesinde bazı öğrencilerin yapılan

işin yer değiştirmeye bağlı olmadığı, bazılarının zamana bağlı olduğu yönünde alternatif fikirlerinin olduğu ve bunların öğretim süreci sonunda giderildiği tespit edilmiştir (bkz. Tablo 64). Öğretim süreci öncesinde makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlamayla ilgili alternatif fikirlerinse enerjinin ısıya dönüşümüyle ilgili olduğu ve alternatif fikirlerin öğretim süreci sonunda giderildiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 64). Öğretim süreci öncesinde enerji aktarım hızını yorumlamayla ilgili öğrencilerin alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği, bunların gücün günlük konuşma dilindeki anlamıyla kullanılması ve birim zamanda yapılan iş tanımlamasının yanlış algılanmasıyla ilgili olduğu buna karşın öğretim süreci sonrasında alternatif fikirler içeren cevaplara rastlanmadığı tespit edilmiştir (bkz. Tablo 64). Benzer nitelikte bulgular klinik mülakatların ikinci sorusu kapsamında bisikletlinin durma sürecinde iş yapılıp yapılmadığı ve durma sürecinde sürtünme kuvvetinin rolüyle ilgili sorulan sorulara öğrencilerin öğretim süreci öncesinde alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği görülmüştür. Bu anlamda öğrencilerin iş kavramının günlük konuşma dilindeki anlamı taşıdığına yönelik alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği ve sürtünme kuvvetinin 'durduran değil durdurmaya hızlandıran bir etkisi olduğu' ve 'eksi ile artı iyonları oluşturma özelliği olduğu' şeklinde alternatif fikirler içeren cevaplar verdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 109). Özetle, öğretim öncesi ve sonrası için belirlenen alternatif fikirler karşılaştırıldığında öğrenme ortamının öğrencilerin enerji aktarımı pratik anlamalarıyla ilgili alternatif fikirlerini gidermede etkili olduğu söylenebilir. Öğrenme ortamı kapsamında kullanılan çoklu sunum gibi uygulamaların EA ile ilgili olarak kullanılması Zou (2000), Huevelen ve Zou (2001), Nowikow vd. (2001), Heimbecker vd. (2002), Mutimucio (2003), van der Meij'in (2007) ve Knight (2008) tarafından vurgulanması öğrenme ortamını desteklemektedir.

4.3.1.5. EK ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EK ile ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtabilecek şekilde sunulmuştur. Buradan hareketle öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları kapsamında belirlenen alternatif fikirlerin giderilmesi ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

EK Teorik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EK teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 69'da sunulmuştur. Burada öğretim öncesinde enerjinin tanımıyla ilgili 4 öğrencinin (%5,9) ve bir cismin enerjisinin korunumu şartlarıyla ilgili 10 öğrencinin (%14,7) alternatif fikirleri olduğu belirlenmiştir. Öğretim öncesinde verilen enerjinin tanımlamasıyla ilgili alternatif fikir içeren cevaplarda, enerji korunumunun bir cismin kaybettiği enerjiyi kazanması veya cismin içerisinde bulunan enerji değerinin değişmemesi temelinde verildiği belirlenmiştir. Buna göre öğrencilerin enerji korunumunu bir cisim için sınırlandırarak yanlış algıladıkları söylenebilir. Bir cismin enerjisinin korunumu şartlarıyla ilgili alternatif fikirlerin temelinde de enerji korunumunda sürtünmenin rolünün ne olduğunun anlaşılabilmesiyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Elde edilen bu bulgulara karşın öğretim süreci sonunda öğretim süreci öncesi için belirlenen alternatif fikirlerin tamamının giderildiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 69). Tablo 110 incelendiğinde benzer bulguların yapılan klinik mülakatlar kapsamında da elde edildiği görülmektedir. Burada öğretim süreci öncesinde bazı öğrencilerin enerji korunumunu verim kavramıyla ilişkilendirdikleri dikkat çekmektedir. Bazı öğrencilerinde 'bir cismin enerjisinin her şartta korunduğu', 'ortam değişmediği sürece korunduğu', 'laboratuvar ortamında korunduğu' gibi alternatif fikir içeren cevaplar verdiği anlaşılmıştır. Son klinik mülakatlarda bir öğrenci hariç olmak üzere alternatif fikir içeren cevap verilmediği tespit edilmiştir (bkz. Tablo 110). Bu noktada öğretim öncesi ve sonrası için belirlenen alternatif fikirler karşılaştırıldığında öğrenme ortamının öğrencilerin enerji korunumu teorik anlamalarıyla ilgili alternatif fikirlerini gidermede etkili olduğu söylenebilir. Öğretim süreci öncesi için belirlenen alternatif fikirlerin Tablo 6 verilen bazı araştırma sonuçlarıyla örtüşmesi (örn. Watts, 1983; Duit, 1984; Goldring ve Osborne, 1994; Trumper, 1997a, 1997b; Küçük vd., 2005; Hırça vd., 2008) ve bunların çalışma kapsamında giderilmesi öğrenme ortamının etkililiğini desteklemektedir.

EK Pratik Anlama ile İlgili Alternatif Fikirlerin Giderilmesine Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EK pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 73'de sunulmuştur. Burada öğretim öncesinde enerji korunumu belirlemeyle ilgili toplam 18 öğrencinin (%26,5), enerji korunumunu göstermeyle ilgili 6 öğrencinin (%8,8) ve enerji korunumunu dikkate almayla ilgili 16 öğrencinin (%23,5) alternatif fikirleri olduğu belirlenmiştir. Enerji korunumu belirlemeyle ilgili öğretim

öncesinde verilen cevaplarda öğrencilerin alternatif fikirler içeren oldukça farklı nitelikte cevaplar verdikleri dikkat çekmektedir (bkz. Tablo 73). Ancak öğretim süreci öncesinde alternatif fikirler içeren cevaplar veren bu öğrencilerin, öğretim süreci sonunda enerji korunumu belirlemeyle ilgili doğru nitelikli cevaplar verdikleri tespit edilmiştir. Buradan hareketle tasarlanan öğrenme ortamının enerji korunumunu belirlemeyle ilgili alternatif fikirleri gidermede etkili olduğu düşünülebilir. Öğretim süreci öncesinde karşılaştırmalı durumlarda enerjinin korunduğunu gösterme noktasında verilen alternatif fikir içeren cevapların çoğunlukla sürtünmenin enerji korunumundaki yerini dikkate almamaya ilgili olduğu görülmüştür. Öğretim süreci sonrasında öğrencilerin alternatif fikirlerinin giderildiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 73). Buradan hareketle tasarlanan öğrenme ortamının enerji korunumunu göstermeyle ilgili alternatif fikirleri gidermede etkili olduğu söylenebilir. Öğretim süreci öncesinde verilen bir durumda enerji korunumunu dikkate alma noktasında verilen alternatif fikir içeren cevapların düşen cismin ve kapalı kapta sıkıştırılan suyun enerjisinin korunması temelinde olduğu belirlenmiştir. Öğretim süreci sonrasında öğrencilerin alternatif fikirlerinin giderildiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 73). Tablo 111 incelendiğinde benzer bulguların yapılan klinik mülakatlar kapsamında da elde edildiği görülmektedir. Burada öğretim süreci öncesinde bazı öğrencilerin çizdikleri sütun-süreç grafiklerinde ve gerçekleştirdikleri hesaplama işlemlerinde enerji korunumunu dikkate almadıkları dikkat çekmektedir. Buna karşın öğretim süreci sonunda öğrencilerin hem çizdikleri sütun-süreç grafiklerinde hem de gerçekleştirdikleri hesaplamalarda enerji korunumunu dikkate aldıkları belirlenmiştir. Bu noktada öğretim öncesi ve sonrası için belirlenen alternatif fikirler karşılaştırıldığında öğrenme ortamının öğrencilerin enerji korunumu pratik anlamalarıyla ilgili alternatif fikirlerini gidermede etkili olduğu söylenebilir.

4.3.2. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Öğrencilerde Yeni Alternatif Fikirler Geliştirmesine Yönelik Tartışma

Araştırmanın 4. alt problemi olan ‘MTÖ yaklaşımına göre geliştirilen öğrenme ortamı öğrencilerde alternatif fikirlerin gelişmesine neden olmuş mudur’ problemine yönelik tartışmaya bu başlık altında yer verilmiştir. Öğrencilerin öğretim süreci sonrasında belirlenen alternatif fikirleri enerji kavramının alt konu alanları temelinde sırasıyla tartışılmıştır.

4.3.2.1. EİK ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlerle Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK ile ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirler ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Buradan hareketle öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları için öğretim süreci öncesinde görülmeyen ancak öğretim süreci sonunda ortaya çıkarılan alternatif fikirler ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

Öğrencilerde EİK Teorik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlerle Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 32’de sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında 3 öğrencide (30, 35 ve 42 numaralı öğrenciler) varlığı belirlenen 4 alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 32 incelendiğinde bu alternatif fikirlerin enerji ve ilişkili kavramları birbirine karıştırmayla ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Öğretim süreci sonunda bu üç öğrencide daha önce varlığı tespit edilemeyen alternatif fikirlerin ortaya çıkmasının öğrencilerin konuya yeterince odaklanmamış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu öğrencilerin derslere yeterince katılmamasının bu düşüncüyü desteklediği söylenebilir (bkz. CD’de Ek-13).

Öğrencilerde EİK Pratik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlerle Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EİK pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 36’da sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında 2 öğrencide (24 ve 31 numaralı öğrenciler) varlığı belirlenen 2 alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 36 incelendiğinde bu alternatif fikirlerin işin işaretinin, hareketin yönünü gösterdiğini belirtmeleriyle ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu öğrencilerin tüm derslere katıldıkları dikkat çekmektedir. Bu iki öğrencinin tüm dersleri (bkz. CD’de Ek-13) takip etmelerine rağmen ortaya çıkan bu durumun, işin işaretinin anlamıyla ilgili yapılan açıklamalara yeterince dikkat etmemelerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Çünkü öğretim süreci öncesinde pek çok öğrencide varlığı tespit edilen bu alternatif fikrin tüm öğrencilerde giderildiği Tablo 36’da görülmektedir.

4.3.2.2. ET ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlerle Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET ile ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Buradan hareketle, öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları için öğretim süreci öncesinde görülmeyen ancak öğretim süreci sonunda ortaya çıkarılan alternatif fikirler ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

Öğrencilerde ET Teorik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlerle Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 41’de sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında 6 öğrencide (19, 25, 32, 41, 44 ve 55 numaralı öğrenciler) varlığı belirlenen 7 alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 41 incelendiğinde, bu alternatif fikirlerin bilimsel olmayan enerji çeşitleriyle ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Öğretim süreci sonunda bu öğrencilerde öğretim süreci öncesinde varlığı tespit edilmeyen alternatif fikirlerin ortaya çıkmasının öğrencilerin bazı enerji çeşitlerine yeterince odaklanmamış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Öğrencilerin sadece bir enerji çeşidine dair alternatif fikir geliştirmeleri buna karşın diğer enerji çeşitlerinde başarılı olması dikkate alındığında öğretim süreci sonrasında ortaya çıkan alternatif fikirlerin özel bir durum olduğu söylenebilir.

Öğrencilerde ET Pratik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlerle Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ET pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 41’de sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında 44 numaralı öğrencide bir alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 41 incelendiğinde bu alternatif fikrin referans noktasını dikkate almamaya ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu öğrencinin derslerin çoğunluğuna katılmasına rağmen (bkz. CD’de Ek-13) alternatif fikir içeren cevap vermesinin konuyla ilgili yapılan açıklamalara yeterince dikkat etmemesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Çünkü öğretim süreci öncesinde pek çok öğrencide varlığı tespit edilen bu alternatif fikrin de tüm öğrencilerde giderildiği Tablo 41’de görülmektedir.

4.3.2.3. ESİ ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma

Öğrencilerin ESİ ile ilgili anlama seviyeleri belirleme sürecinde tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri ilgili başlık altında oluşturulan Tablo 50’de öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında 3 öğrencide (33, 35 ve 71 numaralı öğrenciler) varlığı belirlenen 3 alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 50 incelendiğinde, bu alternatif fikirlerin ısının cismin/sistemin termal enerjisi olarak algılanmasıyla ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Öğretim süreci sonrasında ortaya çıkan alternatif fikirlerin bu öğrencilere has bir durum olduğu ve öğrencilerin ilgili derslere yeterince katılmamalarından (bkz. CD’de Ek-13) kaynaklandığı söylenebilir.

4.3.2.4. EA ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA ile ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Buradan hareketle öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları için öğretim süreci öncesinde görülmeyen ancak öğretim süreci sonunda ortaya çıkarılan alternatif fikirler ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

Öğrencilerde EA Teorik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 60’da sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında 6 öğrencide (10, 30, 31, 35, 44 ve 56 numaralı öğrenciler) varlığı belirlenen 7 alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 60 incelendiğinde bu alternatif fikirlerin işin işaretinin anlamı ve iş ile güç kavramlarını açıklama noktalarında olduğu anlaşılmaktadır. Öğretim süreci sonunda bu öğrencilerde öğretim süreci öncesinde varlığı tespit edilmeyen alternatif fikirlerin ortaya çıkmasının öğretim materyalinde özellikle işin işaretinin anlamı ile ilgili örnek sayısının azlığından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Öğrencilerin EA Pratik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EA pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 64’de sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında sadece 31 numaralı öğrencide tespit edilmiş bir alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 64 incelendiğinde bu alternatif fikrin toplam işi hesaplamayla ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu öğrencinin derslerin çoğunluğuna katılmasına rağmen alternatif fikir içeren cevap vermesinin öğretim materyalinde toplam işin hesaplanmasıyla ilgili örnek sayısının az olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.3.2.5. EK ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma

Öğrencilerin EK ile ilgili anlama seviyeleri teorik ve pratik anlama seviyeleri temelinde ayrı ayrı belirlenmiş ve bu süreçte tespit edilen öğrenci alternatif fikirleri ilgili başlıklar altında oluşturulan tablolarda öğretim öncesi ve sonrası karşılaştırmasını yansıtacak şekilde sunulmuştu. Buradan hareketle öğrencilerin teorik ve pratik anlama durumları için öğretim süreci öncesinde görülmeyen ancak öğretim süreci sonunda ortaya çıkarılan alternatif fikirler ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

Öğrencilerde EK Teorik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma

Öğrencilerin enerji korunumu teorik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 69’da sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında 1 numaralı öğrencide varlığı belirlenen bir alternatif fikrin olduğu görülmektedir. Tablo 69 incelendiğinde bu alternatif fikrin bir cismin enerjisinin korunum şartlarını bilmeyele ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Öğretim süreci sonunda bu öğrencilerde öğretim süreci öncesinde varlığı tespit edilmeyen alternatif fikirlerin ortaya çıkmasının öğrencinin konuya yönelik yapılan açıklamaları gözden kaçırmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Öğrencilerde EK Pratik Anlama ile İlgili Gelişen Alternatif Fikirlere Yönelik Tartışma

Öğrencilerin enerji korunumu pratik anlama durumlarıyla ilgili öğretim öncesi ve sonrası belirlenen alternatif fikirleri Tablo 73’de sunulmuştur. Burada öğretim süreci öncesinde öğrencilerde tespit edilmeyen ancak öğretim süreci sonrasında sadece 24 ve 63

numaralı öğrencilerde tespit edilmiş alternatif fikirlerin olduğu görülmektedir. Tablo 73 incelendiğinde bu alternatif fikirlerin düşen cismin ve kapalı kaptaki sıkıştırılan suyun enerjisinin korunması temelinde olduğu belirlenmiştir. Aynı alternatif fikirlerin öğretim süreci öncesinde başka öğrencilerde olması ve bunların öğretim süreci sonunda giderilmiş olması nedeniyle, 24 ve 63 numaralı öğrencilerde görülen alternatif fikirlerin konuya yeterince odaklanılmamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Üniversite Seviyesinde Uygulanmasına Yönelik Tartışma

Bu başlık altında araştırmanın beşinci alt problem durumu, “MTÖ yaklaşımı üniversite seviyesinde etkili bir şekilde uygulanabilmekte midir? Uygulamalar sırasında karşılaşılan temel sorunlar nelerdir?” şeklinde olup, araştırmacının gözlemlerinden elde edilen bulgular ışığında tartışılmıştır. Okunabilirliği artırmak adına gerçekleştirilen tartışmalar ‘öğrenme ortamına ilişkin genel değerlendirmeler’ ve ‘öğrenme ortamı uygulamalarına ilişkin değerlendirmeler’ şeklinde ayrı başlıklar altında yapılmıştır.

Öğrenme Ortamına İlişkin Genel Değerlendirmeler

Öğrenme ortamında gerçekleştirilen uygulamalar için yapılan gözlemlerle ilgili olarak söylenebilecek ilk durum uygulamalar sürecinin tamamında öğretim materyalinin tepegöz aracılığıyla da öğrencilere sunulmuş olmasıdır. Bu uygulama öğretim üyesi ve araştırmacının öğretim süreci öncesinde aldığı ortak karardır. Öğretim materyalinin tüm öğrencilere dağıtılmış olmasına karşın tepegöz yoluyla sunulmasındaki amaç öğretim üyesi ile öğrenciyi ortak bir noktada buluşturmadır. Bu yolla, öğretim üyesinin konuları eksiksiz işlemeye özen gösterdiği ve uygulamalar sürecinde öğrencileri öğretim materyaline yönlendirmeyi kolaylıkla yaptığı gözlemlenmiştir. Ayrıca öğrenme ortamında gerçekleştirilen uygulamaların MOMBI öğretim modelinin aşamaları ve belirlenen içerik doğrultusunda yürütüldüğü ve araştırma yönteminin gereği olarak sınavların başarılı bir şekilde uygulandığı gözlemlenmiştir.

Öğrenme Ortamı Uygulamalarına İlişkin Değerlendirmeler

Öğrenme ortamı öğretim uygulamalarının MOMBI öğretim modeli temelinde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine yönelik elde edilen bulgular öğretim modelinin aşamaları sırasında tartışılmıştır.

Tetikleme aşaması kapsamında gerçekleştirilen uygulamalara dair elde edilen bulguların birinci derse ait tetikleme aşaması ve diğer derslere ait tetikleme aşaması olmak üzere iki noktada değerlendirmek mümkündür. İlk derse ait tetikleme aşamasında öğretim üyesinin öğrencilerin konuya karşı ilgilerini artırmak için onlara enerjinin günlük hayattaki yerini sorarak bazı öğrencilerden aldığı cevapları kendi örnekleriyle zenginleştirmek suretiyle öğrencilerin konuya karşı ilgilerini çektiği gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 112). Sonraki derslere ait tetikleme aşamalarının yeni konuyla ilgili dikkat çekme uygulamalarının yanısıra bir önceki derste gerçekleştirilen sınavlarda ortaya çıkan öğrenme eksikliklerini içermesinin öğrencilerin derse odaklanmasını kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 114-119). Öğrencilerin kendi hatalarıyla/eksiklikleriyle karşılaştırılmasının etkinliğine dair benzer bulgular Kurnaz ve Sağlam Arslan (2011) tarafından da dile getirilmektedir. Buna göre öğrencilerin ilk derse oranla diğer derslerde konuya daha çabuk adapte olmalarındaki en belirgin etkenin öğrencilerin kendi öğrenme hatalarıyla/eksiklikleriyle yüzleştirilmeleri olduğu düşünülmektedir. Bu aşamada gerçekleştirilen müdahalelerin öğrencilerin zihinsel modellerini yapılandırmak için tetikleyici/motive edici nitelikte olduğu ve bunların Hanke'nin (2008) çalışmasıyla örtüştüğü görülmektedir.

Aktive etme aşaması kapsamında gerçekleştirilen uygulamaların öğrencilerin mevcut bilgilerini ortaya çıkarmada ya da kendilerini sorgulamada etken olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak üzere hazırlanan tartışma sorularına cevap vermede öğrencilerin oldukça zorlandığı dikkat çekmiştir (bkz. Tablo 112-119). Öğrencilerin zorlanmalarının sebebinin, tartışma sorularının oda sıcaklığı veya at arabası sorularında olduğu gibi basit ama göz ardı edilen bir durumu içermesinden veya bir süreci sorgulamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna göre aktive etme aşamasında zor olmayan ancak kolaylıkla da cevaplanamayan, ön bilgilerini işe koşmaya zorlayan ve sınıf ortamında farklı düşüncelerin ortaya çıkmasına zemin oluşturan nitelikte sorunların sorulması gerektiği söylenebilir. Çünkü zihinsel modeller ön bilgilerle yeni bilgiler entegre olmadan yapılandırılmazlar (Hanke'nin, 2008). Trumper (1990b) öğrencilerin enerji kavramıyla ilgili ön bilgilerindeki eksikliklerin veya alternatif fikirlerin bilimsel öğrenmenin gerçekleşmesini engelleyeceğini belirtmektedir. Enerji kavramıyla ilgili ön bilgilerdeki eksikliklerin veya alternatif fikirlerin oluşturacağını sorunun çözümü olarak Trumper (1991), öğretim faaliyetlerinin öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alarak inşa edilmesi gerektiğini öne sürmektedir. Bu çalışmada aktive etme aşaması kapsamında gerçekleştirilen uygulamaların Trumper sonuç ve önerileriyle örtüştüğü söylenebilir.

Edinimi sağlama aşaması kapsamında gerçekleştirilen uygulamaların öğrencilerin aktive etme aşaması sürecinde işe koşulan ön bilgilerindeki eksikliklerin/alternatif fikirlerin giderilmesi yeni bilgilerle desteklenmesi sürecinin etkin olarak yürütüldüğü gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 112-119). Bu anlamda edinimi sağlama aşamasının Hanke'nin (2008) ve Hanke ve Huber'in (2010) düşüncelerini yansıttığı söylenebilir. Bu süreçte enerjinin iş kavramına dayandırılmadan açıklanma stratejisinin ve çoklu sunum stratejisinin kullanılan sütun-süreç grafiklerinin, grafiklerin, görsellerin, kavram haritalarının, kavram ağlarının, kavramsal değişim metinlerinin, çürütücü metinlerin, anlam çözümleme tablolarının ve diyagramların önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Enerjinin iş kavramına dayandırılmadan açıklanmasının Lemmer ve Lemmer'in (2006) görüşleriyle örtüştüğü ve çoklu sunum stratejisinin anlamlı öğrenmeyi geliştirdiği Scaife ve Rogers (1996), Goldman (2003) ve Ainsworth (2006) görüşleri ile Zou (2000), Huevelen ve Zou (2001), Ainsworth vd. (2002), Mutimuciuo (2003) ve van der Meij'in (2007) bulgularıyla paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Kullanılan sütun-süreç grafiklerinin, grafiklerin, görsellerin, kavram haritalarının, kavram ağlarının, kavramsal değişim metinlerinin, çürütücü metinlerin, anlam çözümleme tablolarının ve diyagramların anlamlı öğrenmeye katkı sağladığı yönündeki bazı araştırmaların bulgularıyla örtüşmektedir (bkz. Nersessian, 1995; Carey, 2000; Liu, 2002; Talib vd., 2005; İpek ve Çalık, 2008; Kurnaz ve Çalık, 2008; Kurnaz, 2009; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2011).

İskelet kurma aşaması kapsamında gerçekleştirilen uygulamalarda öğretim üyesinin öğretim modelinin gereği olarak öğrencilere materyalde yer alan alıştırma sorularını yönelttiği ve öğrenci eksikliklerini tamamlamada rehberlik yaptığı gözlemlenmiştir. Burada öğretim üyesinin zihinsel modellerin doğruluğundan emin olmaya çalışarak yapılandırma sürecini devam ettirdiği tespit edilmiştir (bkz. Tablo 112-119). Bu yaklaşımının Hanke (2008) tarafından verilen uygulama örneğiyle örtüştüğü dikkat çekmektedir. Buradan çalışma kapsamında yürütülen iskelet kurma aşamasının öğretim modeli temelinde gerçekleştirildiği söylenebilir.

Pratik yapma aşaması kapsamında gerçekleştirilen uygulamaların iki safhada gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 112-119). Birinci safhada öğretim materyalindeki 'sorgulayalım anlayalım' başlıkları kapsamındaki bazı soruların öğrencilere sorulması şeklinde gerçekleştirildi. İkinci safhada araştırma yöntemi kapsamında hazırlanan sorular sınav formatında soruldu. Öğretim üyesinin birinci safhada materyaldeki soruların hepsini sormamasının nedeni ikinci safha için zamana ihtiyaç duymasıdır. Bu

durum ilk bakışta MOMBI'nin uygulanması için bir sorun gibi görülse de, pratik yapma aşamasının doğasının öğrencinin, kendi başına yapılandığı zihinsel modeli şematize etmesini gerektirdiğinden sınav soruları da bu kapsamda düşünülebilir. Özetle MTÖ yaklaşımının üniversite seviyesinde etkili bir şekilde uygulanabileceği söylenebilir.

Bu bölümde araştırmadan elde edilen bulgular araştırmanın alt problemlerine paralel olarak tartışılmıştır. Bir sonraki bölümde tartışmalara paralel olarak araştırmadan elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı Temel Fizik I dersi konularından biri olan enerji konusuna yönelik olarak MTÖ yaklaşımı çerçevesinde bir öğrenme ortamının tasarlanıp uygulanması ve etkililiğinin incelenmesi olup elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

5.1. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Anlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi

Araştırmanın 1. alt problemi olan ‘MTÖ yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin anlama seviyeleri üzerine ne tür bir etkisi vardır’ şeklinde olup, elde edilen bulgulara dayalı olarak yapılan tartışmalar ışığında ulaşılan sonuçlar aşağıda sırayla sunulmuştur.

1. Ön başarı sınavında öğrencilerin enerjinin alt konu alanları için belirlenen anlama seviyelerinin oldukça düşük olduğu bulgusu, öğrencilerin üniversiteye enerjinin tüm alt konu alanları için yetersiz bilgilerle gelmesinden kaynaklanıyor olabilir.
2. Araştırmada enerjinin alt konu alanları için ön ve son başarı sınavından elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, öğrencilerin son başarı sınavında öğretilen kavramlara ilişkin daha nitelikli cevaplar verdiği ve anlama seviyelerinin belirgin şekilde arttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, MOMBI modeline göre yürütülen öğretim uygulamalarının öğrencilerin enerjinin alt konu alanlarıyla ilgili anlama seviyelerini geliştirmesinde olumlu katkılar yaptığını göstermektedir. Öğrencilerin anlama seviyelerindeki olumlu değişim, öğretim süreci için benimsenen stratejik yaklaşımın (enerji, iş yapabilme yeteneğidir tanımlamasına dayanmayan) kabullenilmesinden ve kullanılan sunumlar ile diğer disiplinlerle ilişkilendirmelerin etkili olmasından kaynaklanıyor olabilir.
3. EİK alt konu alanı için elde edilen bulguların, öğrenci anlama seviyelerinde olumlu değişimi ortaya koyması, enerjiyle ilişkili kavramları (iş, ısı, güç, kuvvet) ilişkilendirme ve birbirlerinden ayırt etmede, birbirini tamamlayıcı nitelikteki çoklu sunumların etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4. ET alt konu alanıyla ilgili öğretim süreci öncesinde öğrencilerin potansiyel enerji türünün çeşitlerini, termal enerjiyi ve yerçekimi potansiyel enerjisiyle ilgili olarak referans noktası kavramını bilmemelerine karşın, öğretim süreci sonrasında bu konularda başarılı olmaları ve öğrencilerin son başarı sınavında enerji türleri ve çeşitlerine dair algılamalarının ve anlama seviyelerinin belirgin şekilde arttığı bulgusu belirlenen içeriğin ve kullanılan çoklu sunumların olumlu katkı yaptığını gösterebilir.
5. ESİ alt konu alanı için ön ve son başarı sınavından elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, öğrencilerin son başarı sınavındaki anlama seviyelerinin belirgin şekilde arttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgudan hareketle, evrenin genişleme sürecindeki enerji madde etkileşimi ve termal enerjiyle ilgili içeriğin ve öğretim sürecinin tamamında termal enerjinin dikkate alınmasının anlama seviyelerinin geliştirmesinde etkili olduğu sonucu söylenebilir.
6. EA alt konu alanı için ön ve son başarı sınavından elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, öğrencilerin çoğunluğunun son başarı sınavındaki anlama seviyelerinin belirgin şekilde arttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgudan hareketle, makro (iş yoluyla) ve mikro (ısı yoluyla) boyutlarda enerji aktarımını esas alan içeriğin öğrenci algılamalarını geliştirmede olumlu etki yaptığı ifade edilebilir.
7. EA ile ilgili son başarı sınavından elde edilen bulguların öğrencilerin enerji aktarımıyla ilişkili olan iş, ısı ve güç kavramlarına dair algılamalarını arttırdığını göstermesi nedeniyle öğretim sürecinde kullanılan çoklu sunumların bu konunun anlaşılmasında olumlu katkılar yaptığı sonucu ortaya konabilir.
8. EK alt konu alanı için ön ve son başarı sınavından elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, öğrencilerin enerji korunumunu tanımlama ve bir cismin/sistemin enerjisinin hangi şartlarda korunabileceği yönündeki algılamalarının arttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgudan hareketle, EK için belirlenen içeriğin, kullanılan grafiklerin ve sütun-süreç grafiklerinin etkili olduğu sonucu ifade edilebilir.
9. Ön ve son başarı sınavından elde edilen bulgular öğrencilerin gösterim değişimi gerektiren sorulardaki başarı durumları için karşılaştırıldığında, son başarı sınavından elde edilen bulguların öğrenci başarısının belirgin şekilde arttığını göstermesi nedeniyle kullanılan sunumların etkili olduğu sonucu belirtilebilir.

5.2. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Zihinsel Modeller Üzerindeki Etkisi

Araştırmanın 2. alt problemi olan ‘MTÖ yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin zihinsel modelleri üzerine ne tür bir etkisi vardır’ şeklinde olup, elde edilen bulgulara dayalı olarak yapılan tartışmalar ışığında ulaşılan sonuçlar aşağıda sırayla sunulmuştur.

1. Araştırmada enerjinin alt konu alanları için belirlenen ön ve son zihinsel modeller ve alt konuları için belirlenen zihinsel modellerin bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkarılan ön ve son genel zihinsel modeller karşılaştırıldığında, öğrencilerin çoğunluğuna ait son zihinsel modellerin niteliklerinin belirgin ve olumlu şekilde gelişim gösterdiği bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgudan hareketle, MOMBI modeli çerçevesinde yürütülen öğretim uygulamalarının öğrencilerin ilgili zihinsel modellerini yapılandırmada etkili olduğu sonucu ifade edilebilir.
2. Ön ve son zihinsel model karşılaştırması sürecinde belirlenen, öğrencilerin öğretim süreci öncesinde enerjinin tüm alt konu alanları için zihinsel modellerin bilimsel yeterlilikten uzak olduğu bulgusu, öğrencilerin üniversiteye enerjinin tüm alt konu alanları için bilimsel yeterlilikten uzak zihinsel modellerle üniversiteye gelmelerinden kaynaklanıyor olabilir. Bu durumdan hareketle, öğrencilerin bilimsel yeterlilikten uzak genel zihinsel modellerle üniversiteye geldikleri de ifade edilebilir.

5.3. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Alternatif Fikirler Üzerindeki Etkisi

Araştırmanın 3. ve 4. alt problemleri sırasıyla ‘MTÖ yaklaşımına göre geliştirilen öğrenme ortamının öğrencilerin alternatif fikirlerin giderilmesi üzerine nasıl bir etkisi vardır’, ‘MTÖ yaklaşımına göre geliştirilen öğrenme ortamının öğrencilerde enerji konusuyla ilgili yeni (öğretim süreci öncesi görülmeyen) alternatif fikirler geliştirmesi üzerine etkisi nasıldır’ şeklinde olup, elde edilen bulgulara dayalı olarak yapılan tartışmalar ışığında ulaşılan sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Öğrencilerin enerji kavramının tüm alt konularıyla ilgili olarak öğretim süreci öncesinde sahip oldukları belirlenen tüm alternatif fikirlerin (bazı alternatif fikirler için az sayıda öğrenci hariç olmak üzere) öğretim süreci sonunda giderildiği belirlenmiştir. Bu bulgu

dikkate alınarak MTÖ yaklaşımı temelinde tasarlanan öğrenme ortamının ve süreçte kullanılan stratejilerin alternatif fikirleri gidermede olumlu/önemli bir zemin oluşturduğu söylenebilir.

2. Bazı öğrencilerde herhangi bir alternatif fikrin varlığı öğretim süreci öncesinde belirlenmemesine rağmen öğretim sürecinden sonra sahip olmaları dikkat çeken bir bulgudur. Bu bulgu, öğretim süreci sonrasında her öğrencinin alternatif fikirlerinin beklenen şekilde giderilemeyeceği sonucunu göstermektedir.
3. Öğretim süreci öncesinde enerjiyi tanımlamayla ilgili olarak belirlenen öğrenci alternatif fikirlerinin cisimsel ve işlevsel kimlik kategorilerinde gruplandığı tespit edilmiştir. Bu bulgunun nedeni, öğretim süreci öncesinde alternatif fikirlere sahip olan öğrencilerin gerçekte Aristoteles'e dayanan günlük konuşma dilindeki tanımlamaları benimsemelerinden kaynaklanıyor olabilir. Öğretim süreci öncesi için belirlenen bu alternatif fikirlerin öğretim süreci sonunda giderilmesi, tasarlanan öğrenme ortamının bu konudaki alternatif öğrenci fikirlerini gidermede etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.
4. Öğretim süreci öncesinde enerji çeşitleriyle ilgili olarak belirlenen bazı alternatif fikirlerin, su enerjisi, radyoaktif enerji, petrol enerjisi, kömür enerjisi, bor enerjisi gibi örneklerden de anlaşılacağı gibi, günlük konuşma dilinden kaynaklandığı söylenebilir. Benzer şekilde öğretim süreci öncesinde iş, güç, kuvvet ve enerji kavramlarına ait tanımlamaların günlük konuşma dilindeki gibi yapılması, öğrencilerin enerjiyle ilgili algılamalarını geliştirmede sosyal çevrelerinden etkilenmelerinin derin etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Öğretim süreci sonunda öğrencilerin bu tür alternatif fikirlerinin giderilmiş olması nedeniyle, sosyal çevrenin etkisinden kaynaklanan alternatif fikirlerin giderilmesinde tasarlanan öğrenme ortamının etkili olduğu ifade edilebilir.

5.4. Tasarlanan Öğrenme Ortamının Üniversite Seviyesinde Uygulanabilirliği

Araştırmanın 5. alt problemi olan 'MTÖ yaklaşımı üniversite seviyesinde etkili bir şekilde uygulanabilmekte midir? Uygulamalar sırasında karşılaşılan temel sorunlar nelerdir' şeklinde olup, elde edilen bulgulara dayalı olarak yapılan tartışmalar ışığında ulaşılan sonuçlar aşağıda sırayla sunulmuştur.

1. 2 şubede toplam 20 ders için gerçekleştirilen gözlemlerden elde edilen bulgular ışığında MOMBI öğretim modelinin uygulanabilir olduğu ifade edilebilir.
2. Tetikleme aşaması kapsamında bir önceki ders sonunda yapılan sınavda ortaya çıkan öğrenme eksikliklerinin/alternatif fikirlerinin öğrenme ortamına getirilmesinin, öğrencileri olası eksiklikler/alternatif fikirler yerine kendi eksiklikleriyle/alternatif fikirleriyle yüzleştirme imkanı tanınması nedeniyle, etkin bir motivasyon tekniği olduğu söylenebilir.
3. Ders sonlarında uygulanan başarı sınavları öğretim üyesinin materyalin pratik yapma aşamasıyla ilgili sorulardan bazılarını öğrencilere yönelmemesine neden olmuştur. Buradan ders sonu başarı sınavı sorularının ders süresi bitiminden itibaren uygulanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

6. ÖNERİLER

Araştırmada, ulaşılan sonuçlar doğrultusunda yapılan öneriler aşağıda sırası ile sunulmuştur.

6.1. Araştırmanın Sonuçlarına Dayalı Olarak Yapılan Öneriler

1. Zihinsel modellerin bireylere ait öznel değerleri yansıttığı (Greca ve Moreira, 2000, 2002; Rapp, 2005; Clement, 2008; Örnek, 2008) ve bireylerin öznel yapılandırma süreçlerindeki sosyal etkileşimleri nedeniyle zihinsel modellerde bir uzlaşım olduğu (Coll ve Treagust, 2003) gerçekleri dikkate alınarak bu çalışma kapsamında ulaşılan sonuçların farklı araştırmalarla desteklenmesi önerilmektedir.
2. ‘Enerji, iş yapabilme kapasitesidir’ tanımlamasının öğrenmeyi sınırlandırdığı (Sexl, 1981; Kemp, 1984) ve üniversite seviyesinde enerji konusuyla ilgili kaynakların çoğunlukla ‘Enerji, iş yapabilme kapasitesidir’ tanımlamasını esas aldığı ve özellikle işlemsel öğrenmeye zemin hazırladığı (Kurnaz, 2007; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009, 2010) düşünüldüğünde, araştırma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamından enerji konusunun öğretiminde yararlanılabilir.
3. Bu çalışmada, MOMBI öğretim modeli çerçevesinde birbirini tamamlayan farklı sunum kullanımının ve disiplinlerarası ilişkilendirmenin öğrencilerin enerji konusuyla ilgili alternatif fikirlerini giderme ve zihinsel modellerini geliştirme noktasında etkili olduğu belirlenmiştir. Buradan hareketle, enerji konusunun öğretiminde, araştırma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamından yararlanılabileceği gibi, benzer nitelikte rehber materyaller geliştirilebilir.
4. Çalışma kapsamında geliştirilen öğretim materyalinde kullanılan sunumlar etkili olsa da aynı konuyla ilgili daha farklı ve çok sayıda sunum türünü içeren rehber bir materyalin hazırlanarak uygulamalarda seçim hakkının öğretim üyesine bırakılması daha etkin sonuçlar verebilir. Bu düşünceden hareketle öğretim üyesine yönelik bir rehber materyalin hazırlanması ve burada sunum türlerinin özellikleri ve kullanılmasıyla ilgili bilgilere yer verilmesi önerilebilir.

5. Öğrencilerin bireysel farklılıkları nedeni ile farklı alternatif fikirleri geliştirme olasılığı dikkate alındığında, öğrencilerin alternatif fikirlerini gidermeye yönelik ve farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilere hitap edebilecek farklı kavramlarla ilgili farklı sunum yöntemleri ile desteklenmiş öğretim materyalleri geliştirilebilir.
6. Öğrencilerin sahip oldukları alternatif fikirler öğretim sürecinde giderilmediğinde, bu alternatif fikirler ilişkili kavramların da bilimsellikten uzak bir şekilde yapılandırılmasına neden olabilmektedir. Bu noktada zihinsel modellerin belirgin sınırları olmaması nedeniyle benzer zihinsel modellerin birbirleriyle karışabileceği (Itza-Ortiz vd., 2004) dikkate alındığında ilişkili kavramlara yönelik geliştirilen zihinsel modellerin birbiri yerine kullanılması olasıdır. Bu nedenle ilişkili kavramlar arasındaki ilişki ve farklılıklar birbirini tamamlayan veya destekleyen farklı sunum teknikleriyle öğrenme ortamına taşınabilir.
7. Araştırmada uygulamalar sürecinde (4. ders sonunda) B şubesinde ısı yoluyla enerji aktarımı konusunda görülen öğrenme eksiklikleri dikkate alındığında, öğretim materyalinin öğrenme eksiklikleri gidermek için uygulamalar kapsamında geliştirilen ek materyaldeki (bkz. CD’de Ek-12) gibi içerik açısından genişletilmesi önemlidir.
8. Öğretim süreci için önerilen farklı stratejilerin istenilen hedeflere ulaşmasının öğretim üyesine yüklediği sorumluluk dikkate alındığında, bu çalışma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamının etkin bir şekilde yürütülebilmesi için öğretim üyelerinin kullanılan stratejilerin faydaları ve kullanılması hakkında bilgi edinmesi önerilebilir. Ayrıca benzer araştırmalara ait uygulamaları ve uygulamalardan elde edilen sonuçları incelemeleri önerilebilir.
9. Sistemler/cisimler arası enerji aktarımıyla ve enerji korunumuyla ilgili olarak kullanılan sütun-süreç grafikleri hakkında öğrencilerin algılamayı kolaylaştırdığı yönündeki görüşleri dikkate alındığında ilgili konuların öğretiminde bu tekniğin kullanılması önerilebilir.
10. Ders sonlarında uygulanan küçük sınavlar hernekadar MOMBI öğretim modelinin pratik yapma aşaması kapsamında değerlendirilebilse de başarı sınavlarının ders sürelerinin dışına taşınması zihinsel modeli yapılandırmak için yapılacak uygulamalara daha fazla zaman ayrılmasını sağlayabilir. Bu nedenle bu araştırmada

tasarlanan öğrenme ortamını kullanacaklara ders sonu başarı sınavlarını ders bitiminde uygulamaları önerilebilir.

11. Bu çalışmada, öğrencilerin enerji konusuyla ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarmak için iki aşamalı bir süreç takip edilmiştir. Birinci aşamada, enerjinin alt konu alanlarıyla ilgili teorik ve pratik anlama seviyeleriyle ilişkili bir kriteriya geliştirilerek öğrencilerin enerjinin alt konu alanlarıyla ilgili zihinsel modelleri belirlenmiştir. İkinci aşamada, zihinsel modelleri belirleme grafiğinde öğrencilerin alt konu alanlarıyla ilgili zihinsel modelleri bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilerek enerji konusuyla ilgili genel zihinsel modelleri tespit edilmiştir. Farklı konu veya kavramlar için bu çalışma kapsamında tasarlanan iki aşamalı yapının uygulanabilirliği daha detaylı olarak irdelenmelidir.
12. Bu çalışmada, öğrencilerin anlama seviyelerinin belirlenmesinde ilgili literatürde sıklıkla kullanılan 5'li seviyelendirmenin yerine 6'lı bir seviyelendirme ölçeği geliştirilmiştir. Farklı konu veya kavramlar için bu çalışma kapsamında geliştirilen 6'lı seviyelendirmenin uygulanabilirliği araştırılmalıdır.

6.2. Araştırmacının Deneyimleri ve Diğer Araştırmacılara Önerileri

1. Bu çalışmada çalışma grubunun zihinsel modellerindeki değişimi belirlemek üzere ön ve son sınavlardan yararlanılmıştır. Ancak başarı sınavının kapsamlı ve çalışma grubunun bireysel analizler açısından geniş olması nedenleriyle yapılabirliği ve tez kapsamında yansıtılabilirliği durumları dikkate alınarak geciktirilmiş sınav uygulamasına yer verilmemiştir. Bu nedenle benzer nitelikte araştırma yürüteceklerle, zihinsel modellerin dinamik ve değişken olma özelliklerini dikkate alarak (Norman, 1983) öğrenci zihinsel model değişimini daha küçük gruplarla çalışmalarını ve geciktirilmiş sınavdan yararlanmaları önerilmektedir.
2. Ders sonu başarı sınavlarında ortaya çıkan öğrenme eksiklerinin belirlenmesi ve bunların giderilmesi için ek materyaller tasarlanması sürecinde araştırmacının uygulamayı gerçekleştiren öğretim üyesinin yardımcısı gibi hareket etmesi ve bu yöntemin sağladığı faydalar dikkate alındığında, bu tarz uygulamaların öğretim üyeleri ve araştırma görevlileri tarafından uygulanması düşünülebilir.

3. Araştırmada kapsamında ön ve son mülakatlar 11 katılımcıyla gerçekleştirilmiştir. Mülakat uygulamalarının güçlükleri, analiz sürecinin uzunluğu ve elde edilen bulguların niteliği ile okunabilirliği dikkate alındığında benzer nitelikte araştırma yürüteceklere daha az sayıda katılımcıyla mülakatlarını gerçekleştirmeleri önerilmektedir.
4. Öğrenme ortamında ders aracı olarak kullanılmak üzere geliştirilen öğretim materyalinin basılı bir kitap formatında sunulmasının öğrencilerin ilgisini artırması ve olumlu tepkilerini alması nedeniyle benzer araştırmalar gerçekleştireceklere bu durumu dikkate almaları önerilmektedir.
5. Bu araştırmada didaktiksel mühendislik araştırma yöntemi kullanılmıştır. Didaktiksel mühendislik yöntemine göre oluşturulan öğrenme ortamının etkileriyle diğer deneysel araştırma yöntemleri çerçevesinde yapılandırılan öğrenme ortamlarının etkilerinin karşılaştırılmasının anlamlı olacağı düşünölmekte ve araştırmacılara önerilmektedir.
6. Öğrencilerin fiziğe karşı tutumları bu çalışmada araştırma konusu olarak ele alınmamış olsa da öğrenci tutumların olumlu yönde değişim gösterdiği gözlenmiştir. Bu anlamda benzer nitelikte tasarlanacak öğrenme ortamlarının etkisinin araştırıldığı çalışmalarda öğrenci tutumlarındaki değişim daha detaylı araştırılabilir.
7. Başarı sınavlarının gerçekleştirilmesi sürecinde öğrencilere notla değerlendirme yapılacağının söylenmesi öğrencilerin mümkün olduğunca detaylı cevaplar vermelerini sağlamıştır. Bu nedenle veri toplama çalışmalarını sınav formatında yürütmenin daha etkili sonuçlar vereceği düşünölmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Abdullah, M. S., Evans, A., Benest, I. ve Kimble, C., Developing a UML Profile for Modelling Knowledge-Based Systems, Model Driven Architecture, European MDA Workshops: Foundations and Applications, MDFAFA, 2004, Twente, Netherlands.
- Adamczyk, P. ve Wilson, M., Using Concept Maps with Trainee Physics Teachers. Physics Education, 31,6 (1996) 374-381.
- Ahtee, M. ve Johnston, J., Primary student teachers' ideas about teaching a physics topic, Scandinavian Journal of Educational Research, 50,2 (2006) 207-219.
- Ainsworth, S.E., A functional taxonomy of multiple representations, Computers and Education, 33,2/3 (1999) 131-152.
- Ainsworth, S. E., Wood, D. J. ve Bibby, P. A., Evaluating principles for multi-representational learning environments, Paper presented at the 7th EARLI Conference, 1997, Athens.
- Ainsworth, S., Bibby, P., ve Wood, D., Examining the effects of different multiple representational systems in learning primary mathematics, Journal of the Learning Sciences, 11(1), (2002) 25-61.
- Ainsworth, S., DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. Learning and Instruction, 16 (2006) 183-198.
- Alev, N., Nitel Veri Analizi Dersi. Yayınlanmamış Ders Notları, KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon, 2007.
- Anastasiadou, S., The role of representations in the understanding of probabilities in tertiary education, Paper presented at the ICME 11 Conference, 2008, Athens.
- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., ve Kind, P. M. (2007). Multiple representations as a framework for a modelling approach to physics education, ESERA conference, 2007.
- Angell, C., Kind, P. M., Henriksen, E. K., Guttersrud, Ø., An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics, Physics Education, 43,3 (2008) 256-264.
- Arons, A. B., Developing the energy concept in introductory physics. The Physics Teacher, (1989) 506-517.
- Arslan, S., Matematik Öğretiminde Düşünme Farklılıkları Dersi, Yayınlanmamış Ders Notları, KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon, 2009.

- Artigue, M., Didactical engineering as a framework for the conception of teaching products. R. Biehler, R. W. Scholz, R. StraBer, B. Winkelmann (Eds.), *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline*, 27-29, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1994.
- Artigue, M., Didactical design in mathematics education. In C. Winsløw (Ed.), *Nordic research in mathematics education*, 7–16, Rotterdam, 2009.
- Ayas, A., Kavram Öğrenimi. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi*, 3. Baskı, PegemA Yayıncılık, Ankara, 2005.
- Aybek, B., Disiplinlerarası (Bütünleştirilmiş) Öğretim Yaklaşımı. *Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3 (2001) 1-7.
- Aydın, G., ve Günay Balım, A., Yapılandırmacı Yaklaşımına Göre Modellendirilmiş Disiplinlerarası Uygulama: Enerji Konularının Öğretimi, *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 38,2 (2005) 145-166.
- Baki, A., *Kuramdan Uygulamaya Matematik Öğretimi*, 3. Baskı, Derya Kitabevi, Trabzon, 2006.
- Bao, L., ve Redish, E. F., Model analysis: Assessing the dynamics of student learning. Submitted to *Cognition & Instruction*, 2001.
- Barnett, M., Keating, T., Barab, S. A., ve Hay, K. E., Conceptual Change Through Building Three-Dimensional Virtual Models, In B. Fishman ve S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, 2000, Erlbaum, 134-141.
- Barnett, M., Adressing children's alternative frameworks of the Moon's phases and eclipses, *International Journal of Science Education*, 24,8 (2002) 859-879.
- Baser, M. ve Çataloglu, E., Kavram değisimi yöntemine dayalı öğretim öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusundaki yanlış kavramlarının giderilmesindeki etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29 (2005) 43–52.
- Baser, M., Effect of conceptual change oriented instruction on students' understanding of heat and temperature concepts. *Journal of Maltese Education Research*, 4,1 (2006a) 64-79.
- Baser, M., Fostering conceptual change by cognitive conflict based instruction on students' understanding of heat and temperature concepts, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2,2 (2006b).
- Baser, M. ve Geban, Ö., Effectiveness of conceptual change insruction on understanding of heat and temperature concepts, *Research in Science ve Technology Education*, 25,1 (2007) 115-133.
- Beasley, W., Teacher reactions to radical curriculum change: The journey to again become expert. *Australian Journal of Education in Chemistry*, 64 (2004) 10-15.

- Benson, D. L., Wittrock, M. C. ve Baur, M. E., Students' preconceptions of the Nature of Gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30,6 (1993) 587-597.
- Beynon, J., Some Myths Surrounding Energy, *Physics Education*, 25,6 (1990) 314-316.
- Beynon, J., A few Thoughts on Energy and Mass, *Physics Education*, 29,6 (1994) 86-88.
- Bransford, J. D. ve Schwartz, D. L., Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications, *Review of Research in Education*, 24, (1999) 61-100.
- Bodner, G. M., Why good teaching fails and hard-working students do not always succeed? *Spectrum*, 28,1 (1990) 27-32.
- Booch, G., Rumbaugh, J., ve Jacobson, I., *The Unified Modelling Language User Guide*, Reading, Addison Wesley, Massachusetts, 1999.
- Boohan, R., Stylianidou, F., ve Ogborn, J., Training teachers for innovation: energy transfer and the direction of change, *Science Teacher Training in an Information Society (STTIS)*, European Commission, DG XII (Contract SOE2 CT97 2020), 2000).
- Borges, A. T. ve Gilbert, J. K., Mental models of electricity, *International Journal of Science Education*, 21,1 (1999) 95-117.
- Bower, G. H., ve Morrow, D. G., Mental models in narrative comprehension, *Science*, 247 (1990) 44-48.
- Boyes, E. ve Stanisstreet, M. Pupils' Ideas Concerning Energy Sources, *International Science Education*, 12,5 (1990) 513-529.
- Boylan, C., Exploring elementary students' understanding of energy and climate change. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1,1 (2008) 1-15.
- Brooks, M. G. and Brooks, J. G., The courage to be constructivist. *Educational Leadership*, November (1999) 18-24.
- Brook, J. A. ve Wells P., Conserving the circus? An alternative Approach to the Teaching and Learning about Energy, *Physics Education*, 23,2 (1988) 80-85.
- Brousseau, G. Research in Mathematics Education: Observation and Mathematics, In I. Schwank (Ed.), *European Research in Mathematics Education I, Proceedings of the First Conference of the European Society for Mathematics Education*, 1999, 34-48.
- Buckley, B. C., Gobert, J. D. ve Christie, M. T. (2002). Model-based Teaching and Learning with Hypermodels: What do they learn? How do they learn? How do we know?, Presented as part of the symposium Hypermodel Research in Theory and Practice, American Educational Research Association, April 2002, New Orleans.
- Büyüköztürk, Ş. *Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı*, 7. Baskı, Pegem A Yayıncılık, Ankara, 2007.

- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E.K., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F., Bilimsel Araştırma Yöntemleri, 4. Baskı, PegemA Akademi, Ankara, 2009.
- Carey, S., Cognitive science and science education. American Psychologist, 41,10 (1986) 1123–1130.
- Carey, S., Science Education as Conceptual Change. Journal of Applied Developmental Psychology, 21,1 (2000) 13-19.
- Carr, M. ve Kirkwood, V., Teaching and learning about energy in New Zealand secondary school junior science classrooms. Physics Education, 23, (1988) 86-91.
- Cartier, J., Rudolph, J. ve Stewart, J., (2001). The Nature and Structure of Scientific Models NCISLA, Working Paper, School of Education, University of Wisconsin–Madison, <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>. 23 Şubat 2008.
- Chevallard, Y., Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel, Actes du séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique, LSD-IMAG, Grenoble, 1989, 211–236.
- Chisholm, D., Some energetic thoughts. Physics Education, 27 (1992) 215-220.
- Clement, J., Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students preconceptions in physics, Journal for Research in Science Teaching, 30,10 (1993) 1241-1257.
- Cobb, P., Yackel, E., ve Wood, T. A., constructivist alternative to the representational view of mind in mathematics education, Journal for Research in Mathematics Education, 23,1 (1992) 2-33.
- Cohen, L., Manion, L., ve Morrison, K. Research Methods in Education, 6th ed. Routledge, New York, 2007.
- Coll, R. ve Treagust, D., Learners' use of analogy and alternative conceptions for chemical bonding: A cross-age study. Australian Science Teachers' Journal, 48,1 (2001) 24-32.
- Coll, R. K. ve Treagust, D. F., Learners' mental models of metallic bonding: a cross-age study. Science Education, 87,5 (2003) 685-707.
- Coştu, B., Comparison of students' performance on algorithmic, conceptual and graphical chemistry gas problems. Journal of Science Education and Technology, 16, (2007) 379-386.
- Coştu, B., Algorithmic, conceptual and graphical chemistry problems: A revisited study. Asian Journal of Chemistry, 22,8 (2010) 6013-6025.
- Crowell, B., Conservation Laws, 2. baskı, Light and Matter, Fullerton, California, 2006.

- Cullin, M. ve Crawford, B.A., Using Technology to Support Prospective Science Teachers in Learning and Teaching about Scientific Models, Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 2,4 (2002) 408-425.
- Çalık, M. ve Ayas, A., A comparison of level of understanding of grade 8 students and science student teachers related to selected chemistry concepts, Journal of Research in Science Teaching, 42,6 (2005) 638-667.
- Çalık, M., Ayas, A. ve Ebenezer, J. V., A review of solution chemistry studies: insights into students' conceptions. Journal of Science Education and Technology, 14 (2005) 29-50.
- Çalık, M., Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Göre Lise 1 Çözeltiler Konusunda Materyal Geliştirilmesi ve Uygulanması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2006.
- Çalık, M., Ayas, A., ve Coll, R.K., A constructivist-based model for the teaching of dissolution of gas in a liquid, Asia-Pasific Forum on Science Learning and Teaching, 7,1 (2006) Article 4.
- Çalık, M., Ünal, S., Coştu, B., ve Karataş, F. O., Trends in Turkish science education. Essays in Education, (2009) 23-46.
- Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D., ve Turgut, M. F., Fizik Öğretimi, YÖK/ Dünya Bankası Millî Eğitim Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi, Ankara, 1997.
- Çepni, S., Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, 2. Baskı, Üçyol Kültür Merkezi, Trabzon, 2005.
- Çepni, S. ve Keleş, E., Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. International Journal of Science and Mathematics Education, 4 (2006) 269-291.
- Çepni, S., Eğitim öğretimde kullanılan temel kavramlar, stratejiler ve öğrenme teorileri ilişkileri, S. Çepni ve S. Akyıldız (Ed.) Öğretim İlke ve Yöntemleri, 93-109, Trabzon, 2008.
- Çıkla, O. K., The Effects of Multiple Representations-Based Instruction on Seventh Grade Students' Algebra Performance, Attitude toward Mathematics, And Representation Preference, Unpublished Doctora Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 2004.
- Değirmençay, Ş., 5E Modeline Dayalı Geliştirilen Rehber Materyalin Etkililiği Isının Yayılması ve Etkileri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon, 2010.
- Demircioğlu, H., Sınıf Öğretmeni Adaylarına Yönelik Maddenin Halleri Konusuyla İlgili Bağlam Temelli Materyal Geliştirilmesi ve Etkililiğinin Araştırılması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.
- Devi, R., Tiberghien, A., Baker, M., ve Brna, P., Modelling Students' Construction of Energy Models in Physics. Instructional Science, 24,4 (1996) 259-293.

- Diakidoy, I.A.N., Kendeou, P. ve Ioannides, C., Reading about energy: The effects of text structure in science learning and conceptual change. Contemporary Educational Psychology, 28,3 (2003) 335-356.
- Dimitriadis, P., Kabouris, K., Karanikas, J., Papamichalis, K., Papatsimba, L., Kalkanis, G., Linear motions study through graphs a new technology-based learning environment. In: Proceedings of the 2nd international conference of the European Science Education Research, September 1999, 36–38.
- Dole, J. A., Readers, texts and conceptual change learning. Reading and Writing Quarterly, 16 (2000) 99-118.
- Domenech, J. L., Gil-perez, D., Gras-marti, A., Guisasola, J., Torregrosa, J.M., Salinas, J., Trumper, R., Valdes, P. ve Vilches, A., Teaching of Energy Issues: A Debate Proposal for a Global Reorientation, Science and Education, 16 (2007) 43-64.
- Driver, R. ve Warrington, L., Students use of the principle of energy conservation in problem situations, Physics Education, 29 (1985) 171-176.
- Dufresne, R. Gerace, W. ve Leonard, W., Solving Physics Problems with Multiple Representations, Physics Teacher, 35 (1997) 270-275.
- Duit, R., Students' notions about the energy concept-before and after physics instruction, In W. Jung, H. Pfundt and C. Rhöneck (eds), Proceedings of the International Workshop 'Problems Concerning Students' Representations of Physics and Chemistry Knowledge', 1981, Ludwigsburg, 268-319.
- Duit, R., Learning the Energy Concept in School-Empirical Results from the Philippines and West Germany, Physics Education, 19 (1984) 59–66.
- Duit, R., Should Energy be Illustrated as Something Quasi-Material?, International Journal of Education, 9 (1987) 139-145.
- Duman, B., ve Aybek, B., Süreç-Temelli ve Disiplinlerarası Öğretim Yaklaşımlarının Karşılaştırılması. Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, 11 (2003).
- Duval, R., Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, 5 (1993) 37–65.
- Duval, R., Sémiologie et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels. Peter Lang, Berne, 1995.
- Edwards, J. ve Fraser, K., Concept maps as reflectors of conceptual understanding. Research in Science Education, 13 (1983) 19-26.
- Ekiz, D., Eğitimde Araştırma Yöntem ve Metodlarına Giriş. Anı Yayıncılık, Ankara, 2003.
- Elkana, Y., The Discovery of the Conservation of the Energy, Second Printing, Cambridge, Harvard University Press, Massachusetts, 1974.

- Etkina, E., Warren, A. ve Gentile, M., The Role of Models in Physics Instruction, The Physics Teacher, 44,1 (2006) 34-39.
- Fetherston, T. Students constructs about energy and constructivist learning, Research in Science Education, 29,4 (1999) 515-525.
- Finegold, M. ve Trumper, R., Categorizing pupils' explanatory frameworks in energy as a means to development of a teaching approach, Research in Science Education, 19 (1989) 97-110.
- Fry, M., Dimeo, L., Wilson, C., Sadler, J. ve Fawns, R., A new approach to teaching "energy and change": using an abstract picture language to teach thermodynamic thinking in junior science classes, Australian Science Teachers Journal, 49,1 (2003).
- Gazit, E., Yair, Y., and Chen, D., Emerging conceptual understanding of complex astronomical phenomena by using a virtual solar sytem, Journal of Science Education and Technology, 14,5/6 (2005) 459-470.
- Gelen, İ., Bilimsel Araştırmalarda Veri Toplama Araçları, D. Ekiz (Ed.), Bilimsel Araştırma Yöntemleri, 125-159, İstanbul, 2007.
- Gilbert, J., The role of models and modelling in some narratives in science learning, Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, April 1995, San Francisco, 18-22.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. and Elmer, R., Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education, Gilbert, J. K. and Boulter, C. J. (eds.), Developing Models in Science Education, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2000.
- Ginns, I.S. ve Watters, J.J., An Analysis of Scientific Understanding of Preservice Elementary Teacher Education Students, Journal of Research in Science Teaching, 32,2 (1995) 205-222.
- Gobert, J. D. ve Buckley B. C., Introduction to Model-Based Teaching and Learning in Science Education, International Journal of Science Education, 22,9 (2000) 891-894.
- Goldin, G. A., Representational systems, learning, and problem solving in mathematics. Journal of Mathematical Behavior, 17,2 (1998) 137-165.
- Goldman, S. R., Learning in complex domains: When and why do multiple representations help? Learning and Instruction, 13,2 (2003) 239-244.
- Goldring, H. ve Osborne, J., Students' Difficulties with Energy and Related Concepts, Physics Education, 29,1 (1994) 26-32.
- Greca, I. M., ve Moreira, M. A., Mental models, conceptual models, and modeling, International Journal of Science Education, 22,1 (2000) 1-11.

- Greca, I. M., ve Moreira, M. A., Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics, Science Education, 86,1 (2002) 106-121.
- Gökdere, M. ve Çalık, M., A cross-age study of Turkish Students' Mental Models: An Atom Concept. Didactica Slovenica – Pedagoska obzorja, 2 (2010) 185-199.
- Gülçiçek, Ç. ve Güneş, B., Fen öğretiminde kavramların somutlaştırılması: modelleme stratejisi, bilgisayar simülasyonları ve analogiler, Eğitim ve Bilim, 29,134 (2004) 36-48.
- Güneş, B., ve Taşar, M. F., An Examination of Physics Subjects in the New National Curriculum for Science and Technology in Turkey, GIREP 2006 Conference: Modeling in Physics and Physics Education, Ağustos 2006, Amsterdam, The Netherland.
- Güneş, B., Gülçiçek Ç. and Bağcı, N., Eğitim Fakültelerindeki Fen ve Matematik Öğretim Elemanlarının Model ve Modelleme Hakkındaki Görüşlerinin İncelenmesi, Türk Fen Eğitimi Dergisi, 1,1 (2004) 35-48.
- Gürdal, A., Şahin, F. ve Bayram, H., İlköğretim Öğretmen Adaylarının Enerji Konusunda Bütünlüğü Sağlama ve İlişki Kurma Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma, D.E.Ü. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 10 (1999) 382-395.
- Haidar, H.A, ve Abraham, R. M., A comparison of applied and theoretical knowledge of concept based on the particulate nature of matter. Journal of Research in Science Teaching, 28,10 (1991) 919–938.
- Hand, B. M., ve Treagust, D. F. Application of a conceptual conflict strategy to enhance student learning of acids and bases, Research in Science Education, 18,1 (1988) 53–63.
- Hangos, K. M. ve Cameron, I. T., Process Modelling and Model Analysis, Academic Press, San Diego, 2001.
- Hanke, U., Realizing Model-Based Instruction - The Model of Model-Based Instruction, In D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer ve J. M. Spector (Eds.), Understanding Models for Learning and Instruction (pp. 175-186). Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
- Hanke, U., ve Huber, E., Acceptance of Model-Based Instruction among Students in Spanish and Mathematics. In J. M. Spector, D. Ifenthaler, P. Isaías, Kinshuk, and D. Sampson (Eds.), Learning and Instruction in the Digital Age, 225-235, Springer Science+Business Media, LLC, 2010.
- Harrison, A. G. ve Treagust, D. F., Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry, Science Education, 80,5 (1996) 509-534.
- Harrison, A. G. ve Treagust, F. D., Modelling in Science Lessons: Are There Better Ways to Learn With Models?, School Science and Mathematics, 98,8 (1998) 420-429.

- Harrison, A.G., ve Treagust, D.F., Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry, Science Education, 84 (2000) 352-381.
- Heimbecker, B., Nowikow, I., Howes, C. T., Mantha, J., Smith, B. P., ve Bemmell, H. M., Physics Concepts and Connections (book two), Irwin Publishing, Toronto, 2002.
- Hestenes, D., Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. Proceedings of the GIREP conference: Modelling in Physics and Physics Education, 2006.
- Heuvelen, A.V. ve Zou, X., Multiple representations of work-energy processes. American Journal of Physics, 69,2 (2001) 184.
- Hırça, N., İlköğretim 8. Sınıf Öğrencilerinde Enerji Kavramı İle İlgili Kavram Yanılgılarının Tespiti Ve Okullar Arasındaki Farklılıklarının Karşılaştırılması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye, 2004.
- Hiebert J, Carpenter T. Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Ed.), Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning, New York, 1992.
- Hill, B. R. (2010). Mental models. <http://mentalmodelassessment.org/mental-models/>. 07 Eylül 2010.
- Hitt, F., Difficulties in the Articulation of Different Representations Linked to the Concept of Function, Journal of Mathematical Behavior, 17,1 (1998) 123-134.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., ve Thagard, P. R., Induction: processes of inference, learning, and discovery, Cambridge, Mass, The MIT Press, 1989.
- Horner, M. L., Jeng, M. ve Lindell, R., Comparison of teaching methods for energy conservation, Physics Education Research Conference, AIP Conf. Proceedings, 2006, 883 (161).
- Howe, A. C ve Jones, L., Engaging Children in Science, 2nd Ed. Upper Saddle River, Prentice Hall, 1998.
- Hrepic, Z., Identifying students' mental models of Sound propagation. Unpublished Master Thesis, Kansas state university, Manhattan, Kansas, 2002.
- Hrepic, Z., Development of a Real-Time Assessment of Students' Mental Models of Sound Propagation, Unpublished Doctor Thesis, Kansas state university, Manhattan, Kansas, 2004.
- Hubber, P., Year 12 students' mental models of the nature of light, Research in Science Education, 36,4 (2006) 419-439.
- Huddle, P. A., White, M. W. ve Rogers, F., Simulations for teaching chemical equilibrium, Journal of Chemical Education, 77,7 (2000) 920-926.

- Huis C. ve Berg E., Teaching energy: a systems approach, Physics Education, 28,3 (1993) 147-153.
- Hwang, W. Y., Chen, N. S., Dung, J. J., ve Yang, Y. L., Multiple Representation Skills and Creativity Effects on Mathematical Problem Solving using a Multimedia Whiteboard System. Educational Technology & Society, 10,2 (2007) 191-212.
- Itza-Ortiz, S. F., Rebello, S. ve Zollman, D., Students' models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism, European Journal of Physics, 25 (2004) 81-89.
- İpek, H. ve Çalık, M., Combining Different Conceptual Change Methods within Four-Step Constructivist Teaching Model: A Sample Teaching of Series and Parallel Circuits. International Journal of Environmental and Science Education, 3,3 (2008) 143-153
- İyibil, Ü., Farklı Programlarda Öğrenim Gören Öğretmen Adaylarının Temel Astronomi Kavramlarını Anlama Düzeylerinin Ve İlgili Kavramlara Ait Zihinsel Modellerinin Analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon, 2010.
- Jansoon, N., Coll, R.K. ve Somsook, E., Understanding mental models of dilution in Thai students. International Journal of Enviromental & Science Education, 4,2 (2009) 147-168.
- Jarvis, T., McKeon, F., ve Taylor, N., Promoting Conceptual Change Pre-service Primary Teachers through Intensive Small Group Problem-Solving Activities. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education. 5,1 (2005) 21-39.
- Jennison, B. ve Reiss, M. J., Does anyone know what energy is? Journal of Biological Education, 25, (1991) 173-176.
- Johnson-Laird, P., Mental models: towards a cognitive science of language, influence and consciousness, Harvard University Press, Cambridge, 1983.
- Kalaycı, Ş., SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, 4. Baskı, Ankara, Asil Yayın Dağıtım, 2009.
- Kaper, W. H. ve Goedhart, M. J., Forms of energy, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I, International Journal of Science Education, 24,1 (2002a) 81-95.
- Kaper, W. H. ve Goedhart, M. J., Forms of energy, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part II, International Journal of Science Education, 24,2 (2002b) 119-137.
- Karamustafaoğlu S, Coştu B, Ayas A., Basit araç-gereçlerle periyodik cetvel öğretiminin etkililiği. Türk Fen Eğitimi Dergisi, 2,1 (2005) 19-31.
- Keating, T., Barnett, M., Barab, S. A. ve Hay, K. E., The Virtual Solar System Project: Developing Conceptual Understanding of Astronomical Concepts through

- Building Three-Dimensional Computational Models. Journal of Science Education and Technology, 11,3 (2002) 261-275.
- Kemp, H. R., The Concept of Energy without Heat or Work, Physics Education, 19,5 (1984) 234-240.
- Kim, S. ve Van Dusen, L. M., The role of prior knowledge and elaboration in text comprehension and memory: A comparison of self-generated and text provided elaboration. American Journal of Psychology, 111 (1998) 353-378.
- Kirkwood, V. ve Carr, M., Final report: Learning in Science Project (Energy), Centre for Science and Mathematics Education Research, University of Waikato, Hamilton, 1988.
- Kirkwood V. ve Carr M., A valuable teaching approach: some insights from LISP (Energy), Physics Education, 24 (1989) 332-334.
- Knight, R. D., Physics for scientist and engineers, Pearson Education, New York, 2008.
- Kohl, P. B., Rosengrant, D. ve Finkelstein, N. D., Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics, Physical Review Special Topics - Physics Education Research 3, 2007.
- Konuk, M. ve Kılıç, S., Fen Bilimleri öğrencilerinde bitki ve hayvanlardaki enerji kaynağı konusunda kavram yanlışları, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Eylül 1998, KTÜ, Trabzon.
- Köse, S., Bağ, H., Sürücü, A. ve Uçak, E., Fen bilgisi öğretmen adaylarının canlılardaki enerji kaynaklarıyla ilgili görüşleri. International Journal of Enviromental and Science Education, 1,2 (2006) 141-152.
- Kruger, C., Some Primary Teachers' Ideas about Energy, Physics Education, 25,2 (1990) 86-91.
- Kruger, C., Palacio, D., ve Summers, M., Surveys of English primary school teachers' conceptions of force, energy and materials, Science Education, 76 (1992) 339-351.
- Kruatong, T., The Development of High School Students' Understanding and Application of Heat And Thermodynamics Concepts through a Contextual Approach, Doctor of Philosophy (Science Education) Graduate School, Kasetsart University, 2007.
- Kurnaz, M. A., Enerji Kavramının Üniversite 1. Sınıf Seviyesinde Öğrenim Durumlarının Analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTU, Trabzon, 2007.
- Kurnaz, M. A. ve Çalık, M., Using Different Conceptual Change Methods Embedded within 5E Model: A Sample Teaching for Heat and Temperature, Journal of Physics Teacher Education. Online, 5,1 (2008) 3-10.

- Kurnaz, M. A. ve Sağlam Arslan, A. Prospective physics teachers' modeling abilities of situations related with gravitational force, 25. Uluslar Arası Fizik Kongresi, Ağustos 2008, Bodrum, Turkey.
- Kurnaz, M. A., Investigating the Effectiveness of Using Different Conceptual Change Methods Embedded Within 5E Model on Teaching and Learning of Heat and Temperature. Balkan Physics Letters, 15,1 (2009) 151025.
- Kurnaz, M. A. ve Çalık, M., A thematic review of 'energy' teaching studies: focuses, needs, methods, general knowledge claims and implications, Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies, 1,1 (2009) 1-26.
- Kurnaz, M. A. ve Sağlam Arslan, A., Using the Anthropological Theory of Didactics in Physics: Characterization of the Teaching Conditions of Energy Concept and the Personal Relations of freshmen to this Concept, Journal of Turkish Science Education, 6,1 (2009) 72-88.
- Kurnaz, M. A. ve Alev, N., İlköğretim ve Ortaöğretim Lisansüstü Öğrencilerinin Ders Seçimi Yaklaşımları ve İlgili Sorunları, Türk Fen Eğitimi Dergisi, 6,3 (2009) 38-52.
- Kurnaz, M. A. ve Sağlam Arslan, A., Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy concept, Cypriot Journal of Educational Sciences, 5 (2010) 233-242.
- Kurnaz, M. A. ve Sağlam Arslan, A., The Effects of 'Model of Model Based Instruction' Teaching Model to Students' Understanding Level about Energy Concept, International Journal of Educational Research, (2011) in press.
- Küçük, M., Çepni, S. ve Gökdere, M. Turkish Primary School Students' Alternative Conceptions about Work, Power and Energy, Journal of Physics Teacher Education, 3,2 (2005) 22-28.
- Kühne, T. (2005). What is a Model? Dagstuhl Seminar Proceedings 04101, <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2005/23>. 24 Mart 2007.
- Laçin Şimşek, C. ve Tezcan, R., Çocukların Fen Kavramlarıyla İlgili Düşüncelerinin Gelişimini Etkileyen Faktörler, İlköğretim Online, 7,3 (2008) 569-577.
- Larkin, J., McDermott, J., Simon, D. P., ve Simon, H. A., Expert and novice performance in solving physics problems, Science, 208 (1980) 1335-1362.
- Larkin, J., Understanding, problem representations, and skill in physics, Thinking and Learning Skills, 2 (1985) 141-159.
- Lappi, O. (2007). Conceptual Change in Cognitive Science Education - towards Understanding and Supporting Multidisciplinary Learning. The European Cognitive Science Conference, May 2007, European Cultural Center of Delphi, Delphi/Greece.

- Lemmer, M. ve Lemmer, T. N., The role and place of energy in the physics curriculum. GIREP 2006 Conference: Modeling in Physics and Physics Education, Ağustos 2006, Amsterdam, The Netherland.
- Lin, C. Y., ve Hu, R., Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis, and respiration, International Journal of Science Education, 25,12 (2003) 1529-1544.
- Lin, J. W. ve Chiu, M. H., The Mismatch between Students' Mental Models of Acids/Bases and their Sources and their Teacher's Anticipations thereof. International Journal of Science Education, 32,12 (2010) 1617–1646.
- Liu, X., Ebenezer, J. ve Fraser, D. M., Structural characteristics of university engineering students' conceptions of energy, Journal of Research in Science Teaching, 39,5 (2002) 423-441.
- LISP, Reseaching on Teaching and Learning of energy, some working papers of LISP (Learning in Science Project) (Energy), Centre for Science and Mathematics Education Research, University of Waikato, New Zealand, 1989.
- Markman, A. B., Conceptual representations in psychology. Encyclopedia of Cognitive Science, 1 (2003) 670-673.
- Martinas, K., Energy in Physics and in Economy, Interdisciplinary Description of Complex Systems, 3,2 (2005) 44-58.
- Mayer, J.R., (1842) "Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur," *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 43, 233, İngilizce çevirisi, <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/mayer.html>. 20 Mayıs 2009.
- McKendree, J., Small, C., Stenning, K., ve Conlon, T., The role of representation in teaching and learning critical thinking. Educational Review, 54,1 (2002) 57-67.
- McDermott, L. C., Guest comments: How we teach and how student learn—A mismatch?, American Journal of Physics, 61 (1993) 295-298.
- McDermott, L. C. ve Redish, E. F., Resource letter: PER-1: Physics education research, American Journal of Physics, 67 (1999) 755.
- MEB, İlköğretim 4–5. Sınıf Fen ve Teknoloji Dersi Programı, Ankara, 2004.
- MEB, Ortaöğretim Fizik Dersi 9. Sınıf Öğretim Programı, Ankara, 2007.
- Meltzer, D. E., Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course, American Journal of Physics, 72,11 (2004) 1432-1446.
- Merriam, S. B., *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*, 2nd Ed., Jossey-Bass A Wiley Imprint, San Francisco, 1998.

- Millar, R., 2005. Teaching About Energy, www.york.ac.uk/depts/educ/pgce%20science/PGCE%20handouts/Teaching%20about%20energy.pdf. 21 Mart 2007.
- Mutumucuo, I., 2003. Multiple representations of energy processes in mechanical energy systems, Research and quality of Science Education, ESERA Conference, Netherlands, <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/programme/pdf%5C164S.pdf>. 21 Mart 2007.
- Nakhleh, M. B., Why some students don't learn chemistry?, Journal of Chemical Education, 69,3 (1992) 191-196.
- Nersessian, N. J., How do scientist think? Capturing the dynamics of conceptual change in science, In R. N. Giere (Ed.), Cognitive models of science, 3-44, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1992.
- Nersessian, N. J., Should Physicists Preach What They Practice? Constructive Modeling in Doing and Learning Physics, Science and Education, 4,3 (1995) 203-226.
- Nicoll, G. A., Report of undergraduates' bonding misconception. International Journal of Science Education, 23,7 (2001) 707-730.
- Nicholls, G. ve Ogborn, J., Dimensions of children's conceptions of energy. International Journal of Science Education, 15 (1993) 73-81.
- Norman, D. A., Some observations on mental models, In D. A. Gentner ve A. L. Stevens (Eds.), Mental models, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1983.
- Nowikow, I., Heimbecker, B., ve Bosomworth, D., Physics Concepts and Connections, Irwin Publishing, Toronto, 2001.
- Nurrenbern, S. C. ve Pickering, M., Concept learning versus problem solving: is there a difference?, Journal of Chemical Education, 64,6 (1987) 508-510.
- Odell, J. L., Student Understanding of Conservation of Energy and Mass in Introductory University Science Courses. Yüksek Lisans Tezi, The University of Maine, Orono, 2005.
- Ogan-Bekiroglu, F., Examination of Pre-service Physics Teachers' Knowledge of Models and Perceptions of Modelling, GIREP 2006 Modelling in Physics and Physics Education.
- Oğuz, A., Developing students' understanding and thinking process by model construction, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 32 (2007) 198-209.
- Osborne, R. J. ve Gilbert, J. K., A method for investigating concept understanding in science. European Journal of Science Education, 2 (1980) 311-321.
- Osborne, R. ve Freyberg, P., Children's Science, In R. Osborne and P. Freyberg (Eds.) Learning in Science: The implications of children's science, 5-14, Heinemann, Hong Kong, 1985.

Oxford Dictionary, Oxford University Press, Glasgow, 1997.

Örnek, F., Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science, International Journal of Environmental & Science Education, 3,2 (2008) 35-45.

Örnek, F., Robinson, W. R., ve Haugan, M. P., What makes physics difficult?, International Journal of Environmental & Science Education, 3,1 (2008) 30-34.

Özmen, H. Fen Öğretiminde Öğrenme Teorileri ve Teknoloji Destekli Yapılandırmacı (Constructivist) Öğrenme. The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET, 3,1 (2004) Article 14.

Özsevgeç, T., İlköğretim 5. Sınıf Kuvvet Ve Hareket Ünitesine Yönelik 5E Modeline Göre Geliştirilen Rehber Materyallerin Etkililiklerinin Belirlenmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2007.

Papadouris, N., Kyratsi, T., ve Constantinou, C. P., Student Understanding of Energy as a Model that Accounts for Changes in Physical Systems, GIREP Conference Proceedings: Teaching and Learning Physics in new Contexts, 2004, Ostrava.

Papadouris, N. ve Constantinou C. P., Design, development and validation of a teaching proposal for energy: results from a pilot implementation, GIREP, 2006, Amsterdam.

Papadouris, N., Constantinou, C.P. ve Kyratsi, T., Students' use of the energy model to account for changes in physical systems, Journal of Research in science teaching, 45,4 (2008) 444-469.

Pape, S. J. ve Tchoshanov, M. A., The role of representation(s) in developing mathematical understanding, Theory into Practice, 40,2 (2001).

Patrick, P. G., Mental Models Students Hold of Zoos, Unpublished Doctora Thesis, the University of North Carolina, Greensboro, 2006.

Petersson, G., Description of cognitive development from a constructivist perspective, Paper presented in the third European Symposium on Conceptual Change, June 2002, Turku, Finland.

Piez., C. M., Voxman, M. H., Multiple Representations-Using Different Perspectives to Form a Clearer Picture, Mathematics Teachers, 90,2 (1997)164-166.

Rapp, D., Mental models: theoretical issues for visualizations in science education, John K. Gilbert (Ed.), Visualization in Science Education, 43-60, Netherlands, 2005.

Rebich, S., ve Gautier, C., Concept Mapping to Reveal Prior Knowledge and Conceptual Change in a Mock Summit Course on Global Climate Change, Journal of Geoscience Education, 53,4 (2005) 355-365.

Redish, E. F., The implications of cognitive studies for teaching physics. American Journal of Physics, 62 (1994) 796-803.

- Pielou, E. C., *The energy of nature*, The University of Chicago Press, Chicago, 2001.
- Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., Etkina, E., Case Study: Students' Use of Multiple Representations in Problem Solving, 2005 Physics Education Research Conference, 2006, 49-52.
- Rosengrant, D., Etkina, E., ve Van Heuvelen, A., An Overview of Recent Research on Multiple Representations. Physics Education Research Conference, AIP Conference Proceedings, 2007, 149-152.
- Rowlands, S., Graham, T., Berry, J. ve McWilliams, P., Conceptual change through the lens of Newtonian mechanics, Science and Education, 16 (2007) 21-42.
- Sağlam-Arslan, S., OFM7190 Eğitim Araştırmaları İçin Bilgiyi ve Öğrenmeyi Modelleme Teknikleri, Yayınlanmamış Ders Notları, KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon, 2008.
- Sağlam Arslan, A., Cross-grade comparison of students' understanding of energy concepts, Journal of Science Education and Technology, 19,3 (2009) 303-313.
- Sağlam-Arslan, A. ve Kurnaz, M. A., Prospective physics teachers' level of understanding energy, power and force concepts. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 10,1 (2009) Article 6.
- Sağlam Arslan, A. ve Devecioğlu, Y., Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 11,1 (2010) Article 7.
- Sağlam Arslan, A. ve Kurnaz, M. A., Students' conceptual understanding of energy: Do the learning difficulties in energy concept discovered in the 1990s persist still? Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies, 3,1&2 (2011) 109-118.
- Scaife, M., ve Rogers, Y., External cognition: How do graphical representations work? International Journal of Human-Computer Studies, 45,2 (1996) 185-213.
- Schnotz, W., Commentary Towards an integrated view of learning from text and visual displays. Educational Psychology Review, 14,1 (2002) 101-120.
- Schnotz, W., ve Bannert, M., Construction and interference in learning from multiple representations. Learning and Instruction, 13,2 (2003) 141-156.
- Shwartz, Y., Rogat, A., Merritt, J., ve Krajcik, J., The effect of classroom practice on students understanding of models. A paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, 2007, New Orleans.
- Sefton, I., Understanding Energy, Proceedings of 11th Biennial Science Teachers' Workshop, 2004, the University of Sydney.
- Sexl, R.U., Some observation concerning the teaching of the energy concept, European Journal of Science Education, 3 (1981) 285-289.

- Solomon, J., Getting to Know about Energy in School and Society. The Falmer Pres, London-Washington, 1992.
- Spilich, G. J., Vesonder, G. T., Chiesi, H. L. ve Voss, J. F., Text processing of domain-related information for individuals with high and low domain knowledge. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 18 (1979) 275-290.
- Strauss, A. L. and Corbin, J., Basics of Qualitative Research, Sage, Newbury Park, 1990.
- Stylianidou, F., Ormerod, F., ve Ogborn, J., Difficulties in teaching and learning with pictorial representations, Science Teacher Training in an Information Society (STTIS), European Commission, DG XII (Contract SOE2 CT97 2020), 2000.
- Strike, K. ve Posner, G., Conceptual change and science teaching, European Journal of Science Education, 4,3 (1982) 231-40.
- Swackhamer, G., 2005. Cognitive Resources for Understanding Energy. <http://modeling.asu.edu/modeling/CognitiveResources-Energy.pdf>. 11 Nisan 2008.
- Şahin, Ç., İlköğretim 8. Sınıf Kuvvet Ve Hareket Ünitesinde Zenginleştirilmiş 5E Öğretim Modeline Göre Rehber Materyaller Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2010.
- Şengören, K. S. Turkish Students' Mental Models of Light to Explain the Single Slit Diffraction and Double Slit Interference of Light: A Cross-Sectional Study. Journal of Baltic Science Education, 9,1 (2010) 61-71.
- Taber, K., Energy-by many other names, School Science Review, 70 (1989) 57-62.
- Talib, O., Matthews, R., ve Secombe, M., Constructivist Animations for Conceptual Change: An Effective Instructional Strategy in Understanding Complex, Abstract and Dynamic Science Concepts. Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT), 2,3 (2005) 78-87.
- Tan, S., Kayabası, Y. ve Erdoğan, A., Öğretimi Planlama ve Değerlendirme, 3. Baskı, Anı Yayıncılık, Ankara, 2002.
- Tao, P. K. ve Gunstone, R. F., The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction, Journal of Research in Science Teaching, 36,7 (1999) 859-82.
- Taştan, Ö., Yalçınkaya, E., ve Boz, Y., Effectiveness of Conceptual Change Text-oriented Instruction on Students' Understanding of Energy in Chemical Reactions, Journal of Science Education and Technology, 17,5 (2008) 44-453.
- Taylor, N. ve Coll, R., The use of analogy in the teaching of solubility to preservice primary teachers, Australian Science Teachers' Journal, 43,4 (1997) 58-64.

- Tekbıyık, A., Bağlam Temelli Yaklaşımla Ortaöğretim 9. Sınıf Enerji Ünitesine Yönelik 5E Modeline Uygun Ders Materyalleri Geliştirilmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon, 2010.
- Thornton, R. K. (1999). Using the results of research in science education to improve science learning. International conference on science education, Nicosia, Cyprus. <http://probesight.concord.org/what/articles/thornton.pdf>. 01 Mayıs 2007.
- Tiberghien, A., Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach and J. Osborne (Ed.), *Improving science education: the contribution of research*, Open University Press, Buckingham, 2000.
- Treagust, D. F., Harrison, A. G., ve Venville, G. J., Using an analogical teaching approach to engender conceptual change, International Journal of Science Education, 18,2 (1996) 213-229.
- Trumper R., Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept, part one, International Journal of Science Education, 12 (1990a) 343-354.
- Trumper, R., Energy and a Constructivist Way of Teaching, Physics Education, 25,4 (1990b) 208-212.
- Trumper R., Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept, part two. International Journal of Science Education, 13 (1991) 1-10.
- Trumper, R., Children's energy concepts: a cross-age study, International Journal of Science Education, 15,2 (1993) 139-148.
- Trumper, R. ve Gorsky, P., Learning about energy: the influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness, Journal of Research in Science Teaching, 30 (1993) 637-648.
- Trumper, R., A survey of Israeli physics students' conceptions of energy in pre-service training fro high school teachers, Research in science & Technological Education, 4,2 (1996) 179-192.
- Trumper, R., Applying conceptual conflict strategies in the learning of the energy concept, Research in Science & Technological Education, 15,1 (1997) 5-18.
- Trumper, R., A survey of conceptions of energy Israeli pre-service high school biology teachers, International Journal of Science Education, 19,1 (1997a) 31-46.
- Trumper, R., The need for a change in elementary school teacher training: the case energy concept as an example, Educational Research, 39,2 (1997b) 157-174.
- Trumper, R. A longitudinal study of physics' students' conceptions on energy in pre-service training for high school teachers. Journal of Science Education and Technology, 7,4 (1998) 311-318.

- Tsagliotis N., Hands-on science activities for the teaching and learning of mechanical energy with 6th grade primary school children in Greece, *Hands-on Science: Science in a changing Education*, University of Crete campus at Rethymno, Greece, 2005.
- Turgut, M. F., *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Metodları*, 9. Baskı, Saydam Matbaacılık, Ankara, 1993.
- Tversky, B., Cognitive maps, cognitive collages, and spatial mental models. In A. U. Frank and I. Campari (Eds.), *Spatial information theory: A theoretical basis for GIS*, Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- Tytler, R., Teaching for understanding in science: Students conceptions research, and changing views of learning, *Australian Science Teachers' Journal*, 48,3 (2002) 14-21.
- URL-1, (2009). American Association for the Advancement of Science, Project 2061 Benchmarks Online, <http://www.project2061.org/tools/benchol/bolframe.htm>. 12 Mart 2007.
- URL-2, (2009). Türk Dil Kurumu. <http://tdkterim.gov.tr/bts/?kategori=veritbnvekelimesec=112777>. 24 Mayıs 2009.
- URL-3, (2009). Cambridge Online Dictionary, energy, http://dictionary.cambridge.org/define.asp?key=energy*1+0vedict=A. 24 Mayıs 2009.
- Ünal, G. ve Ergin, Ö., Fen Eğitimi ve Modeller, *Milli Eğitim Dergisi*, 171 (2006) 188-196.
- Ünal Çoban G., Aktamış H., Ergin Ö., İlköğretim 8.Sınıf Öğrencilerinin Enerjiyle İlgili Görüşleri, *G.Ü. Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15,1 (2007) 175-184.
- Ünal, S., Çalık, M., Ayas, A. ve Coll, R. K. A review of chemical bonding studies: Needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims, and students' alternative conceptions, *Research in Science & Technological Education*, 24,2 (2006) 141-172.
- Van Den Berg, E., Van Den Berg, R., Capistrano, N., ve Sicam, A., Kinematics graphs and instant feedback, *School Science and Review*, 82 (2000) 104-107.
- Van der Meij, J., Support for learning with multiple representations: Designing simulation-based learning environments, University of Twente, Enschede, 2007.
- Van der Veer, G., 2000. Mental models of incidental human-machine interaction. Faculty of Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands. <http://www.cs.vu.nl/~gerrit/mmi9910-report1.doc>. 13 Mayıs 2009.
- Van Huevelen, A., Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies, *American Journal of Physics*, 59 (1991) 891-897.

- Vosniadou, S., ve Brewer, W. F., Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood, Cognitive Psychology, 24 (1992) 535-585.
- Vosniadou, S., ve Brewer, W. F., Mental models of the day/night cycle, Cognitive Science, 18 (1994) 123-183.
- Vosniadou, S., Capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instruction, 4 (1994) 45-69.
- Watts, D.M., Some Alternative Views on Energy, Physics Education, 18 (1983) 213–217.
- Warren J. W., The nature of energy. European Journal of Science Education, 4 (1982) 295-297.
- Warren, J. W., Energy and Its Carriers: A Critical Analysis, Physics Education, 18,5 (1983) 209-212.
- Willson, M., Williams, D. ve Adamczyk, P., Evaluating Science INSET through Concept Mapping, British Journal of In-service Education, 20,1 (1994) 121-130.
- Winslow, C., Research and development of university level teaching: the interaction of didactical and mathematical organisations. In: M. Bosch (ed.) *European Research in Mathematics Education IV. Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, 2006, Barcelona, 1821-1830.*
- Wiser, M., Kipman, D. ve Halkiadakis, L., Can models foster conceptual change? The case of heat and temperature, Cambridge: Harvard Graduate School of Education (ETC Technical Report TR88-7), 1988.
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., ve Redish, E. F., Making sense of how students make sense of mechanical waves, The Physics Teacher, 37,1 (1999) 15-21.
- White, R. T. ve Gunstone, R. F., *Probing Understanding*, The Falmer Press, London, 1992.
- White, B., Thinker Tools: Causal Models, conceptual change, and science education. Cognition and Instruction, 10,1 (1993) 1-100.
- Wicklein, R. C., ve Schell, J. W., Case Studies of Multidisciplinary Approaches to Integrating Mathematics, Science and Technology Education, Journal of Technology Education, 6,2 (1995) 59-76.
- Yarden, A. and Esterman, N., The effect of disciplinary identity on interdisciplinary learning during scientific group meetings, National Association of Research in Science Teaching, Annual Meeting, Baltimore, 2008.
- Yıldırım, A., Disiplinlerarası Öğretim Kavramı ve Programlar Açısından Doğurduğu Sonuçlar, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 12 (1996) 89-94.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H., *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, 5. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2006.

- Yin, R. K., Case Study Research: Design and Methods, 3rd Ed., Sage Publications, London, 2003.
- Yuengyong, C., Jones, A., ve Yutakom, N., A comparison of Thailand and New Zeland students' ideas about energy related to technological and societal issues, International Journal of Science and Mathematics Education, 6 (2008) 293-311.
- Yürümezoğlu, K., Ayaz, S. ve Çökelez, A., İlköğretim İkinci Kademe Öğrencilerinin Enerji ve Enerji ile İlgili Kavramları Algılamaları, Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED), 3,2 (2009) 52–73.
- Zou, X., The Use of Multiple Representations and Visualizations in Student Learning of Introductory Physics: An Example from Work and Energy Documents, Thesis (PhD), The Ohio State University, 2000.

Ek1. Kazanımlar Listesi

KAZANIMLAR	AÇIKLAMALAR
<p>1. Enerji ve özellikleri ile ilgili olarak öğrenciler;</p> <p>1.1. Enerji kavramının bilim insanlarınınca türetilmiş teorik bir kavram olarak açıklar.</p> <p>1.2. Enerjiyi bir sistemin özelliği olarak ifade eder.</p> <p>1.3. Doğada farklı enerji türleri olduğunu ve bunların birbirine dönüşebildiğini ifade eder.</p> <p>1.4. Farklı enerji türlerini kinetik ve potansiyel olarak sınıflandırır.</p> <p>2. Enerji türleri ve enerjinin korunumu ile ilgili olarak öğrenciler;</p> <p>2.1. Enerjinin hangi şartlarda korunduğunu bilir.</p> <p>2.2. Bir sisteme ait enerji türlerini mikroskobik ve makroskobik boyutta belirler.</p> <p>2.3. Kinetik enerji ile yerçekimi ve elastik potansiyel enerji türlerini hesaplar.</p> <p>2.4. Bir sistemin iç enerjisi dışındaki enerjileri olan kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjileri toplamını mekanik enerji olarak tanımlar.</p> <p>2.5. Mekanik enerjinin korunumunu, kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjileri arasındaki değişimle açıklar ve hesaplar.</p> <p>3. Enerji aktarım yolları ile ilgili olarak öğrenciler;</p> <p>3.1. Sistemler arasındaki enerji etkileşimini sıcaklık farklılığı ile açıklar.</p> <p>3.2. Isı kavramını, yüksek sıcaklığa sahip bir sistemden düşük sıcaklığa sahip bir sisteme enerji aktarım süreci olarak açıklar.</p> <p>3.3. İş kavramını, bir sistemden başka sisteme aktarılan enerji aktarım süreci olarak açıklar.</p>	<p>(!) 1.1. Enerjinin doğadaki değişimleri açıklamak üzere geliştirilmiş bir kavram olduğu ve bu nedenle özellikleri ile tanımlandığı açıklanır. Enerjinin disiplinler arası bir doğası olduğu açıklanır.</p> <p>?? 1.1. Enerji iş, kuvvet, güç, elektrik gibi kavramlarla aynı anlamdadır.</p> <p>?? 1.1. Enerji gözle görülebilir somut varlıktır.</p> <p>(!) 1.2. Evrenin en büyük sistem olduğu ve evrende toplam enerjinin daima sabit olduğu yani korunduğu vurgulanır. Evrendeki sistemler arasında enerji aktarımının gerçekleştiği hatırlatılır.</p> <p>↔ 1.3. Madde ve enerji arasındaki ilişki kavramsal düzeyde verilir.</p> <p>☞ 1.4. Bitkilerin Güneş'ten gelen enerjiyi fotosentez yolu ile aldığı ve besin zinciri aracılığıyla diğer canlılara aktardığı açıklanır. Bu süreçte farklı enerji formlarının varlığına vurgu yapılır.</p> <p>(!) 1.5. Kinetik enerjinin sistemin hareket enerjisi olduğu açıklanır. Ses, mekaniksel kinetik ve iç (termal) enerjinin kinetik enerjinin diğer türleri olduğu açıklanır. Potansiyel enerji sistemin etkileşim içerisinde olduğu diğer sisteme göre olan konumundan ve durumundan kaynaklanan enerji olarak tanımlanır. Kimyasal, elastik, elektriksel, nükleer, radyan ve manyetik potansiyel enerji potansiyel enerjinin türleri olarak açıklanır.</p> <p>(!) 2.1. Enerjinin korunumu açık ve kapalı sistemler ile izole ve izole edilmemiş sistemlerle açıklanır.</p> <p>(!) 2.2. Mikroskobik boyutta iç (termal) enerji, makroskobik boyutta kinetik enerji ile yerçekimi ve elastik potansiyel enerji türleri verilir. Elastik potansiyel enerji konusunda Hooke yasası verilir.</p> <p>?? 2.2. Yerçekimi potansiyel enerjisi sadece yerin yüzeyine bağlı olarak hesaplanır.</p> <p>(!) 3.1. Bir sistemde rastgele hareket eden moleküllerin ortalama kinetik enerjisinin göstergesinin sıcaklık olduğu belirtilir.</p> <p>(!) 3.1. Sıcaklık farklılığı iç enerji fazlası veya eksikliği ile açıklanır.</p> <p>(!) 3.2. İç (termal) enerji ve ısının aynı şeyler olmadığı, ısıdan bahsedilebilmesi için sistemler arasında sıcaklık farklılığına bağlı enerji aktarımının olması gerektiği vurgulanır.</p> <p>(!) 3.2. Isının mikroskobik boyutta enerjinin aktarım yolu olduğu açıklanır. Isı aktarımı atomlar arası etkileşimle açıklanır. Bu süreçte sürtünmeli ortamda hareket eden cismin sıcaklığının artacağı ve bu sıcaklığın düşük sıcaklıklı sisteme aktarılacağı yani cismin/sistemin bu yolla hareket enerjisini iç enerjiye dönüştüreceği açıklanır.</p> <p>(!) 3.3. Fizikte kullanılan iş tanımının güncel yaşamda kullanılan farklı olduğu vurgulanır. Fiziksel anlamda işin cisme uygulanan kuvvet ve kuvvetin uygulandığı cismin yer değiştirmesi ile yapıldığı açıklanır. Cisme etkiyen net kuvvetin ve değişken kuvvetlerin yaptığı iş verilir.</p>

Ek 1'in devamı

<p>3.4. Korunumlu ve korunumsuz kuvvetlerin yaptığı işi açıklar ve hesaplar.</p> <p>3.5. Güç kavramını bir sistemden diğerine enerji aktarım hızı olarak açıklar ve hesaplar.</p> <p>Bir sistemden diğerine enerji aktarım oranını verim olarak açıklar ve hesaplar.</p>	<p>(!) 3.3. Yapılan işin sistemin enerjisinde değişiklik yapabilmesi iş-enerji teoremi ile açıklanır. Bir sistemin üzerine yapılan iş nedeniyle sistemin kinetik enerjisinde meydana gelen değişim iş-kinetik enerji teoremi ile açıklanır. İş ve potansiyel enerji arasındaki ilişki, yerçekimi kuvvetinin ve elastik cisimlerin geri çağırıcı kuvvetleri tarafından yapılan iş çerçevesinde verilir.</p> <p>?? 3.3. Bir cisme etkiyen kuvvet cismi hareket ettirmese de iş yapılır.</p> <p>?? 3.3. Her enerji transferinde iş yapılır.</p> <p>?? 3.3. Sabit hızla hareket eden cisim iş yapar.</p> <p>(!) 3.4. Korunumlu ve korunumsuz kuvvetlerin etkiği sistemlerde, enerji aktarımı ve korunumu açıklanır.</p> <p>↔ 3.4. Enerjinin elektriksel, mekanik dalgalar ve elektromanyetik ışınım biçiminde de aktarımını olduğu kavramsal düzeyde verilir. Ayrıntılarına girilmez.</p> <p>(!) 3.6. Enerji dönüşümü süreçlerinde enerji indirgenmesi de bu kazanım kapsamında açıklanır.</p>
--	--

Ek 2. Mevcut Ders Kitapları Analizi

Enerji kavramının doğası, nasıl algılandığı ve nasıl öğretilmesi gerektiği ile ilgili çalışmaların analizlerinin yanı sıra ilgili literatürde yer alan ders kitaplarının analizleri de gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda üniversite ve kolej ders kitaplarından bazıları incelenmiştir. İncelemeler ilgili kitaplarda yer alan temel kavramların belirlenmesi noktasında gerçekleştirilmiştir. Analizler ilgili ders kitaplarının enerji kavramının öğretiminin hangi noktadan/perspektiften başladığını ve hangi temel konulara yer verildiğini belirlemek üzere iki boyutta gerçekleştirilmiştir.

Ders kitaplarının öğretim yaklaşımları

Ders kitaplarında enerji kavramını nasıl sunulduğunu belirlemek üzere gerçekleştirilen analiz sonuçları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Kitap		Basım Yılı	Özellik*						İş	
No	Adı		EA	KY	DAY	İTE	SY	SiY	A	AA
1	Temel Fizik	1996				X			X	
2	Serway Fizik (7. Baskı)	2000				X			X	
3	Conservation Laws	2005		X						X
4	Physics Principles and Problems	2005				X			X	
5	Physics for Scientist and Engineers (3. Baskı)	2007				X			X	
6	Conceptual Integrated Science	2007			X	X			X	
7	Physics for Scientist and Engineers: A Strategic Approach (2. Baskı)	2008					X			X
8	University Physics with Modern Physics (12. Baskı)	2008				X			X	
9	Physics Concepts and Connections	2001	X							X
10	Physics Concepts and Connections (II)	2002						X		X
11	College Physics	2006				X				X
12	Conceptual Physics (10. Baskı)	2006		X						X
13	Physics 11	-				X			X	
14	Physics 12	-		X					X	

* Enerji kavramına öğretimine hangi noktadan/perspektiften başladığını ifade etmektedir.

EA: Enerji aktarımı; KY: Korunum yasası; DAY: Disiplinler arası yaklaşım; İTE: İş temelli eğitim; SY: Stratejik yaklaşım; SiY: Sistem yaklaşımı; A: Enerji, iş yapabilme yeteneğidir.; AA: İş, enerji aktarım yoludur.

Tabloda enerji öğretiminin altı temel yaklaşımla başlatıldığı görülmektedir. Bu yaklaşımlar disiplinler arası yaklaşım, stratejik yaklaşım, sistem yaklaşımı, enerji aktarımı, korunum yasası ve iş temelli öğretim şeklindedir. Disiplinler arası yaklaşım enerjinin biyoloji ve kimya disiplinlerindeki tanımını verdikten sonra fizikte enerjinin tanımlanmasına dayanmaktadır. Stratejik yaklaşım tek boyutta hareketten yola çıkarak kinetik, çekim potansiyel enerji, mekanik enerjinin korunumu ve termal enerji gibi konuların temel düzeyde tanımlanmasından sonra enerji kavramının makro ve mikro düzeyde aktarımlarını iş ve ısı kavramlarını esas alarak sunulmasını içermektedir. Sistem yaklaşımı sisteme giren ve çıkan enerji miktarlarından yola çıkarak enerjinin kaybolmadığı sadece çeşidinin değiştiği bakış açısını yansıttıktan sonra enerjinin aktarımına odaklanmaktadır. Enerji aktarım yaklaşımı, enerji türlerinin tanıtımı ve enerjinin bir sistemden başka sisteme aktarımının iş kavramı ile öğretimini almaktadır. Enerji korunumu yaklaşımı, enerjinin doğada kaybolmadığını enerji

Ek 2'in devamı

çeşitleri arasında dönüşüm içinde olduğunu vurgulayarak enerji kavramının öğretimini başlatmaktadır. Bu yaklaşımda işlem temelli öğretimin ön plana çıktığı belirlenmiştir. İş temelli yaklaşımsa, fizikte iş kavramının tanımlanması ve iş-enerji teoreminden hareketle enerji ve ilişkili kavramların öğretimi esas alınmaktadır.

Enerji kavramının öğretiminde yalnızca iş temelli yaklaşımın tercih edildiği kitaplarda enerji ve iş kavramları arasındaki ilişkinin 'Enerji iş yapabilme yeteneğidir/kapasitesidir.' şeklinde olduğu görülmektedir. Diğer yaklaşımların tamamında iş kavramının enerjinin aktarım yolu olarak ifade edildiği görülmektedir. Aslında bu durum Sexl (1981) ve Kemp (1984) tarafından iş kavramına dayalı öğretimin öğrencilerin öğrenmesini kısıtladığı yönündeki açıklamaları ile örtüşmektedir. İncelenen kitaplarda öğretim süreci için belirlenen yapı ve içeriği aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Bölüm	Konu	Kitap														Toplam
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Kinetik enerji	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		12
	İş	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X		11
	Enerji korunumu	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X	X	11
	Yerçekimi potansiyel enerjisi		X			X		X	X	X	X	X			X	8
	Güç	Enerji aktarım oranı			X					X	X					7
		Birim zamanda yapılan iş				X		X		X		X				
	İş-enerji teoremi	X				X	X		X			X		X	X	7
	Esneklik potansiyel enerjisi (yayın)		X					X		X	X	X			X	6
	Potansiyel enerji						X						X	X		3
	Verim				X					X			X			3
	Enerji türleri			X				X		X						3
	Enerji dönüşümü							X			X			X		3
	Korunumlu-korunumsuz kuvvetler	X										X		X		3
	İş ve kinetik enerji		X											X	X	3
	İş ve potansiyel enerji											X			X	2
	Yüksek hızlarda kinetik enerji	X	X													2
	Makineler				X								X			2
	Mekanik enerji								X			X				2
	Termal enerji										X					1
	Glukoz: yaşam için enerji						X									1
Sistemler ve enerji korunumu											X				1	
2	Potansiyel enerji	X		X		X			X							4
	Korunumlu korunumsuz kuvvetler		X			X		X	X							4
	Enerji transferi							X			X			X		3
	Güç	Enerji aktarım oranı					X									1
		Birim zamanda yapılan iş							X					X		2
	İş-enerji teoremi				X			X								2
	Enerji çeşitleri					X							X			2
	Kütle ve enerji eşdeğerliği		X			X										2
	Depolanmış enerji	Çekim potansiyel e.				X										1
		Esneklik potansiyel e.				X										1
	Termal enerji (ısı, sıcaklık, vb.)							X		X				X		3
	Uydular (potansiyel enerji)										X				X	2
	Enerji diyagramları		X						X							2
	Isı transferi							X		X						2
	Enerji ve uzayda hareket														X	1
	Kurtulma enerjisi														X	1
	Basit harmonik hareket ve enerji										X					1
	Potansiyel enerji eğrisi					X										1
Kinetik enerji				X											1	

Ek 2'in devamı

	Verim														X		1
	İş ve kinetik enerji							X									1
	İş ve potansiyel enerji							X									1
	Kuvvet ve potansiyel enerji								X								1
3	İş			X													1
	İş ve potansiyel enerji			X													1

Tabloda görüldüğü gibi incelenen kitaplarda, öğretim sürecinin başlatılması noktasında farklılıklar söz konusu olsa da enerji öğretimi ile ilgili olarak çoğunlukla iki aşamalı bir süreç izlendiği dikkat çekmektedir. Birinci bölümlerde genellikle iş ve kinetik enerji merkezinde öğretim anlayışının, ikinci bölümlerde potansiyel enerjinin odağa alındığı görülmektedir. İncelenen kitapların kaçınıcı baskı olduğu ve yılları dikkate alındığında, yeni kitapların içeriğinin temelde aynı olmakla birlikte konularda ve konuların bölümler arası yerlerinde farklılıklar söz konusudur. Yeni kitapların bazılarında özellikle iş kavramının öncelikle verilen kavram olmaktan çıktığı görülmektedir. Bu yaklaşımın temelinde enerji ve iş arasındaki ilişkinin 'işin, enerjinin aktarım yolu' olarak benimsenmesinin olduğu açıktır. Diğer yandan kitaplar arasındaki değişimin güç kavramının tanımlanmasında da olduğu görülmektedir.

ENERJİ

ÖĞRETİMİ VE ÖĞRENİMİ İÇİN
STRATEJİK BİR YAKLAŞIM



Ek 3'ün devamı

İÇİNDEKİLER

A.	ENERJİ ve ETKİLEŞİMLERİ	1
1.	Her Yerde Enerji.....	2
2.	Çevremizdeki Enerji.....	4
2.1.	Güneş Enerjisi ve Bitkiler.....	4
2.2.	Enerji Çeşitleri.....	6
3.	Sorgulayalım Anlayalım.....	10
B.	ENERJİ ve KORUNUMU	11
1.	Sistem ve İzolasyon.....	12
2.	Termal Enerji.....	14
3.	Kinetik ve Yerçekimi Potansiyel Enerjisi.....	16
3.1.	Yerçekimi Potansiyel Enerjisinin Sıfır Noktası.....	18
3.2.	Enerji sütun-süreç grafikleri.....	20
3.3.	Yerçekimi Potansiyel Enerjisinin Farklı Eksendeki Durumu.....	22
4.	Mekanik Enerjinin Korunumu.....	23
5.	Sorgulayalım Anlayalım.....	25
6.	Esneklik Potansiyel Enerji ve Hooke Yasası.....	27
7.	Sorgulayalım Anlayalım.....	33
C.	ENERJİ AKTARIM YOLLARI	34
1.	Isı yoluyla enerji aktarımı.....	35
2.	İş yoluyla enerji aktarımı.....	38
2.1.	İş ve Kinetik Enerji.....	39
2.1.1.	İş.....	40
2.1.1.1.	Toplam İşin Hesaplanması.....	42
2.1.1.2.	Kuvvet Var İş Yok; Yer Değiştirme Var İş Yok.....	42
2.1.1.3.	Kuvvet ve Yer Değiştirme Var İş Yok.....	43
2.1.1.4.	Değişken Kuvvetlerin Yaptığı İş.....	46
2.3.	İş ve Potansiyel Enerji.....	48
2.3.1.	Yerçekimi Kuvvetinin Yaptığı İş.....	48
2.3.2.	Elastik Cisimlerin Yaptığı İş.....	49
2.3.3.	Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler.....	51
3.	Enerjinin Korunumu.....	53
4.	Güç: Enerji Aktarım Hızı.....	56
5.	Enerjinin Niteliği ve Aktarım Sürecinin Verimi.....	57
6.	Sorgulayalım Anlayalım.....	60

Ek 3'ün devamı

A. ENERJİ ve ETKİLEŞİMLERİ *

On binlerce yıl önce insanların ateş yakmayı keşfetmeleri ile başlayan enerjiyi kontrol etme süreci insanoğlunun bugün ulaştığı ekonomik, sosyal ve teknolojik gelişmelerin temelini oluşturmuştur. Örneğin, çok eski zamanlarda Çinliler deniz suyunu kaynatarak tuz elde etmişler ve o yıllarda tuza dayalı bir ekonomik yapı kurmuşlardır.

İnsanoğlunun ateş yakma ile başlayan enerjiyi kontrol etme/kullanma çalışmalarının temelinde sosyal yaşamı kolaylaştırma düşüncesi olduğu açıktır. Hava moleküllerinin hareket enerjisinden ulaşımı kolaylaştırmak için yararlanılan yelkenli gemiler ya da tahıl öğütmek için kullanılan yel değirmenleri buna örnek olarak verilebilir.



Günümüzde insanların günlük yaşamlarındaki ihtiyaçlarının her geçen gün arttığını ve çeşitlendiğini söyleyebiliriz. Bu ihtiyaçların temeli incelendiğinde hepsinin doğrudan veya dolaylı olarak enerji ile ilişkili olduğu açıktır.

Günlük yaşantılarımızda karşılaştığımız olayları düşündüğümüzde, enerji etkileşimleri ile ilgili yaşantılarla yaygın bir şekilde karşılaştığımızı algılamaktayız. Örneğin; her sabah vücudumuzun enerji ihtiyacını karşılamak için kahvaltı yaparız. Elde ettiğimiz bu enerjiyi vücudumuz, işe/okula doğru yürürken kinetik enerjiye veya işte/okulda



merdivenleri çıkarken kinetik ve potansiyel enerjiye dönüştürür.

Arabaların kullanımında da benzer durumlar söz konusudur. Arabayı çalıştırdığımızda; aküde depolanmış kimyasal potansiyel enerji, radyoyu, farları ve silecekleri çalıştırmak için elektriksel enerjiye dönüştürülür. Yakıtta depolanmış kimyasal potansiyel enerji ise arabanın tekerlerini döndürmek yani arabayı hareket ettirmek için mekanik enerjiye dönüştürülür.



Anlaşıldığı üzere enerji, hayatımızın her aşamasına girmiş bir kavramdır ve hayatımızın niteliği enerjiyi kullanılabilmemiz ile doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple, enerjinin ne olduğunu iyi anlamak ve yorumlamak bireyler için son derece önemlidir.

Bu bölümde enerji kavramının tanımı, enerji-madde ilişkisi, enerji türleri ve enerji dönüşümü konularında bilgiler edineceksiniz.

* Bu materyal, literatür taraması sonucu belirlenen (bkz. 1.7.2.1.1., 1.7.2.2.1.6. ve 1.7.2.2.2.7. başlıkları) temel noktalar ve CD'de Ek-2'de inceleme sonuçları sunulan ders kitapları sentezlenerek hazırlanmıştır.

Ek 3'ün devamı

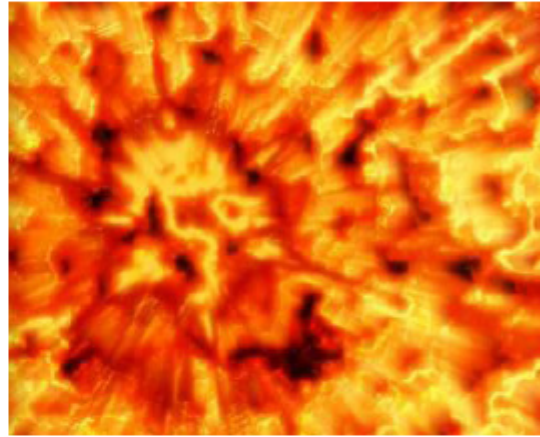
<p>Tartışalım</p> <p>Enerji nedir?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Enerji niçin vardan yok, yoktan var edilemez? Açıklayınız.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

1. Her Yerde Enerji

Yapılan en iyi tahminlere göre evren, yaklaşık 13 milyar yıl önce büyük patlama (Big Bang) ile püskürtülen maddenin genişlemesiyle var olmuştur. Bu teoriye göre evren, çok küçük bir zaman diliminde sıfır hacme sahipti ve tamamıyla radyan enerji ile doluydu. Bu zaman diliminde enerjinin yoğunluğu sonsuz, sıcaklığıysa tahminen 10^{32} K'di(Taylar, 1994).

Evren 10^{-43} s yaşına ulaştığında sıfır hacmin aşıldığı (toplu iğnenin ucundan daha küçük) ve çok küçük miktarlardaki enerjinin maddeye dönüşmeye başladığı tahmin edilmektedir. Bu zaman diliminden günümüze, enerji ve madde evrenin tüm içeriğini oluşturmuştur (Peterson, 2000).

Evrenin oluşumunun ilk anı ile 300.000 yıl sonrası arasındaki dönemde hiçbir atom oluşmamıştır. Plazma halindeki hidrojen ve helyum çekirdeği (protonlar) ile serbest elektronların varlığının söz konusu olduğu bu dönemde, evren tamamıyla radyan enerji ile doluydu. Işınımın çoğunlukta olduğu bu dönemin sonunda sıcaklık 100.000 K seviyelerine düşmüş ve ortam, proton ve elektronun birleşerek hidrojen atomunu oluşturması için uygun hale



gelmişti. Daha sonraki süreçte ise sırasıyla diğer atomlar, yıldızlar ve gökadalara oluşmuştu. Bu süreçte evrende bulunan tüm maddelerdeki enerji oranı radyan enerji oranını aşmaya başlamıştı. Ancak evren, ilk dakikalardan günümüze kadar nitelik olarak hiçbir şey kaybetmemiştir. Sadece sıcaklığı düşmüş, genişliği artmış ve madde miktar olarak radyan enerjiye baskın hale gelmiştir (Karttunen, 1996).



Ek 3'ün devamı

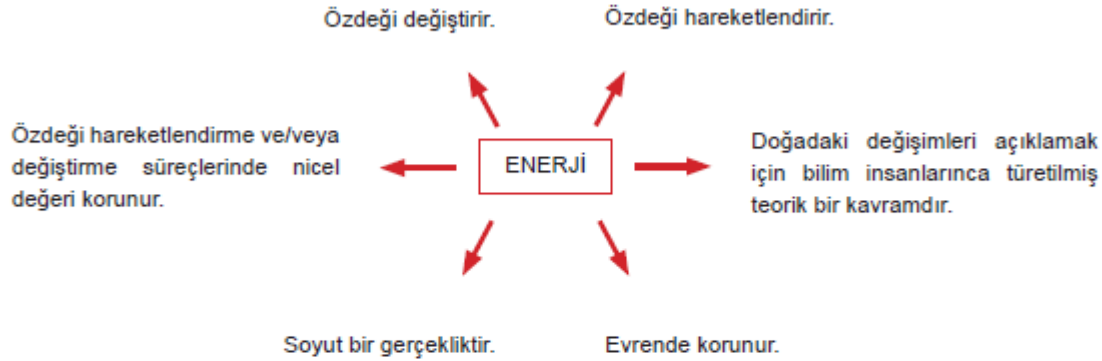
Yukarıda anlatılanlardan anlaşıldığı üzere, evrenin oluşum sürecinde enerji vardır. Günümüzde ise evrenin tüm içeriği enerji ve maddeden ibarettir. Bu nedenle, en genel bakış açısıyla, fiziğin uğraşı alanı madde ve enerji etkileşimleridir. Madde, evrende bulunan özdedir. Bu noktada sorgulanması gereken enerji kavramının nasıl tanımlanması gerektiğidir.

Enerji nedir?

Bazı öğrenciler enerjiyi gözle görülebilir somut bir varlık olarak, bazıları güç, kuvvet, elektrik gibi kavramlarla eş anlamlı olarak, bazıları günlük yaşamda kullanılan efor kelimesi yerine kullanmaktadırlar. Bazı öğrencilerse enerjiyi sadece bir şey yapmak için ihtiyaç duyulan olarak algılamakta, bazılarıysa enerji korunumu ilkesini kabul etmemektedirler. Enerji, gerçekte ne olduğunu bilmediğimiz ancak doğadaki değişimleri açıklamak üzere bilim insanlarınca türetilmiş teorik bir kavramdır (Papadouris vd., 2004, 2008; Papadouris & Constantinou, 2006). Bu nedenle enerji kavramı sahip olduğu özellikleriyle açıklanmaktadır. Buna göre enerji, özdeği (uzayda yer dolduran ve kimyasal yapısı olan varlık) değiştirme ve hareketlendirme ve bu değiştirme/hareketlendirme süreçlerinde nicel değeri korunma özelliklerine sahip olan ancak gerçekte ne olduğu bilinmeyen soyut bir gerçekliktir.



Enerji kavramına ait bazı temel özellikler için aşağıda verilen kavram ağını inceleyiniz.



Ek 3'ün devamı



2. Çevremizdeki Enerji

Yüksek bir dağın tepesine çıktığınızı ve bu esnada çevrenizle ilgili gözlemler yaptığınızı varsayalım. Gördüklerinize dair oluşturacağınız liste muhtemelen dağları, tepeleri, dereleri, ağaçları, kuşları, böcekleri içerecektir. Kuşkusuz oluşturulacak böyle bir listenin daha da genişletilmesi olasıdır. Ancak liste ne kadar genişletilirse genişletilsin enerji, doğrudan gözlenmesi mümkün olmadığı için bu listede yer almaz. Buna karşın etrafımızdaki sayısız harekette, olayda ve değişimde enerjinin var olduğunu biliriz. Bir binanın yapısında, akan suda,

sallanan ağaç dalında, kanat çırpan kuşta, rüzgârlarla hareket eden bulutlarda vb. pek çok durumda, canlı ve cansız ayrımı olmaksızın, tüm varlıklar tarafından enerjinin kullanıldığını anlarız. Eğer gözlemlerimizi biraz daha derinleştirirsek doğada bir enerji dönüşümünün var olduğunu fark ederiz. Bu dönüşüm aslında Dünya'daki tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmek için enerjiye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Hiç kuşkusuz bu döngüde kullanılan enerjinin kaynağı Güneş'tir. Dünya'daki yaşamın Güneş'e bağlı olduğu, bitkilerin büyümesinden veya güneş ışıklarının gece ve gündüz oluşturduğu etkilerin farklı oluşundan da anlaşılmaktadır.



Dünya'yı yaşanabilir kılan Güneş, enerjisini elektromanyetik ışınlar biçiminde göndermekte ve bu radyan potansiyel enerjinin bir kısmı dünyamızda bitkiler tarafından kimyasal enerjiye dönüştürülmektedir.

2. 1. Güneş Enerjisi ve Bitkiler

Tüm canlılar gibi bitkiler de yaşamlarını sürdürebilmek için besin öğelerine ihtiyaç duyarlar. Ancak diğer canlılardan farklı olarak bitkiler, inorganik maddeler olan karbondioksit, su ve çeşitli mineralleri kullanarak ihtiyaçları olan karbohidratları, yağları ve proteinleri kendileri üretirler. Ancak özkükte yapılacak değişiklikler için enerjiye ihtiyaç olduğundan bitkiler bu enerjiyi bir dış kaynaktan elde etmeye çalışırlar. Bitkilerin enerji kaynağı ise Güneş'tir (Smith, 2001; Hewitt, 2007; Burden vd., 2010).

Bitkiler, Güneş'ten aldıkları enerjiyi klorofil aracılığıyla soğurarak ihtiyaç duydukları enerjiyi elde ederler. Soğurdıkları bu enerji ile bitkiler fotosentez olarak isimlendirilen reaksiyonu başlatırlar. Bu reaksiyon sürecinde bitkiler, su ve karbondioksiti birleştirerek glikoz ve oksijen molekülünü üretirler. Bitkilerin ürettiği glikoz, kimyasal potansiyel enerji bakımından zengindir. Bu nedenle bitkiler diğer canlılar için temel besin kaynağıdır (Smith, 2001; Hewitt, 2007; Burden vd., 2010).

Klorofil ışığı soğuran ve fotosentezi başlatan pigmenttir.

Fotosentez enerjiye ihtiyaç duyan endotermik bir reaksiyondur.

karbondioksit + su + güneş ışığı



glikoz + oksijen

Ek 3'ün devamı

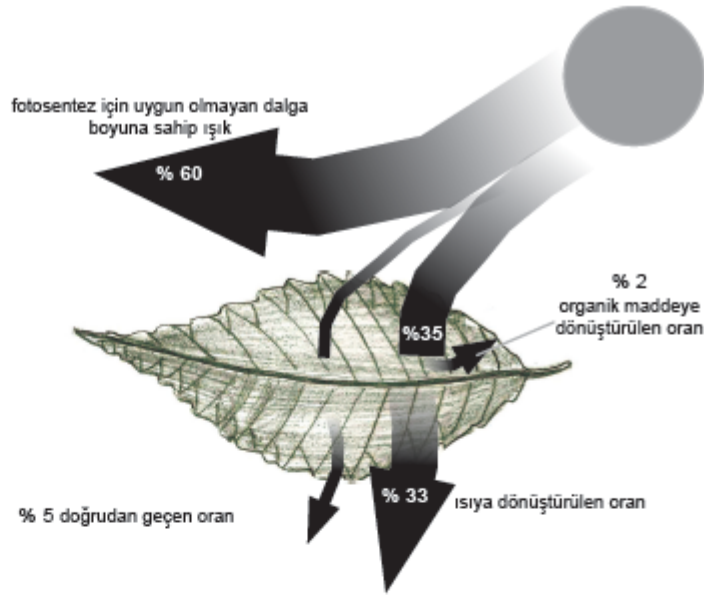
Yandaki şekil incelendiğinde, fotosentez sürecinde bitkilerin güneş ışığının % 2 gibi çok az bir bölümünden yararlandığı düşünülebilir. Ancak Güneş'in Dünya'ya gönderdiği bir günlük enerjinin insanlığın bir gün boyunca ihtiyaç duyacağı toplam enerjinin neredeyse on bin katı kadar olduğu gerçeği göz önüne alındığında, % 2'lik oranın dünyadaki yaşamın devamlılığı için yeterli olduğu anlaşılır (Burden vd., 2010).

Görüldüğü gibi bitkiler de makineler gibidir. Bir arabanın hareket etmek için enerjiye ihtiyaç duyduğu gibi bitkiler de büyüyebilmek, yaşamını devam ettirebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Ancak bitkilerin radyan enerjisi kimyasal enerjiye dönüştürebilme özelliği diğer canlıların ve makinelerin aksine doğadaki yaşamın sürdürülebilir olması için temel niteliktedir.

Güneş enerjisinin ilk kullanıcıları olan bitkiler, ürettikleri organik maddeleri besin zinciri yoluyla diğer canlılara vererek enerji akışını sağlarlar. Örneğin insanlar ihtiyaç duyduğu glikozu yiyeceklerden almakta ve elde ettiği glikoz moleküllerini hücrelerine aktarmaktadırlar. Burada glikoz moleküllerinde depolanmış kimyasal potansiyel enerji serbest bırakılarak canlılığın devamı için kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi canlılar, besin aktarımı yoluyla enerji akışını sağlamaktadır. Bu durumda yukarıda bahsettiğimiz enerji dönüşümü basitçe aşağıda verilen şekildeki gibi özetlenebilir.



Buraya kadar anlatılanlar enerjinin farklı çeşitlerinin var olabileceğini göstermekte olup radyan potansiyel enerji, kimyasal potansiyel enerji, mekanik enerji bunlardan bazılarıdır. Bu enerji çeşitleri birbirine dönüşebilmektedir. Örneğin merkezinde meydana gelen nükleer tepkimeler nedeniyle Güneş inanılmaz miktarda radyan enerji elde ederken bu enerjiyi etrafına elektromanyetik dalgalar ile yayar. Güneş'ten gelen enerjinin küçük bir bölümünü alan çimenler, fotosentez süreci sonunda aldığı enerjiyi kimyasal enerjiye çevirirler. Çimen, otobur bir canlı örneğin koyun tarafından tüketilinceye kadar büyür. Koyun çimenden elde ettiği kimyasal potansiyel enerjinin bir kısmını kaslarında mekanik enerjisine dönüştürür. Koyunu tüketen insan için de aynı durum söz konusudur. Koyunlar ve insanlar sıcakkanlı canlılar olmaları



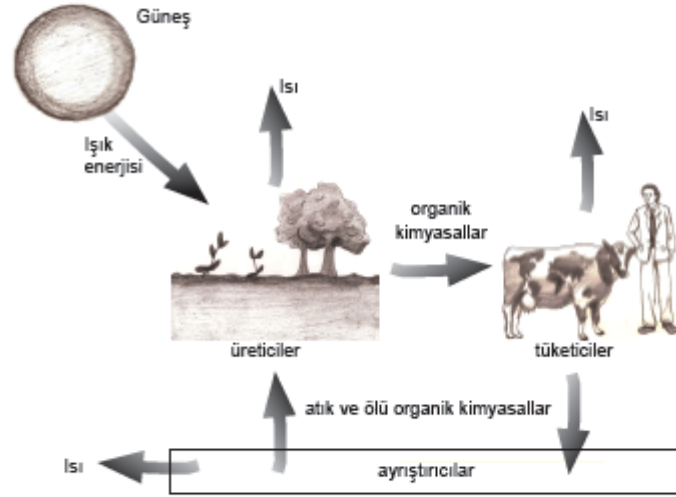
Bazı öğrenciler enerjiyi insan odaklı düşünürken bazıları sadece canlı varlıkların enerjiye sahip olduğuna inanmaktadırlar. Oysa bu inanışlar yanlıştır. Çünkü canlı olmasa da tüm varlıkların var olmaları nedeniyle bir iç enerjisi vardır. Bazı öğrencilerse bitki ve hayvanların enerjilerini su, hava veya topraktan sağladığına inanmaktadırlar. Bu inanışta yanlıştır. Çünkü bitkiler yaşamları için ihtiyaç duydukları enerjiyi Güneş'ten, hayvanlarsa besin zinciri yolu ile elde ederler.

Ek 3'ün devamı



Bitkiler güneş enerjisini soğurur ve onu kimyasal enerjiye dönüştürerek moleküllerinde depolar. At gibi diğer organizmalar bu bitkiyi tükettiklerinde ihtiyaçları olan enerjiyi almış olurlar.

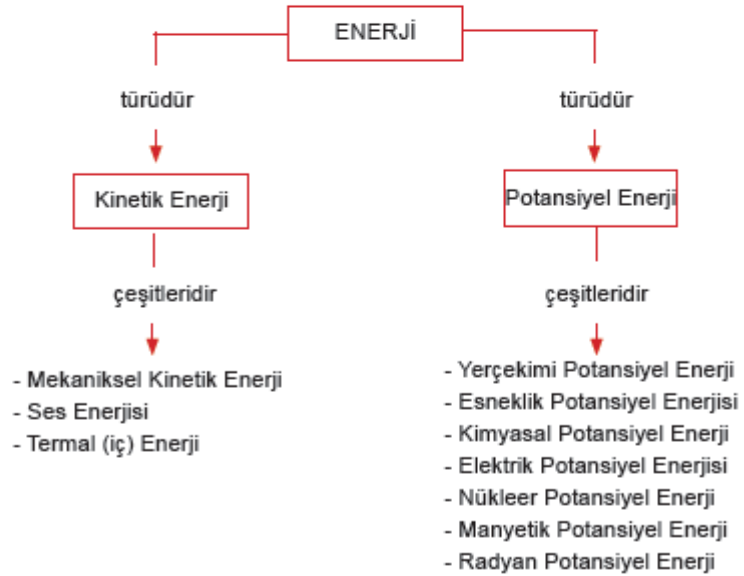
sebebiyle elde ettikleri kimyasal potansiyel enerjinin bir bölümünü de ısıya dönüştürürler. İnsanlar ölünce organizmalarındaki enerji, sıcakkanlı olmayan ancak ısı üreten ayrıştırıcılar tarafından ısıya dönüştürülür.



Çevremizdeki enerji dönüşümü için yukarıdaki örneğe benzer nitelikte pek çok örnek vermek mümkündür (Burden vd., 2010). Ancak enerji dönüşümünü doğru algılamak enerji çeşitlerinin neler olduğunu bilmeyi gerektirir.




2.2. Enerji Çeşitleri

Tüm enerji çeşitleri gerçekte iki temel enerji türünün çeşitleridir. Bunlar potansiyel (depolanmış) enerji ve kinetik (hareket) enerjidir (Nowikow & Heimbecker, 2001; Troung, 2010).



Kinetik enerji hareket nedeniyle sahip olunan enerjidir. Potansiyel enerji, maddelerin fiziksel durumları ve/veya etkileşim içinde oldukları cisimlere göre konumları nedeniyle depoladıkları enerjidir. Bu enerji türlerinin çeşitleri ile ilgili olarak aşağıdaki tabloları inceleyiniz.

Ek 3'ün devamı

Kinetik Enerji Çeşitleri	Açıklama	
Mekaniksel Kinetik Enerji	Hareket enerjisidir. Atomlardan gezegenlere hareket eden her şeyin kinetik enerjisi vardır. Bir cismin diğerine göre hızının fazla olması, onun daha fazla kinetik enerjiye sahip olduğunu gösterir.	
Ses Enerjisi	Özdekte mekaniksel dalgalar halinde yayılan enerjidir. Ses dalgaları geçerken özdeğin atom veya molekülleri ileri geri titreşerek en yakın atom veya molekül ile çarpışır. Kulak zarının titreşmesi de bu şekilde gerçekleşmektedir.	
Termal (İç) Enerji	Kinetik enerjinin moleküler seviyedeki çeşididir. Bir sisteme ait parçacıkların hareket enerjisidir. Bir tencere suyu kaynattığımızda, tenceredeki tüm parçacıkların kinetik enerjisini artırırız. 50°C sıcaklığa sahip bir kazan suyun sahip olduğu enerji, aynı sıcaklığa sahip bir tencere suyun sahip olduğu enerjiden fazladır.	

Potansiyel Enerji Çeşitleri	Açıklama	
Yerçekimi Potansiyel Enerjisi	Yerçekiminin etkin olduğu yerde herhangi bir referans noktasına göre yüksekliğe (uzaklığa) sahip cismin konumundan kaynaklanan enerjidir. Örneğin "bungie jumping" yapmak üzere atlama noktasına çıkan kişinin sahip olduğu enerjidir.	
Kimyasal Potansiyel Enerji	Atomlar arasındaki kimyasal bağlar sebebi ile oluşan, bu bağlarda depolanan ve kimyasal tepkimede açığa çıkan enerjidir. Simit, gazyağı, kibrit, havai fişeklerin patlaması kimyasal potansiyel enerjiye örnektirler.	
Esneklik Potansiyel Enerji	Bükülme, gerilme veya sıkıştırılma sonucunda cismin depoladığı enerjidir. Kan alma esnasında kola bağlanan serumun depoladığı enerji örnek olarak düşünülebilir. Ya da yandaki şekilde görüldüğü gibi sporcunun yükselmesini sağlayacak enerjinin kaynağı, sırtta depolanan esneklik potansiyel enerjisidir.	
Elektriksel Potansiyel Enerji	Bir elektrik alanı içindeki yüklü parçacıkların etkileşiminden kaynaklanan depolanmış enerjidir. Örneğin bir pilde depolanmış kimyasal enerji elektriksel potansiyel enerjiye dönüşür.	
Nükleer Potansiyel Enerji	Atomların çekirdeğinde depolanan ve nükleer tepkimeler ile açığa çıkan enerjidir. Ağır radyoaktif atomların küçük atomlara bölünmesi veya hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturmaları sürecinde açığa çıkan enerjidir. Bu enerji nükleer santrallerde elektrik enerjisi üretmek üzere kullanılmaktadır.	
Radyan Potansiyel Enerji	Elektromanyetik (ısı, ışık, ırsın) dalgalar ile taşınan enerjidir. Görülen ve görülmeyen tüm radyan enerjinin kaynağı Güneş'tir. Karları eriten, bazı hesap makinelerinin çalıştırılmasında kullanılan enerjidir.	
Manyetik Potansiyel Enerji	Mıknatısın etkileşiminden kaynaklanan enerjidir. Örneğin, bir mıknatısı tutunduğu demir üzerinden hafifçe kaldırırken varlığını hissederiz.	

Ek 3'ün devamı

Çevremizdeki maddeler bulunduğu yerdeki fiziksel durumlarına, konularına, hareketlerine veya bunların hepsine bağlı olan bir enerjiye sahiptir. Bu enerji, kinetik ve potansiyel enerjilerin alt çeşitleri şeklinde doğada yer değiştirmektedir. Bu bir olayın gerçekleşmesinde gerekli olan enerjinin yoktan var edilmediğini sadece çeşidinin değiştirdiğini göstermektedir. Bu anlamda hareket halindeki aracın önüne çıkan bir hayvan nedeniyle kornaya basarak fren yapması ve durması sürecindeki enerji dönüşümünü irdeleyelim.



Bazı öğrenciler sadece hareket eden cisimlerin enerjiye sahip olduğuna inanmaktadırlar. Oysa bu yanlış yanlıştır. Çünkü cisimler var olmaları ve çevrelerindeki diğer cisimlerle etkileşimleri nedenleriyle de enerjiye sahiptirler.

Yukarıdaki aracın hareketi ile ilgili enerji dönüşümü için öncelikle yakıttaki kimyasal potansiyel enerjinin mekaniksel kinetik enerjiye dönüştüğünü belirtmek gerekir. Durma sürecinde, bu enerjinin yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi ses enerjisine, yolun termal enerjisine ve hava moleküllerinin hareket enerjisine dönüştüğü görülmektedir. Buna göre aracın durması olayında başlangıçtaki enerji miktarı süreç sonunda değişmemiştir. Diğer bir ifade ile aracın enerjisinin bir bölümü kullanılmış yani azalmış olsa da yok edilmemiş başka enerji çeşidine dönüşmüştür. Fizikte bu durum enerjinin nicelik olarak korunduğu anlamını taşımaktadır. Ancak yukarıda bahsedilen süreçte enerjinin nitelik olarak korunduğunu söylemek doğru değildir. Bu durum enerjinin kullanılabilirliği ile ilişkili olup 'Enerji Aktarım Sürecinin Verimi' konusunda irdelenecektir.

Örnek 1 Referans Noktası

Dünya ve dünyaya düşen bir göktaşından oluşan bir sistemde yerçekimi potansiyel enerjisi hesaplanırken dikkate alınması gereken mesafe aşağıdakilerden hangisidir? Açıklayınız (Kumaz, 2007).

- Göktaşı ile dünya yüzeyi arasındaki mesafe
- Göktaşı ile dünya merkezi arasındaki mesafe

Çözüm

Yerçekimi potansiyel enerjisi, yerçekiminin etkin olduğu yerde herhangi bir referans noktasına göre yüksekliğe (uzaklığa) sahip cismin konumundan kaynaklanan enerjidir. Bu tanımlamada verilen herhangi bir referans noktası ifadesi referans noktasının seçiminin tercihe bağlı olduğunu işaret etmektedir. Buna göre yerin yüzeyi referans noktası olarak kabul edildiğinde yerçekimi potansiyel enerjisi değerinin bulunmasında göktaşı ile dünya yüzeyi arasındaki uzaklık düşünülmelidir. Diğer taraftan yerin merkezi referans noktası olarak kabul edilirse yerçekimi potansiyel enerjisi değerinin bulunmasında göktaşı ile dünya merkezi arasındaki uzaklık düşünülmelidir. Diğer bir söyleyle, bu soruda uzaklık belirli bir y mesafesi değildir, Δy mesafesidir. Δy 'yi belirlemek için bir referans noktası belirlemek tercihe göredir. O halde soruda verilen her iki durum içinde sonuç fark etmez. Gök taşı ile dünya yüzeyi veya merkezi arasındaki mesafe, yerçekimi potansiyel enerjiyi hesaplamak için kullanılacak geçerli referans noktalarıdır.

Ek 3'ün devamı

Alıştırma 1

Aşağıda verilen durumlarda hangi enerji çeşidinden veya çeşitlerinden bahsedildiğini belirleyerek cevabınızı açıklayınız.

(İE: İç Enerji, KE: Kinetik Enerji, YPE: Yerçekimi Potansiyel Enerjisi, EPE: Esneklik Potansiyel Enerjisi)

Durum	İE	KE	YPE	EPE	Açıklama
Nicel değeri referans noktasının seçimine bağlı olan enerji türüdür.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çünkü
Cismin durgun halde iken kesinlikle sahip olmadığı enerji türüdür.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çünkü
Cismin kütlesi ve yüksekliğine bağlı enerji türüdür.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çünkü
Cismin durumu/pozisyonu nedeniyle sahip olduğu enerji türüdür.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çünkü
Cismin hareketli olduğu anda sahip olduğu enerji türüdür.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çünkü
Cismin diğer cisme göre konumu nedeniyle sahip olduğu enerjidir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çünkü
Yerin yüzeyinde durmakta olan cismin kesinlikle sahip olmayacağı enerji türüdür.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çünkü

Alıştırma 2

Uçmakta olan bir uçağı sistem olarak düşününüz. Bu uçağın herhangi bir anda sahip olduğu enerji türleri aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir? Neden?

- A. Kinetik enerji
- B. Kinetik enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisi
- C. Kinetik enerji ve iç enerji
- D. Yerçekimi potansiyel enerjisi
- E. İç enerji

Çünkü

Alıştırma 3

- I. bilye : sabit bir doğrultuda değişik hızlarda hareket etmektedir.
- II. bilye : sabit bir hızla değişik doğrultularda hareket etmektedir.
- III. bilye : sabit bir hız ve doğrultuyla hareket etmektedir.

Yukarıda özdeş üç bilye hakkında verilen bilgilerden yola çıkarak,

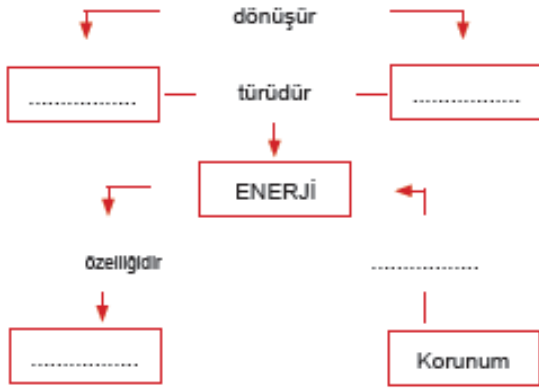
- A. Hangi bilyenin kinetik enerjisinin sabit olduğunu bulunuz.
- B. Niçin sabit olduğunu açıklayınız.

Ek 3'ün devamı



Sorgulayalım Anlayalım

1. Aşağıdaki kavram haritasını tamamlayınız.



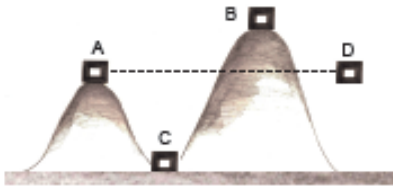
2. Sınıf ortamında mevcut olan enerji dönüşüm süreçlerine örnekler veriniz.

3. Madde ve enerji arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

4. Güneş'ten sürekli enerji alan dünyamızı bir enerji deposu olarak tanımlayabilir miyiz? Niçin?

5. Enerji türlerini yazınız. Çeşitlerini örneklendirerek açıklayınız.

6. 1 kg kütleli özdeş A, B, C ve D cisimleri için belirlenmiş durum aşağıdaki gibidir. Şekilden hareketle aşağıda verilen durumların doğru veya yanlış olduğunu belirleyerek açıklayınız.



- A, B ve C cisimleri yerin yüzeyinde olduğu için yerçekimi potansiyel enerjisi değerleri sıfırdır.

- D ve A cisimlerinin B cismine göre yükseklikleri aynı olmasına karşın D cisminin yerçekimi potansiyel enerji değeri daha fazladır.

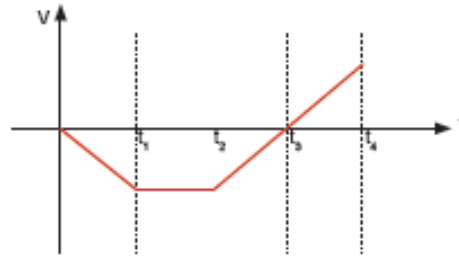
7. Koşan bir sporcunun sahip olduğu enerjinin kaynağını (Güneş'ten başlayarak) ve enerji dönüşümünü yazınız.



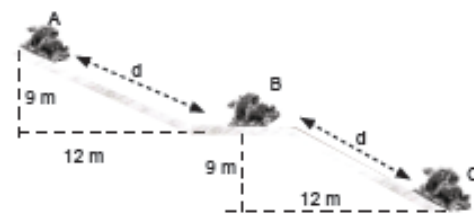
8. Bisikletinizi ters çevirdiğinizi, tekerini hızla döndürdüğünüzü ve demir bir çubuğu bisikletin tekerine dokundurarak durduğunuzu düşününüz. Böyle bir süreçte gerçekleşecek enerji dönüşümlerini yazınız.



9. Aşağıda bir cismin hareketine ait olarak verilen V-t grafiğini dikkate alarak cismin t_1 , t_3 ve t_4 anlarında sahip olduğu enerji çeşitlerini belirleyiniz.



Aşağıdaki şekile göre 10 ve 11. soruları yanıtlayınız.



10. Sürtünmesiz ortamdaki kızakçının hangi enerji çeşitlerine sahip olduğunu belirleyerek kızakçının A ve C noktaları için enerji değişimini açıklayınız. (C noktasını referans noktası alınız.)

11. 10. soruyu B noktasını referans noktası olarak yeniden yanıtlayınız ve 10 ve 11. sorudaki yanıtlarınızı karşılaştırarak farklılıkları açıklayınız.

Ek 3'ün devamı

B. ENERJİ ve KORUNUMU

Bir önceki bölümde, ne olduğunu bilmediğimiz gizemli bir gerçeklik olan enerjinin, doğadaki yaşamın temel bileşeni olduğu, kinetik ve potansiyel olmak üzere iki türü olduğu, bu türlere ait çeşitleri olduğu, türleri ve çeşitleri arasında dönüştüğü, bir olayın/durumun öncesi ile sonrasında nicelik olarak korunduğu açıklanmış olmasına rağmen, bir sistemin enerjisinin hangi şartlar altında korunduğu sorusu henüz irdelenmemiştir.



Bu başlık altında, enerjinin hangi durumlarda korunumlu olduğunu, kapalı/açık sistemler ve izole edilmiş/izole edilmemiş sistemler kapsamında inceleyeceğiz. Bu süreçte termal enerji, kinetik enerji ve potansiyel enerji türleri hakkında bilgiler edineceğiz.

Tartışalım

Oda sıcaklığı

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, duvarları çok iyi yalıtılmış bir odanın kapı ve pencerelerinin sıkıca kapatılarak odanın çok iyi izole edildiğini varsayalım. Ayrıca odada kapısı açılarak çalıştırılan bir buzdolabının çalıştığını düşünelim. Böyle bir ortamda oda sıcaklığı için ne söyleyebilirsiniz?

Artar. Çünkü

Azalı. Çünkü

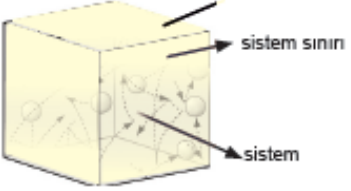
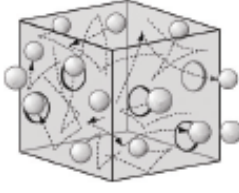
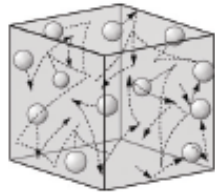
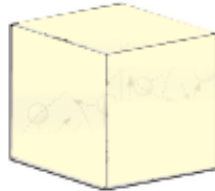
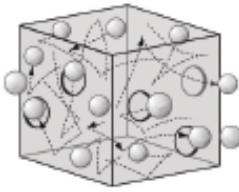
Değişmez. Çünkü



Ek 3'ün devamı

1. Sistem ve İzolasyon

Enerjinin hangi şartlar altında korunduğunu tanımlayabilmek için iki temel kavramın doğru algılanması önemlidir. Bunlar açık/kapalı sistemler ve izole edilmiş/edilmemiş sistemlerdir. Açık/kapalı sistemler ile izole edilmiş/edilmemiş sistemlerle ilgili açıklamalar için aşağıdaki tabloyu inceleyiniz (Çengel & Boles, 2006).

	Açıklama	Örnek
Sistem	İncelenmek üzere belirlenen bir kütle ya da uzayın belli bir bölgesine sistem adı verilir.	
Sistem sınırı	Sistemi çevresinden ayırdığı düşünülen hayali yüzeydir.	
Açık sistem	Madde ve enerji giriş çıkışının gerçekleştiği sistemlerdir. Gökyüzüne doğru yükselen roket açık sisteme örnektir.	
Kapalı sistem	Madde girişi ve çıkışının gözlenmediği ancak enerji girişi ve çıkışının gözlenebildiği sistemlerdir. Bir pet şişe içindeki buzun erimesi olayında pet şişe ve içindekilerden oluşan sistem kapalı bir sistemdir.	
İzole edilmiş sistem	Çevresi ile enerji alış verişini gerçekleştirmeyen sistemdir. Bu tür sistemler kapalı sistemlerdir. Bir çay termosu (ideal olmasa da) örnek olarak düşünülebilir.	
İzole edilmemiş sistem	Çevresi ile enerji alış-verişini gerçekleştirebilen sistemlerdir. Bu tür sistemler açık sistemlerdir. Bir tencere yemeğin soğuması onun izole edilmemiş bir sistem olduğunu gösterir.	

Sistemlerin birbirleriyle olan enerji alış-verişini doğrudan doğruya gözlemlemek her zaman mümkün değildir. Çünkü sistemlerin sahip oldukları toplam enerjiyi belirlemek zordur. Bu nedenle sistemlerin enerji aktarımı, genellikle toplam enerjilerinin bir bölümünü verdikleri süreçte incelenir. Yani, sistemin termal enerjisi (iç enerji) sıfır kabul edilerek bir referans noktası ve referans noktasına göre sistemin enerji değişimi belirlenir.

Ek 3'ün devamı

Örnek 2. Sistemi Belirleme

Yandaki şekilde görüldüğü gibi bir yay tarafından havaya fırlatılan top maksimum yüksekliğe ulaştığında, topun kinetik enerjisinin ve yayın esneklik potansiyel enerjilerinin sıfırlanacağını ve topun yerçekimi potansiyel enerjisinin sıfırdan farklı olacağını söyleyebiliriz. Böyle bir durumu gösterecek sistem nelerden oluşmalıdır? Açıklayınız.

Çözüm

Topun yerçekimi potansiyel enerjisi, dünya ve top arasındaki etkileşim nedeniyle sahip olunan enerjidir. Yayın sahip olduğu esneklik potansiyel enerjisi ise topun ağırlığı nedeniyle sıkışmasından kaynaklanmaktadır. Buna göre ilk ve son konumda belirtilen enerji çeşitleri dikkate alındığında sistemin Dünya, yay ve top üçlüsünden oluştuğu açıklar.



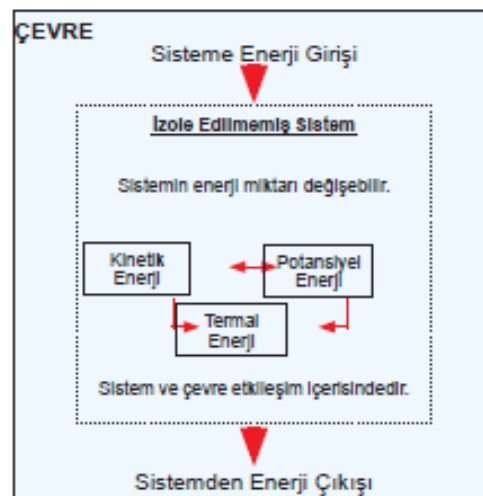
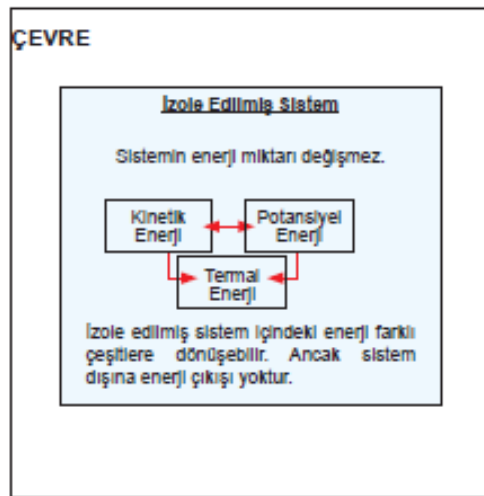
Örnek 3. Açık Sistem

Düz yolda aynı hızda giden iki arabadan birinin motorunun durdurulduğunu varsayalım. Böyle bir durumda hangi arabanın açık sistemi ifade edeceğini irdeleyelim.

Çözüm

İzole sistemlerde, sistem içerisinde bir enerji çeşidinden başka bir enerji çeşidine enerji aktarımı mümkünken, sistem dışı bir kaynaktan sisteme ve sistemden dışarıya enerji aktarımı mümkün değildir. Buna göre motoru durdurulan araba dış bir kaynaktan enerji almasa da dışarıya enerji verdiği için izole edilmemiştir. Yani açık sistemdir. Burada sistemin dışına verilen enerjiden kasıt hava moleküllerine kazandırılan hareket ve yere kazandırılan termal enerjilerdir. Benzer şekilde motoru çalışmakta olan arabada, kendi yapısından olmayan yakıttan enerji aldığı ve bu enerjiyi çevreye verdiği için açık sistem olarak tanımlanır.

Eğer doğal çevre ve araba birlikte bir sistem olarak düşünülürse, sadece motoru çalışan araba sisteme enerji aldığı için açık sistem olarak tanımlanabilir. Buna karşın motoru duran araba, yine sistemin bir başka ögesine enerji aktaracağı için bu araba ve doğal çevre kapalı sistem olur.



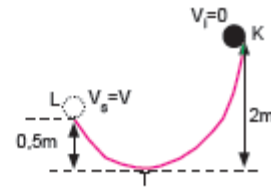
Ek 3'ün devamı

Örnek 2. Cismin Enerjisi

m kütleli bir cisim, sürtünmesi önemsiz ortamda K noktasından bırakılıyor. L referans noktası olduğuna göre cismin K, T ve L noktalarında sahip olduğu enerji çeşitlerini yazınız.

Çözüm

Cismin K, T ve L noktalarının üçünde de var olması nedeniyle termal enerjisi vardır. Cismin K ve T noktalarında L referans noktasına göre yerçekimi potansiyel enerjisi vardır. T ve L noktalarında ise kinetik enerjisi vardır.



Makroskobik boyutta enerji hız ve yükseklik ile değişir.



Bir sistem hangi enerji çeşidine sahiptir?

Öğrencilere bir sistemin sahip olduğu enerji çeşitleri sorulduğunda, bazı öğrenciler sistemin sadece kinetik enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi veya esneklik potansiyel enerjisini dikkate almaktadırlar. Oysa, bir sistemin sahip olduğu enerji çeşitlerini belirtirken sadece bu enerji çeşitlerini dikkate almak yeterli değildir. Çünkü, sistemin hareketinden, durumundan ve etkileşim içinde buldukları sistemlere göre konumları nedeniyle sahip oldukları bu enerji çeşitlerinin yanında sistemin var olmasından kaynaklanan termal enerjisi de dikkat alınmalıdır.

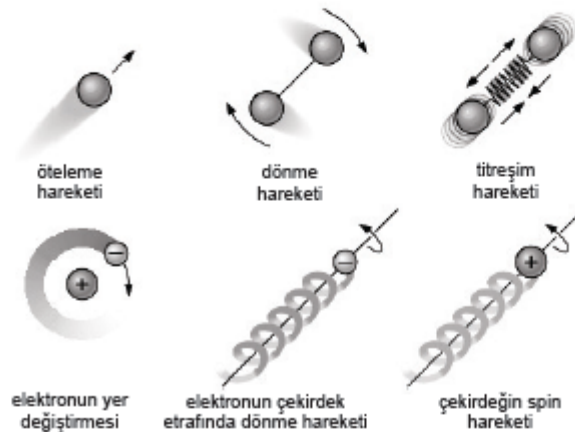
Bir sistemin sahip olduğu toplam enerji mikroskobik ve makroskobik olmak üzere iki boyutta incelenir. Mikroskobik boyut atomların hareketi, makroskobik boyut cisimlerin hareket ve dinamiği ile ilgilidir. Mikroskobik boyutta sistemin moleküler yapısı ve aktivitesi ile ilgili olan termal enerji düşünülür. Makroskobik boyutta ise dışsal değerlere (hız, konum, durum) bağlı olan mekaniksel kinetik enerji, yerçekimi ve esneklik potansiyel enerji gibi enerji çeşitleri düşünülür.

2. Termal Enerji

Termal enerji bir sistemin mikroskobik boyuttaki tüm enerjilerinin toplamıdır. Bu enerji çeşidi atomik yapı ve aktivite ile ilgili olduğundan atomların kinetik enerjisinin ve etkileşim enerjilerinin toplamından ibarettir.

Termal enerjiyi daha iyi algılamak için atomik seviyedeki bir sistemin bazı özelliklerini vurgulamak anlamlı olacaktır. Bu doğrultuda aşağıda gaz moleküllerinin bazı özellikleri sıralanacaktır (Çengel & Boles, 2006).

1. Gaz molekülleri öteleme hareketi yapar.
2. Çok atomlu moleküllerin atomları belli bir eksen etrafında dönerler.
3. Çok atomlu moleküllerin atomları ortak merkezlerindeki bölgeyi titreştirerek ileri-geri hareket ederler.
4. Bir atomun elektronları çekirdek etrafında dönme hareketi yapar.
5. Bir atomun elektronları ve çekirdeği spin hareketi yapar.

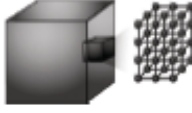


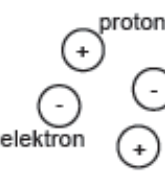


Yukarıdaki maddelerden de anlaşıldığı gibi, gazlardan oluşan sistemin kinetik enerjisi öteleme, dönme, spin ve titreşim hareketi ile ilişkilidir. Termal enerjinin bu bileşeni hissedilebilir enerji olarak tanımlanmaktadır.

Ek 3'ün devamı

Bir sistemin termal enerjisi, molekülerin ortalama hız ve aktivitelerinin sıcaklıkla orantılı olması sebebiyle, yüksek sıcaklıklarda fazla düşük sıcaklıklarda azdır.

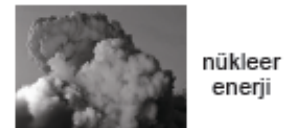
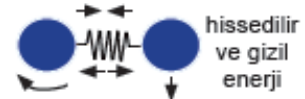
Termal enerji aynı zamanda moleküller, atomlar ve atomdaki parçacıklar arasındaki bağlarla da ilişkilidir. Bu bağları oluşturan kuvvet katılarda büyük ancak gazlarda küçüktür. Bir miktar buz kalıbına yeterince enerji verildiğinde, molekülleri bir arada tutan bağlar önce zayıflayacak sonra kırılacaktır. Bu durumda buz kalıbı önce sıvıya sonra gaz haline ve yeterince enerji verildiğinde plazma haline dönüşecektir. Maddenin hal değişimi olarak bilinen bu süreç sonunda, sistem enerji kazandığı için maddenin gaz hali katı haline göre daha fazla plazma haline oranla daha az enerjiye sahip olacaktır. Sistemin hal durumu ile ilişkili olan bu enerji gizil enerji olarak bilinmektedir. Gizil enerji, termal enerjinin bir diğer bileşenidir ve maddenin hal durumuna göre değişmektedir. Maddenin hali, moleküller arası mesafeye ve bu molekülleri bir arada tutan kuvvete bağlıdır. Maddenin hal durumuna göre sistemin sahip olacağı termal enerjiyi daha iyi algılamak için aşağıda verilen tabloyu inceleyiniz (Nowikow & Heimbecker, 2001; Çengel & Boles, 2006).

Madde Hali	Örnek	Model	Açıklama
Katı	Buz		Katıların atomları arasındaki boşluk yok denecek kadar azdır. Bu yapıda atomlar titreşim hareketi yaparlar. Titreşim halindeki atomları büyük kuvvetler bir arada tutar. Maddenin en düzenli halidir.
Sıvı	Su		Titreşen atomlar birbirine bağlı olmasına karşın katılara göre daha büyük hızlara sahiptirler. Bu nedenle moleküller sıvı içerisinde yer değiştirebilir. Hacimlerinde değişme olmaksızın konuldukları kabın şeklini alırlar. Katılar kadar sert bir yapıya sahip değildirler.
Gaz	Buhar		Atom ve molekülleri birbirine bağlayan kuvvetler oldukça zayıftır. Bu nedenle gaz hali, atom ve moleküller arası boşluğun en çok olduğu haldir. Düzensiz hareket eden gaz parçacıkları konuldukları kabın şeklini ve hacmini alacak şekilde dağılırlar.
Plazma	İyon		Gaz halindeki maddeye enerji verilmeye devam edilecek olursa, atomların dış yörüngelerindeki elektronlar atomlardan ayrılmaya başlayacaktır. Böylelikle madde eksi ve artı yüklü parçacıklardan oluşan yüksek enerjili iyonize gaz halini alacaktır. Bu durumda parçacıkların sahip olduğu kinetik enerji elektrostatik bağ enerjisinden fazladır. Bu nedenle eksi ve artı yükler nötr bir atom oluşturamazlar.

Bir atomun çekirdeğindeki nötronlar ile protonlar ve çekirdek ile yörüngedeki elektronlar arasında çok güçlü bağlar söz konusudur. Çekirdek ile yörüngedeki elektronlar arasındaki bağları oluşturan kuvvetler nedeniyle molekülün sahip olduğu enerji kimyasal enerji olarak tanımlanır. Ancak, nötron ve protonu birbirine bağlayan kuvvet, elektronu çekirdeğe bağlayan kuvvete göre daha güçlüdür. Bu nedenle, atomun çekirdeğindeki bu inanılmaz büyüklükteki kuvvetten kaynaklanan enerji nükleer enerji olarak tanımlanır. Burada söz konusu olan kimyasal ve nükleer enerji formları da termal enerjiyi oluşturan bileşenlerdendir (Çengel & Boles, 2006).

Özetle, termal enerji, atomların hareket ve etkileşim enerjilerinin toplamını ifade etmektedir. Bir sisteme ait termal enerjiyi oluşturan temel bileşenler aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi hissedilebilir, gizil, kimyasal ve nükleer enerjidir (Çengel & Boles, 2006).

Termal Enerji	Hareket enerjisi	Hissedilir enerji
	Etkileşim enerjisi	Gizil enerji Kimyasal enerji Nükleer enerji

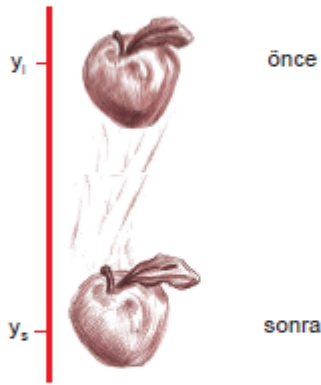


Ek 3'ün devamı

3. Kinetik ve Yerçekimi Potansiyel Enerjisi



Bir elmanın kendiliğinden dalından koptuğunu ve düşmeye başladığını varsayarak açıklamalarımıza başlayalım. Hiç şüphesiz elmanın bu hareketi serbest düşme hareketidir ve elmaya etkiyen kuvvet yerçekimi (\vec{F}_{yer}) kuvvetidir. Elmanın hareketi esnasındaki iki pozisyonu ve hızlarını aşağıdaki gibi gösterelim.



Elmanın iki farklı pozisyonundaki görünümü

Önceki bölümlerde öğrendiğimiz kinematik eşitliklerden yola çıkarak elmanın hareketinin matematiksel eşitliğini yazalım (Knight, 2008).

$$V_s^2 = V_t^2 + 2a_y \Delta y$$

$$V_s^2 = V_t^2 - 2g(y_s - y_t) \quad (B.1)$$

Bu eşitliği aşağıdaki gibi basitleştirelim.

$$V_s^2 + 2gy_s = V_t^2 + 2gy_t \quad (B.2)$$

Anlaşıldığı gibi B.2 matematiksel eşitliği serbest düşme hareketinin korunumlu olduğunu gösterir. Buna göre $V^2 + 2gy$ ifadesi, y_t ve y_s pozisyonlarında aynı değere sahiptir. Ancak serbest düşme, hareketin özel bir şekli olması sebebiyle B.2 eşitliğini doğrudan

kabul etmek yerinde olmayacaktır. Bu nedenle yukarıda bahsedilen niceliğin korunduğunu söylemek için daha genel bir teknik kullanmak yerinde olacaktır.

İşe, Newton'un ikinci yasasını elmanın hareketine uygulayarak başlayalım.

$$F_{net} = ma_y = m \frac{dv_y}{dt} \quad (B.3)$$

Elmanın serbest düşme hareketinde üzerine etkiyen net kuvvet $F_{net} = -mg$ 'dir. Bu durumda B.3 eşitliğini aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$m \frac{dv_y}{dt} = -mg \quad (B.4)$$

B.4 eşitliğinin sol tarafını genişleterek yeniden düzenlersek aşağıdaki eşitliği elde ederiz:

$$m \frac{dv_y}{dt} = m \frac{dv_y}{dt} \cdot \frac{dy}{dy} = mV_y \frac{dv_y}{dy} = -mg \quad (B.5)$$

B.5 eşitliğini düzenleyecek olursak

$$mV_y dv_y = -mg dy \quad (B.6)$$

eşitliğini elde ederiz. B.6 eşitliğinin her iki tarafının integralini elmanın hareketi doğrultusunda yazarsak,

$$\int_{V_t}^{V_s} mV_y dv_y = - \int_{y_t}^{y_s} mg dy \quad (B.7)$$

eşitliğini elde ederiz. Gerekli düzenlemeleri yaparsak aşağıdaki eşitliğe ulaşırız.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} mV_s^2 - \frac{1}{2} mV_t^2 &= -mgy_s + mgy_t \\ \frac{1}{2} mV_s^2 + mgy_s &= \frac{1}{2} mV_t^2 + mgy_t \end{aligned} \quad (B.8)$$

Eğer B.8 eşitliğinin her iki tarafı $(1/2)m$ parantezine alınırsa bu eşitliğin B.2 eşitliğinden farklı olmadığı görülür.

B.8 eşitliğinde kullanılan $\frac{1}{2}mV^2$ niceliği elmanın kinetik enerjisini verir.

$$\text{Kinetik Enerji} \longrightarrow K = \frac{1}{2} mV^2 \quad (B.9)$$

Kinetik enerji, hareketin doğrultusundan bağımsızken cismin hızına bağlıdır. Bu ifadeden de anlaşıldığı üzere kinetik enerji asla negatif değer almaz. Kinetik enerjinin birimi $kg \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \text{Joule}$ 'dür.

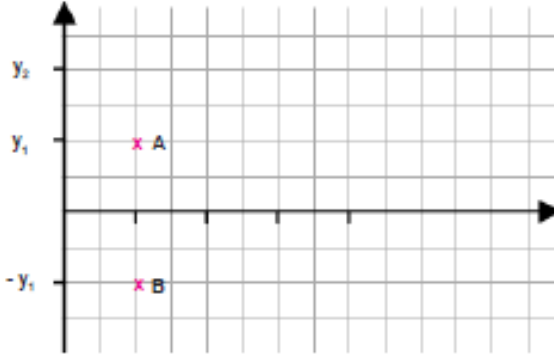
Ek 3'ün devamı

B.8 eşitliğinde kullanılan 'mgy' niceliği ise elma ve yer sisteminin yerçekimi potansiyel enerji değerini verir.

$$\text{Yerçekimi Potansiyel Enerjisi} \rightarrow U = mgy \quad (\text{B.10})$$

Yerçekimi potansiyel enerjisinin birimi $\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{m} = \text{Joule}$ 'dür. Yerçekimi potansiyel enerjisi yandaki grafikte görüldüğü gibi yükseklikle doğru orantılı olarak artar veya azalır. Yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjinin aksine negatif değer alabilmektedir.

Yerçekimi potansiyel enerjinin negatif değeri, parçacıkların hareket için referans noktasına göre daha az potansiyele sahip olduğunu ifade eder. Bu ifadeyi daha anlamlı hale getirmek için 1 kg kütleli iki cismin yeryüzü referans noktasına göre konumlarını gösteren aşağıdaki grafiği inceleyelim.



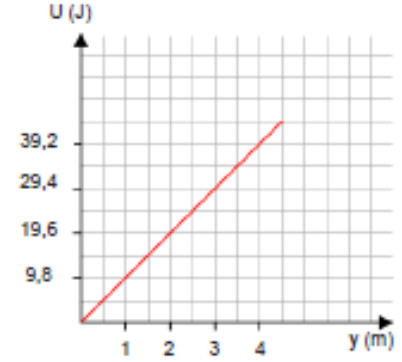
Grafikten hareketle A ve B cisimlerinin yerçekimi potansiyel enerji değerleri sırasıyla 9,8 J ve - 9,8 J olarak hesaplanır. Burada B cisminin sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisinin negatif olması, y_2 konumuna çıkabilmek için A cisiminden daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduğunu gösterir. Yani B cisminin hareket ettirilebilmesi için daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır.

B.8 eşitliği, B.9 ve B.10 eşitliklerine göre yeniden yazılırsa

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \quad (\text{B.11})$$

eşitliği elde edilir. Burada K_1 elmanın sahip olduğu ilk kinetik enerjisi, U_1 ilk yerçekimi potansiyel enerjisini, K_2 son kinetik enerjisi ve U_2 son yerçekimi potansiyel enerjisini temsil etmektedir.

B.11 eşitliği elmanın y_1 konumundaki enerjisinin y_2 konumundaki enerjisine eşit olduğunu ifade eder.



1 kg kütleli cisim için yerin yüzeyi referans noktası alınarak çizilmiştir.

Enerjinin en önemli özelliklerinden biri skaler olmasıdır.

	Vektörel	Skaler
Enerji		X
İş		X
Güç		X
Kuvvet	X	
Hız	X	

Ek 3'ün devamı

Örnek 5 Basketbol topunun yüksekliği

Hızla yere çarptırılan bir basketbol topunun yerden 20 m/s'lik hızla dikey doğrultuda hareket ettiğini varsayarak topun ne kadar yükselebileceğini hesaplayalım (Sürtünmeler ihmal edilecektir).

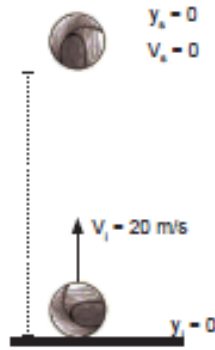
Çözüm

Sözel Açıklama

Topun ne kadar yükseğe çıktığını bulmak için yerden yukarı doğru hareket etmeye başladığı andan itibaren hareketi irdelenecektir.

Topun yerden ayrıldığı anda sahip olduğu toplam enerji, çıkabildiği en yüksek noktadaki toplam enerjisine eşittir. Bu durum çözüm için kullanılacaktır. Ancak topun termal enerjisi hesaplanamayacağı için topun bu enerji çeşidi referans enerji değeri kabul edilecektir. Diğer bir ifadeyle, topun termal enerji değişimi sıfır kabul edilerek süreç diğer enerji çeşitlerinin birbirine dönüşümü üzerinden irdelenecektir.

Resimsel Gösterim



Matematiksel Çözüm

$$K_i + U_i = K_s + U_s$$

$$\frac{1}{2}mV_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mV_s^2 + mgy_s$$

$$\frac{1}{2}mV_i^2 = mgy_s \quad y_s = \frac{V_i^2}{2g} \quad y_s = \frac{20^2}{2(9,8)} = 20,4 \text{ m}$$

3. 1. Yerçekimi Potansiyel Enerjisinin Sıfır Noktası

Yukarıda, mgy formülünün yerçekimi potansiyel enerjisinin nicel değerini verdiğini belirtmiştik. Ancak yerçekimi potansiyel enerjinin nicel değerini veren bu formül incelendiğinde, yüksekliği ifade eden y değerini belirlemede bir problem olacağı açıktır. Söz konusu problem yüksekliğin başlangıç noktasını belirlemededir. Örneğin, evleri 3. katta olan Ayşe masanın üzerinde duran çantanın yerçekimi potansiyel enerjisinin değerini bahçede duran Ali'den farklı hesaplayabilir. Bu farklılığın nedeni, B.7 eşitliğinin bireyler tarafından farklı şekillerde yorumlanmasıdır. Yani, Ayşe B.7 eşitliğinde integralin değerini evin zemini referans noktası olacak şekilde belirlerken, Ali integralin değerini yerin yüzeyini referans noktası olacak şekilde hesaplamaktadır. Ayşe ve Ali'nin farklı değerler hesaplaması, yerçekimi potansiyel enerjisinin görel olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, yerçekimi potansiyel enerjisi belirlenen referans noktasına bağlıdır. Ancak, çanta masadan yere düşecek olursa hem Ayşe hem Ali, yerçekimi potansiyel enerjisi değişimini aynı hesaplayacaklardır. Bu noktada, dünya ve gök taşı örneği hatırlanacak olursa yapılan açıklamalar daha anlamlı olacaktır.

Ek 3'ün devamı



Yerçekimi potansiyel enerjisinin değeri nasıl hesaplanır?

Bazı öğrenciler, referans noktası yerin yüzeyinden farklı olarak verilen durumlarda dâhil olmak üzere, bir cisme ait yerçekimi potansiyel enerjisini hesaplarlarken sadece cismin yeryüzünden yüksekliğini dikkate almaktadırlar. Oysa, bu yaklaşım yanlıştır. Çünkü, yerçekimi potansiyel enerjisi dünya ile cismin etkileşiminden kaynaklanan enerjidir ve bu enerjinin değerinin hesaplanması referans noktasının tercihli seçimi nedeniyle görelidir. Örneğin; deniz seviyesinde ve deniz seviyesinden 300 m yukarıda durmakta olan özdeş iki cisim düşünelim. Her iki cisimde referans noktası seçimini dikkate almayan öğrenciler için yerin yüzeyindedir. Dolayısıyla, bu şekilde düşünen öğrenciler için özdeş cisimlerin yerçekimi potansiyel enerjileri sıfır olmalıdır. Buna karşın referans noktası seçiminin tercihe bağlı olduğunu dikkate alan öğrenciler örneğin deniz seviyesini referans noktası aldıklarında 300 m yüksekteki cismin yerçekimi potansiyel enerjisinin daha fazla olduğunu belirteceklerdir.

Örnek 6 Düşen Çanta

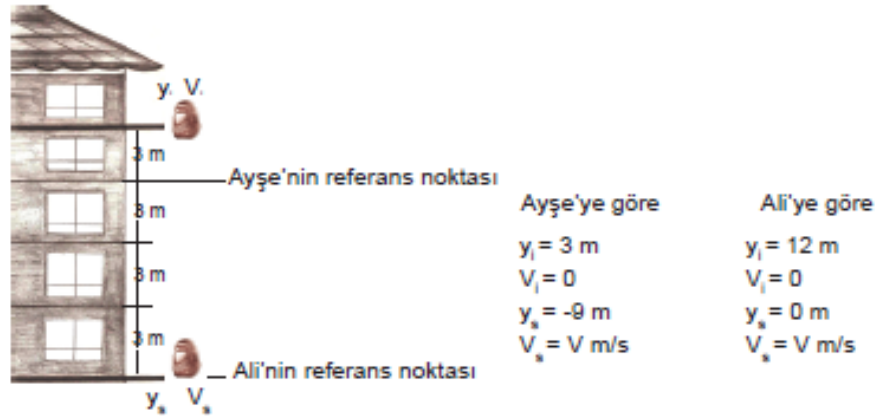
Yerden 12 m yükseklikteki 4. kat balkonundan serbest bırakılan 3 kg'lık bir çantanın yere çarptığı andaki hızını 3. katta bulunan Ayşe ve bahçedeki Ali'nin bakış açısıyla ayrı ayrı bulalım.

Çözüm

Sözel Açıklama

Çantanın hareketi serbest düşme hareketidir. Bu süreçte kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjinin toplamı hem Ayşe hem Ali'nin bakış açısında değişmeyecektir. Ancak çantanın ilk konumunda sahip olduğu toplam enerji referans noktaları nedeniyle her ikisi için farklı değerdedir.

Resimsel Gösterim



Matematiksel Çözüm

$$\int_{V_1}^{V_2} mV dv_y = - \int_{y_1}^{y_2} mg dy$$

$$\frac{1}{2} mV_2^2 - \frac{1}{2} mV_1^2 = -(mgy_2 - mgy_1)$$

$$V_2^2 = 2g(y_1 - y_2)$$

Ayşe'nin bakış açısında

$$V_s^2 = 2 \cdot 9,8 \cdot (3 - (-9)) = 15,34 \text{ m/s}$$

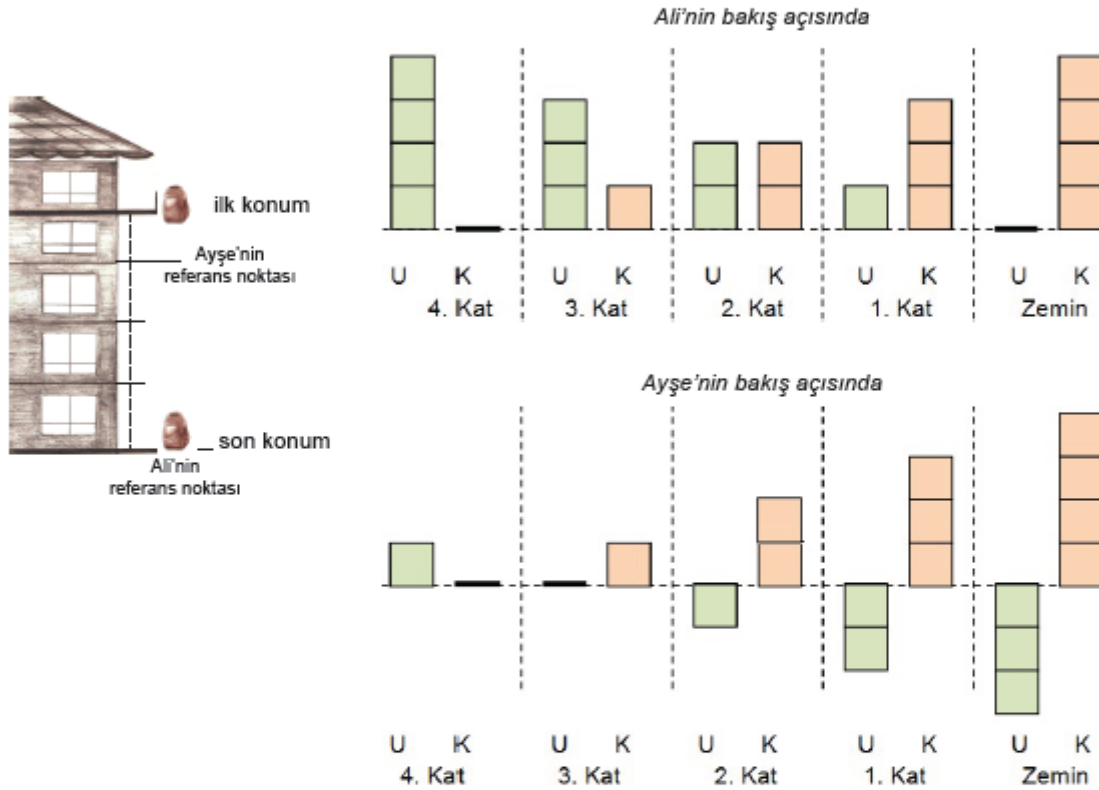
Ali'nin bakış açısında

$$V_s^2 = 2 \cdot 9,8 \cdot (12 - 0) = 15,34 \text{ m/s}$$

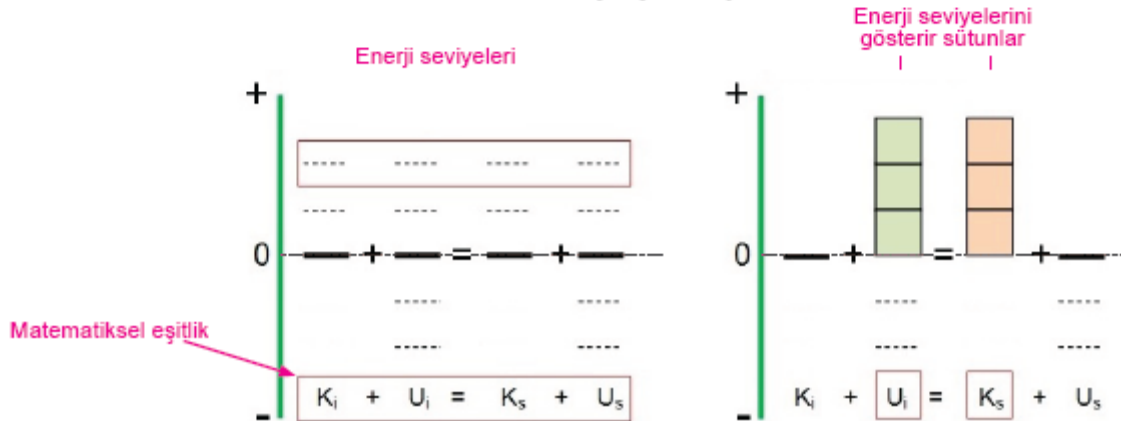
Ek 3'ün devamı

3. 2. Enerji sütun-süreç grafikleri

Düşen çanta örneğinde süreç çantanın potansiyel enerjisi ile başlamakta ve bu süreçte yerçekimi potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşümü gerçekleşmektedir. Ancak toplam enerjinin miktarında bir değişiklik söz konusu değildir. Bu süreç, Ayşe ve Ali'nin bakış açılarından aşağıda verilen sütun-süreç grafiklerinde görüldüğü gibi gerçekleşmektedir.



Sütun-süreç grafikleri bir sistemdeki enerji dönüşüm süreçlerini analiz etmede kullanılacak ideal modellerdir (Zou, 2000; Heuvelen & Zou, 2001; Mutimucio, 2003). Aşağıdaki sütun grafikleri bu modellerin nasıl yorumlanacağı basitçe açıklanmıştır.



Ek 3'ün devamı

Örnek 7 Sarkacın Salınımı

Şekildeki sarkacın salınımı sürecindeki enerji dönüşümlerini enerji-yol ve sütun-süreç grafikleri üstünde gösteriniz.

Çözüm

Kinetik enerjiye dönüşen yerçekimi potansiyel enerjisi

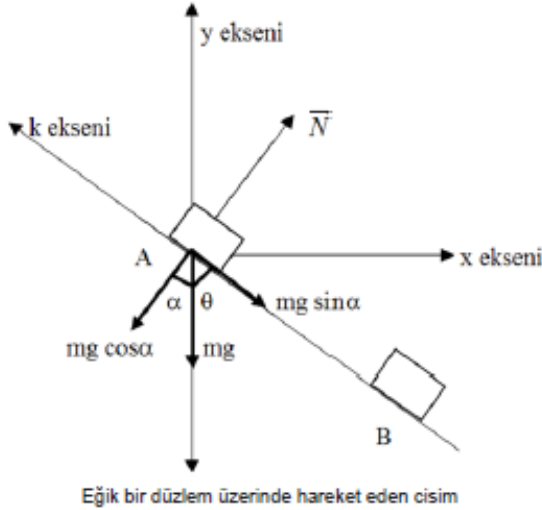
Alıştırma 4

Bir basketbol topunun hareketindeki bazı yükseklik değerleri yandaki şekilde verilmiştir. Basketbol topunun verilen dört noktada sahip olduğu enerji türlerini belirleyerek aşağıda verilen enerji-yol ve sütun-süreç grafikleri üzerinde gösteriniz.

Ek 3'ün devamı

3. 3. Yerçekimi Potansiyel Enerjisinin Farklı Eksendeki Durumu

Enerjiye dair buraya kadar anlatılanlar serbest düşme hareketi çerçevesinde yapılan irdellemelerdir. Dolayısıyla enerjiye dair açıklamalarımızı genişletmek yerinde olacaktır. Bu anlamda üzerine sadece yerçekimi ve yerin tepki kuvvetlerinin etki ettiği aşağıdaki şekildeki gibi bir cismin hareketini irdelleyelim.



Cismin A ve B noktaları arasındaki hareketini inceleyecek olursak eşitlik B.1 ile B.8 arasındaki işlemleri yeniden yapmamız mümkündür. Bu kapsamda k eksenindeki hareket için Newton'un ikinci yasasından yararlanabiliriz (Knight, 2008).

$$F_{net} = ma_k = m \frac{dv_k}{dt} \quad (B.12)$$

B.12 eşitliğini aşağıdaki gibi genişletebiliriz.

$$F_{net} = m \frac{dv_k}{dt} = m \frac{dv_k}{dk} \cdot \frac{dk}{dt} = mV_k \frac{dv_k}{dk} \quad (B.13)$$

Cisme etkiyen net kuvvet

$$F_{net} = ma_k = -F_G \sin \alpha = -mg \sin \alpha \quad (B.14)$$

olduğundan B.13 eşitliğini aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$-mg \sin \alpha = mV_k \frac{dv_k}{dk} \quad (B.15)$$

içler dışlar çarpımından hareketle B.15 eşitliğini

$$-mg \sin \alpha \cdot dk = mV_k \cdot dv_k \quad (B.16)$$

şeklinde yazabiliriz. B.16 eşitliğinin integralini gerekli düzenlemeleri yaparak aldığımızda

$$\frac{1}{2} mV_{k_2}^2 + mg \sin \alpha \cdot k_2 = \frac{1}{2} mV_{k_1}^2 + mg \sin \alpha \cdot k_1 \quad (B.17)$$

eşitliğini elde ederiz (Knight, 2008).

B.17 eşitliğine dikkat edilecek olursa, cismin hareketi B.2 ve B.8 eşitliklerinde ortaya konduğu gibi korunumludur ve enerji döngüsü cismin hız ve pozisyonunun değişimi ile ilişkilidir. Bu durum aynı zamanda normal kuvvetinin (\vec{N}) cismin hareketine ait enerji analizine niçin katılmadığını ortaya koyar. Daha açık ifadeyle, cismin üzerine etkiyen normal kuvveti hızda bir değişime neden olmadığı için analiz sürecine dahil edilmez.

Örnek 8 Sallanan Çocuk

35 kg kütleli çocuk yerden 0,5 metre yüksekliği olan salıncakta sallanmakta ve en fazla 2m yüksekliğe çıkabilmektedir. Buna göre bu süreçteki enerji dönüşümünü açıklayalım.

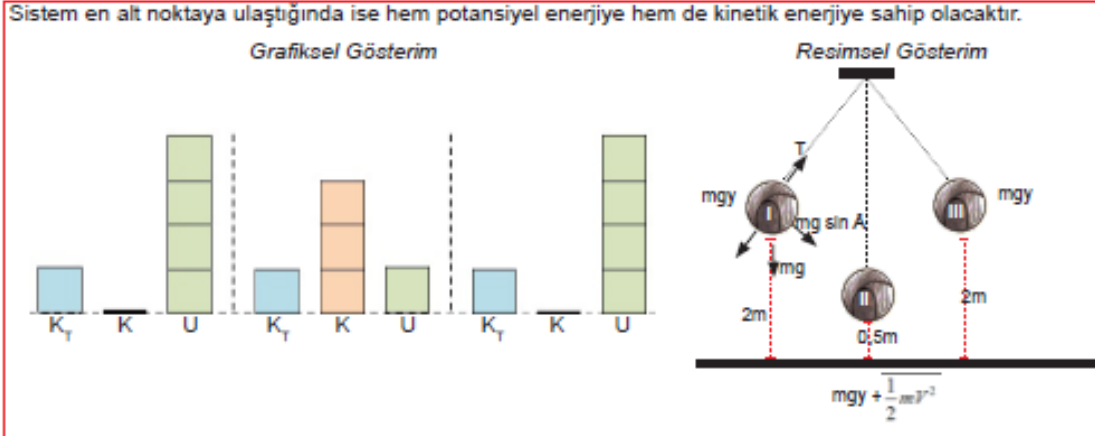
Çözüm

Sözel Açıklama

Bu süreçte, salıncığın oturağı ve çocuk birlikte bir sistem olarak düşünülebilir. Ancak bu sistemde oturağa dair herhangi bir bilgi verilmediği için oturağa ait enerji ve çocuğun sahip olduğu termal enerji referans enerji değeri olarak kabul edilerek sistemin enerji dönüşümü çocuğun sallanma hareketinin sonuçları üzerinden irdelenecektir. Bu harekette sisteme etkiyen kuvvet sayısı ikidir: T ipin gerilme kuvveti ve yerçekimi kuvveti. Fakat T gerilme kuvvetinin, normal kuvvetinde olduğu gibi, çocuğun hareketine etki eden bir bileşeni olmadığı için çocuğun hızında bir etkisi yoktur. Bu nedenle süreçte sadece yerçekimi kuvvetinin etkisi dikkate alınacaktır. Süreç örnek üç nokta için irdelenecektir.

Sistem sallanırken geride ve ileride çıkacağı tepe noktalarda anlık duracak ve bu esnada sahip olacağı enerji sadece yerçekimi potansiyel enerjisinden ibaret olacaktır (yer yüzeyinin referans kabul edilmesi durumunda).

Ek 3'ün devamı



4. Mekanik Enerjinin Korunumu

Bir sistemin termal, kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjilerinin toplamı o sistemin toplam enerjisini verir.

$$E_{\text{Mek}} = K + U + K_T \quad (\text{B.18})$$

Burada K sistemin hareketinden, U sistemin konumundan ve K_T sistemin termal enerjisinden kaynaklanan enerjilerdir. Bu başlığa kadar olan örneklerde görüldüğü gibi, bir sisteme ait enerji değişimi incelenirken sistemin termal enerji değişimini hesaplama güçlüğü vurgulanmış ve bu nedenle sistemin termal enerjisinin sistem için referans noktası olarak kabul edildiği belirtilmişti. Sistemin enerjisi için belirlenen bu referans noktası haricindeki kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjilerinin toplamı sistemin sahip olduğu mekanik enerji olarak tanımlanmaktadır.

$$E_{\text{Mek}} = K + U \quad (\text{B.19})$$

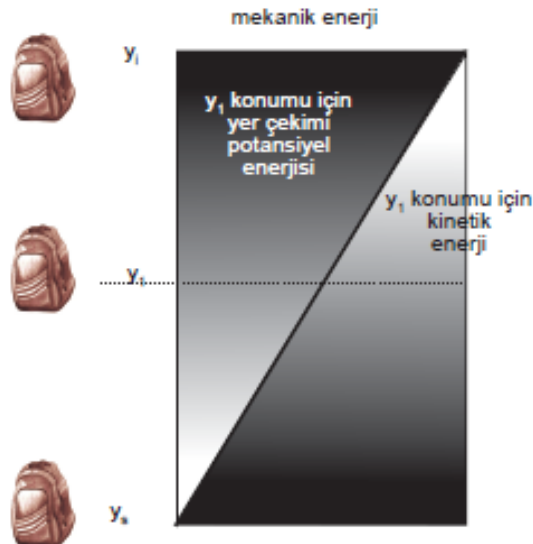
Yukarıda yapılan açıklamalar ve verilen örneklerden anlaşıldığı üzere bir sistemin mekanik enerjisinin çeşitleri arasında dönüşüm söz konusu olabilmektedir. Kinetik enerjiden potansiyel enerjiye ya da potansiyel enerjiden kinetik enerjiye doğru olabilen bu dönüşüm mekanik enerjinin değerinde değişime neden olmaz. Bu durum fizikte, mekanik enerjinin korunumu kanunu olarak bilinir.

$$\begin{aligned} E_a &= E_b \\ K_a + U_a &= K_b + U_b \\ 0 &= K_b + U_b - K_a - U_a \\ 0 &= \Delta K + \Delta U = \Delta E_{\text{Mek}} \end{aligned} \quad (\text{B.20})$$

Sürtünmenin ihmal edildiği ortamdaki bir çantanın yere düşme sürecinde çantanın yerçekimi potansiyel enerjisi azalırken, kinetik enerjisi artacaktır. Buna karşın çantanın mekanik enerjisi korunacaktır. Anlaşıldığı gibi çantanın hareketinde enerji dönüşümü

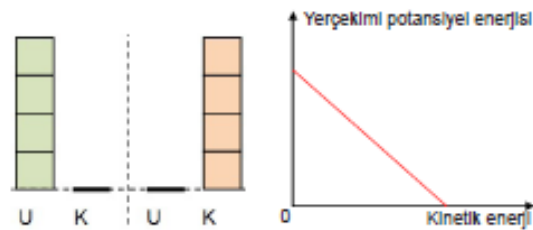
söz konusu iken enerji aktarımı yoktur.

Yerçekimi potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşümü ve mekanik enerjinin korunumu



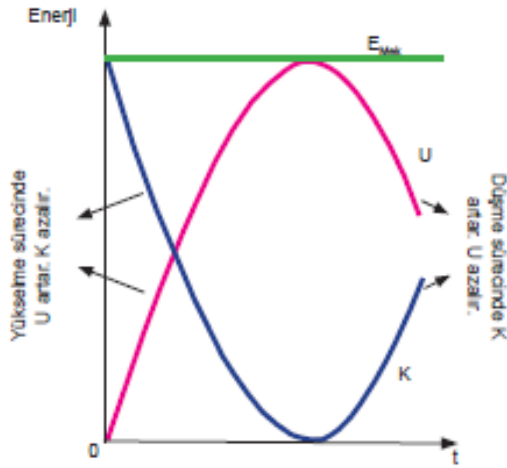
Çantanın düşmesi sürecinde iki farklı noktadaki kinetik ve yerçekimi potansiyel enerji miktarı karşılaştırması

$$\Delta E_{\text{Mek}} = \Delta U + \Delta K = 0$$



Yukarı doğru atılan ve tekrar yere düşen bir çantanın enerji dönüşümü ise aşağıda verilen grafikteki gibi olacaktır.

Ek 3'ün devamı



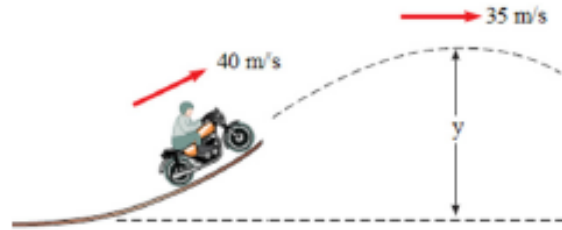
Ayşe ve Ali'nin bakış açıları ile ilgili Örnek 8'e ilişkin açıklamalar hatırlanacak olursa yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişim her zaman kinetik enerjideki değişime eşit olmaz. Örneğin yerçekimi potansiyel

enerjisi için yerin yüzeyini referans noktası alan Ali'ye göre $\Delta U = \Delta K$ 'dir. 3. katın zeminini referans noktası alan Ayşe içinse $\Delta U \neq \Delta K$ olabilmektedir. Ancak her ikisinin bakış açısında da $\Delta E_{mek} = 0$ 'dir. Yani, izole edilmiş sistemlerde mekanik enerjinin korunumu açısından değişimlerden biri pozitif iken diğeri negatif olabilmektedir. Daha öncede belirtildiği üzere negatif değişim yerçekimi potansiyel enerjisinde gözlenir.

İzole edilmemiş sistemlerde ise mekanik enerjinin her zaman korunumlu olduğunu söylemek mümkün değildir. Örneğin vitesi boşa alınmış bir araba düz yolda ilerlerken sürtünme nedeniyle zamanla durur. Böyle bir süreçte arabayı sistem olarak kabul edersek sistemin yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişim sıfır, kinetik enerjisindeki değişim ise sıfırdan farklı olacaktır. Daha açık ifadeyle, arabanın sahip olduğu hareket enerjisi hava moleküllerinin hareket enerjisine ve yolun termal enerjisine dönüşerek sistemden çıkacaktır.

Örnek 9 Mekanik Enerjinin Korunumu

Yandaki şekilde görüldüğü gibi, 5 m'lik bir rampanın ucundan 40 m/s hızla ayrılan bir motorcu, hareketinin tepe noktasından 35 m/s hızla geçmektedir. Motorcunun çıktığı maksimum yüksekliği bulunuz. Sürtünme ve hava direncini ihmal ediniz.

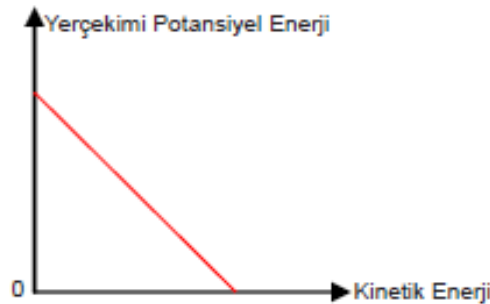


Çözüm

Sözel Açıklama

Motorcu ve motoru birlikte hareket eden bir sistem olarak düşünebiliriz. Bu sistemin başlangıçta sahip olduğu enerji kinetik enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi ve termal enerjiden oluşmaktadır. Burada sistemin termal enerjisini hesaplama olanağımız olmadığı için sistemin bu enerjisini referans enerji değeri olarak kabul edelim. Bu durumda geriye sisteme ait mekanik enerji çeşitleri kalır. Sürtünme kuvveti ve hava direnci ihmal edildiği için sisteme etkiyen kuvvet korunumlu bir kuvvet olan yerçekimi kuvvetidir. Dolayısıyla mekanik enerji değişimi sifıra eşit olur. Yani, sistem rampa ucundan hareketin tepe noktasına kadar yükselirken meydana gelen kinetik enerji değişimi miktarı ile potansiyel enerji değişimi miktarına eşittir. Kinetik enerji değişimi ise motorcunun hızının dikey bileşeni için geçerli olacaktır. Buradan hareketle sistemin çıkabildiği maksimum yükseklik bulunur.

Grafiksel Gösterim



Ek 3'ün devamı

Sistemin ilk ve son konumlarında sahip olduğu enerji çeşitleri için *Grafiksel Gösterim*

motorcunun ilk hızının x ve y bileşenleri için çizilmiştir.

motorcunun son (ilk) hızının x bileşenleri için çizilmiştir.

sistemin rampa ucundaki enerjisi

sistemin hareketin tepe noktasındaki enerjisi

Matematiksel Çözüm

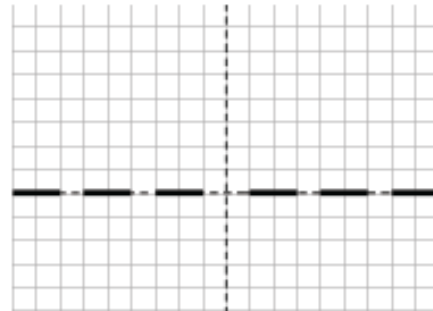
$$\Delta E_{mek} = \Delta K + \Delta U = 0$$
$$\Delta K = -\Delta U$$
$$\frac{1}{2} m V_i^2 - \frac{1}{2} m V_s^2 = -(mgy_i - mgy)$$
$$V_i^2 - V_s^2 = 2g(y - y_i)$$
$$\frac{V_i^2 - V_s^2}{2g} + y_i = y$$
$$y = 24,13m$$


5. Sorgulayalım Anlayalım



Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi m kütleli cisim A konumundan B konumuna çıkmakta ve durmaktadır. Bu süreçte herhangi sıcaklık değişimi olmadığını dikkate alarak 1 ve 2 nolu soruları yanıtlayınız.

1. Cismin ilk ve son konumları arasındaki enerji dönüşümünü verilen sütun-süreç grafik üzerinde gösteriniz.



Ek 3'ün devamı

2. Yukarıda verilen açıklamaları dikkate alarak cismin A ve B konumlarındaki enerji değerlerini karşılaştıran matematiksel eşitliği bulunuz.

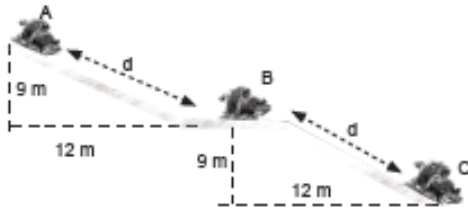
3. Bir kayakçı 2m yüksekliğe sahip rampadan V hızıyla ayrılarak yükselmekte ve 1m yüksekliğe sahip karşı rampaya düşerek kaymaya devam etmektedir. Hava direncinin ihmal edildiğini dikkate alarak;

a) Kayakçının karşı rampaya düştüğü andaki hızı için ne söyleyebilirsiniz?

b) Bu sürece ait sütun-süreç grafiğini çiziniz.

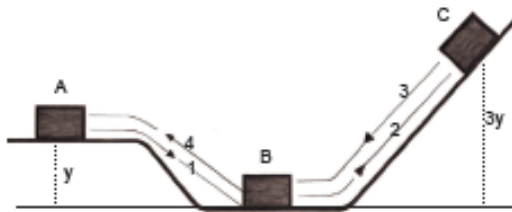
4. Sürtünmesiz ortamdaki kızakçının A ve C noktaları arasındaki enerji değişimini sütun-süreç grafiği üzerinde göstererek grafiğinizden hareketle mekanik enerjinin korunumunu açıklayınız.

(B noktasını referans noktası alınız.)



5. 15 kg'lık kasalar, kamyonetin arkasına 30°'lik açı ile yaslanan 2,5 m uzunluğundaki tahta üzerinden aşağı doğru kaydırılarak boşaltılmak isteniyor. Boşaltılan ilk tahtanın yere ulaştığı andaki hızı 8 m/s olduğuna göre kasaların hareketinde mekanik enerjinin korunup korunmadığını belirleyiniz.

A konumundan C konumuna doğru hareket eden cisim, C konumunda önce durmakta sonra A konumuna doğru harekete geçmektedir. Bu bilgi doğrultusunda 6-11 arası sorularını yanıtlayınız.



6. Cismin A, B, C konumlarında hangi enerji çeşitlerine sahip olduğunu gerekçelendirerek açıklayınız.

7. Cisim A konumuna döndüğünde, başlangıçtaki hızına sahip olması durumunu nasıl açıklarsınız?

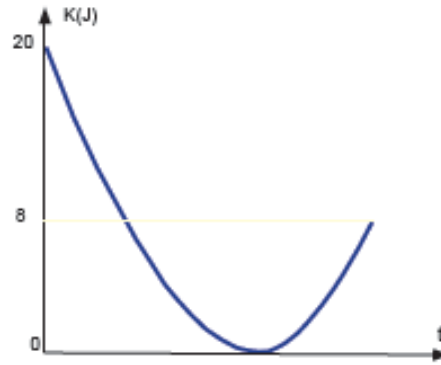
8. Cisim A konumuna döndüğünde, başlangıçtaki hızına sahip olması durumunu gösterecek eşitliği gerekli açıklamaları yaparak bulunuz.

9. Cismin 1, 2 ve 3 yollarını izleyerek B konumunda durması halinde enerjisi hakkında ne söyleyebilirsiniz?

10. Cismin B konumunda durmasını nasıl açıklarsınız?

11. Cisim B konumundan 20 m/s hızla geçtiğine göre y değerini bulunuz (Sürtünmeleri ihmal ediniz.).

Bir cismin hareketi sürecindeki kinetik enerjinin zamanla değişimini gösteren grafik aşağıdaki gibidir. Grafikten hareketle 12 ve 13 nolu soruları yanıtlayınız.



12. Cismin hareketini anlatan gösrel çizim yapınız.

13. Yerçekimi potansiyel enerji değişiminin zamanla değişimini gösteren grafiği çiziniz.

Ek 3'ün devamı

6. Esneklik Potansiyel Enerji ve Hooke Yasası



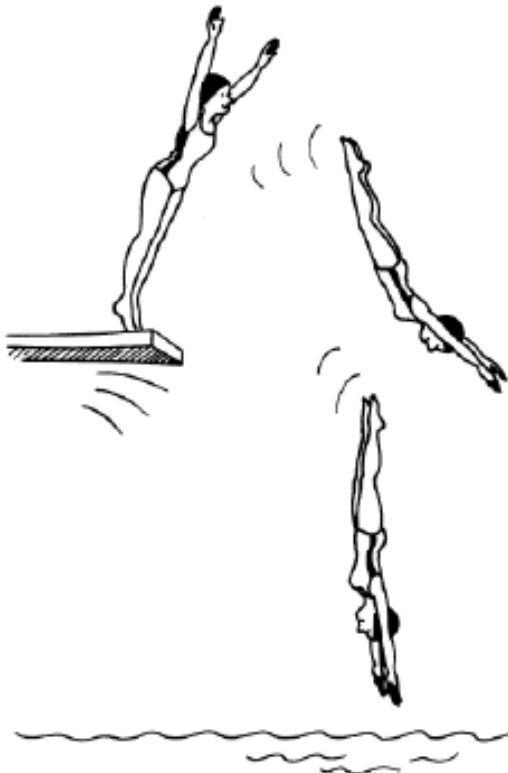
Hatırlayacak olursanız potansiyel enerji için yapmış olduğumuz tanım cismin konumunu ve durumunu içermektedir. Ancak buraya kadar anlattıklarımız cismin konumundan dolayı sahip olduğu potansiyel enerji üzerine açıklamalardır.

Bu başlık altında, cismin durumundan dolayı sahip olduğu potansiyel enerji irdelenecektir.

Tartışalım

İyi bir atlayış gerçekleştirmek için yüzücülerin atlama tahtasında birkaç defa zıpladıklarını görmüşsünüzdür. Böyle bir harekette yüzücü, öncelikle tahtanın ucuna kadar gelir ve ilk zıplamasını gerçekleştirir. Bu süreçte, yüzücü tahtanın ucunda zıplamadan önce tahtanın konumunu referans noktası olarak kabul edersek, yüzücünün ilk zıplamasından önce sahip olduğu toplam enerji termal enerjisinden ibaret olacaktır. Yüzücü sahip olduğu kimyasal enerjisini kullanarak ilk zıplamasını gerçekleştirir ve kinetik enerji kazanır. Yükselmesi esnasında, yüzücünün sahip olduğu kinetik enerji yerçekimi potansiyel enerjisine dönüşür. Yüzücü tahtaya doğru düşerken yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Yüzücünün tahta ile temasından bir süre sonra hızının sıfırlanması nedeniyle kinetik enerjisi sıfırlanır.

Enerji yoktan var, vardan yok edilemeyeceğine göre yukarıdaki süreçte kinetik enerjinin sıfırlanması nasıl açıklanmalıdır? Tartışınız.

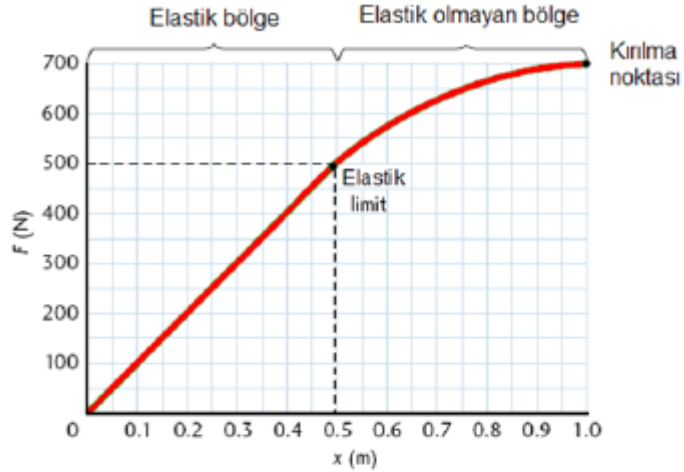


Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda düşey atış veya serbest düşme hareketlerinde mekanik enerjinin korunumu gereği yerçekimi potansiyel enerjisinin sıfırlandığı anda kinetik enerji maksimum değer alacaktır. Kinetik enerji sıfırlandığında yerçekimi potansiyel enerjisi maksimum değerine ulaşacaktır. Yüzücünün hareketinde de benzer durum söz konusudur. Yüzücü tahtanın üzerine temas ettiği anda kinetik enerjisi maksimum değer alacaktır. Yani, hareketteki hızı maksimum olacaktır. Ancak tahtanın yüzücüye uyguladığı direnç kuvveti nedeniyle hızı bir süre sonra sıfırlanacaktır. Bu esnada yüzücü de tahtaya kuvvet uygulayarak onu esnetecektir. Tahta bükülme nedeniyle enerji depolayacaktır. Yani, yüzücünün sahip olduğu hareket enerjisi tahtada depolanacaktır. Depolanan bu özel enerji formu esneklik potansiyel enerji olarak isimlendirilmektedir.

Üzerlerine kuvvet uygulandığında şekilleri geçici değişikliğe uğrayarak enerji depolayan ve bu enerjiyi denge konumlarına dönmek için kullanan cisimler elastik özelliğine sahiptirler. Paket lastiği, kalem yayı, trampren vb. elastik cisimlere örnek olarak verilebilir. Bir cismin şeklinin ne kadar bozulduğu esneme, sıkışma veya uzama miktarı ile alakalıdır.

Ek 3'ün devamı

Aşağıdaki grafik, bir yüzme tahtasına kırılıncaya kadar artarak uygulanan kuvvetin etkisini göstermektedir. Tahtaya elastik limit değerinin altında bir kuvvet uygulandığında tahtada denge konumuna dönme eğilimine neden olan aksi bir kuvvet (geri çağırıcı kuvvet) uygulayacaktır. Tahtaya elastik limit değerinden yeterince büyük bir kuvvet uygulandığındaysa kırılacaktır.



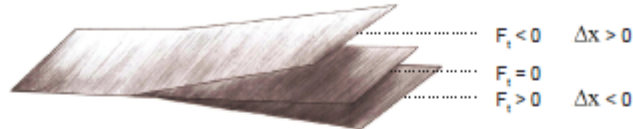
Grafikte görüldüğü gibi, tahta üzerine uygulanan kuvvet giderek arttırıldığında tahtanın denge konumuna geri çağırıcı kuvveti arttırır. Geri çekici kuvvetteki artış ise esneme miktarı ile orantılıdır (Heimbecker, 2002).

$$F \propto x$$

Bu durum fizikte Hooke yasası olarak bilinir. Bu yasa grafikte de görüldüğü gibi belli bir limit noktasına kadar geçerlidir. Kuvvet ve esneme miktarı arasındaki orantı bir k sabiti (kuvvet sabiti) ile eşitlendiğinde

$$\vec{F} = -k\Delta\vec{x} \quad (B.21)$$

formülü elde edilir. k, birim uzamadaki kuvvetin büyüklüğü olarak düşünülebilir. Formüldeki eksi (-) işareti uygulanan kuvvetin her zaman yer değiştirmeye zıt olduğunu gösterir. Eğer tahta alttan yukarıya doğru itilirse $x > 0$, F negatif; tahta aşağı doğru itilirse $x < 0$ ve F pozitif olur.

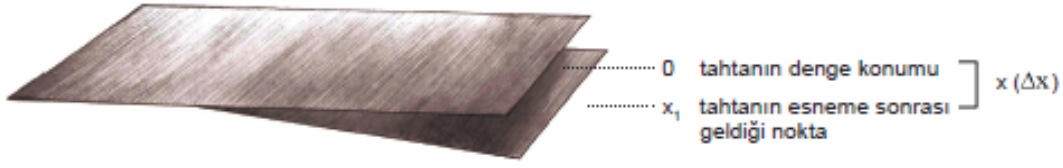


Uygulanan kuvvetin yönü her zaman yer değiştirmeye zıttır.

Burada kuvvetin birimi Newton (N), esneme miktarı (m) ve k sabiti metre başına Newton (N/m) ile ifade edilir.

Yüzücünün tahta üzerindeki hareketine dönersek, tahtanın yüzücüyü yüzücünün tahtaya uyguladığı kuvvetler sonucunda atlama tahtası aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir x_1 noktasında bir an için duracaktır. Bu anda tahtaya etkiyen net kuvvet $-kx + mg$ olacaktır.

Ek 3'ün devamı



Tahtanın durduğu bu an, aynı zamanda yüzücünün hızının sıfır olduğu andır. Bu durum tahtanın yüzücüye uyguladığı kuvvetin artması ile yüzücünün hızının azalmasının orantılı olduğunu gösterir. Yani yüzücünün kinetik enerjisi azalırken, tahtanın esneklik potansiyel enerjisi artar. Bu durumu tahtanın hareketinin devamı için Newton'un ikinci yasasını uygulayarak modelleyelim (Tahtanın denge konumu referans noktası alınacaktır).

$$F_{\text{net}} = ma_t = m \frac{dv_t}{dt} \quad (\text{B.22})$$

Tahtaya etkiyen net kuvvet $-kx + mg$ olduğundan

$$m \frac{dv_t}{dt} = -kx + mg \quad (\text{B.23})$$

eşitliğini yazabiliriz. Bu eşitliği

$$m \frac{dv_t}{dt} = m \frac{dv_t}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = mV \frac{dv_t}{dx} = -kx + mg \quad (\text{B.24})$$

şeklinde düzenleyebiliriz. B.24 eşitliğinde içler dışlar çarpımı yaparsak

$$mV dv_t = -kx dx + mg dx \quad (\text{B.25})$$

eşitliğini elde ederiz. B.25 eşitliğinin integralini alırsak aşağıdaki eşitliği elde ederiz.

$$\int_{V_4}^{V_2} mV dv_t = - \int_{x_1}^{x_2} kx dx + \int_{x_1}^{x_2} mg dx \quad (\text{B.26})$$

B.26 eşitliğinde gerekli düzenlemeleri yaparsak

$$\frac{1}{2} mV_2^2 - \frac{1}{2} mV_4^2 = \frac{1}{2} kx_2^2 - \frac{1}{2} kx_1^2 + mgx_2 - mgx_1 \quad (\text{B.27})$$

eşitliği elde ederiz. B.27 eşitliğinde kullanılan $\frac{1}{2} kx^2$ niceliği tahtanın esneklik potansiyel enerjisini verir.

$$\text{Esneklik Potansiyel Enerji} \longrightarrow U_E = \frac{1}{2} kx^2 \quad (\text{B.28})$$

Elastik potansiyel enerjinin birimi $\frac{N}{m} m^2 = Nm = \text{Joule}$ 'dür.

Bu durumda B.27 eşitliğini aşağıdaki gibi yazabiliriz.

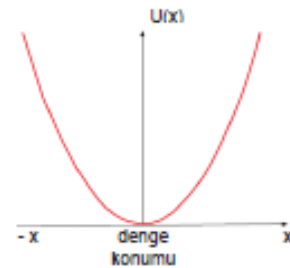
$$K_2 - K_1 = U_{E_2} - U_{E_1} + U_2 - U_1 \quad (\text{B.29})$$

$$K_1 + U_{E_1} - U_1 = K_2 + U_{E_2} - U_2 \quad (\text{B.30})$$

B.22 eşitliği ile B.30 eşitlikleri arasında gerçekleştirilen analizler,



Üzerindeki elmalara çokluğu nedeniyle dalı yere doğru sarkan ağaç dalında elastik potansiyel enerji depolanır.



Ek 3'ün devamı

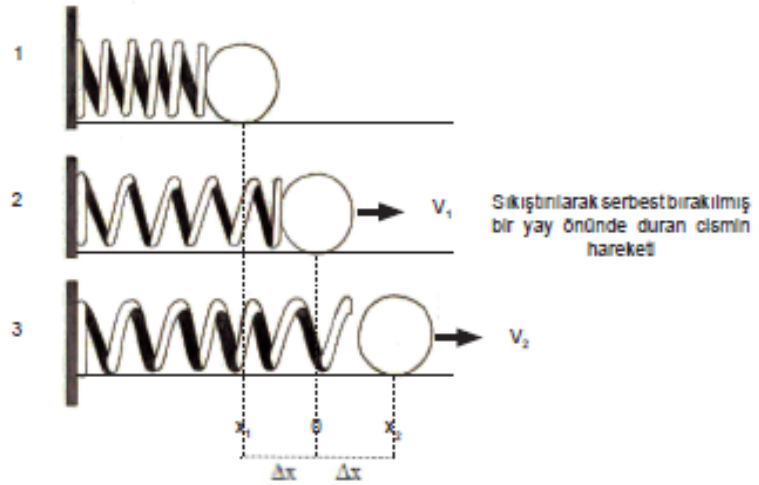
tahtanın hareketi için sadece önceki ve sonraki konumların dikkate alındığını göstermektedir. Bu analizler sonucunda yerçekimi potansiyel enerjisi (U) değerinin negatif çıkmasının nedeni belirlenen referans noktasının altında bir yer değiştirmenin dikkate alınmış olmasıdır.

Anlaşıldığı gibi tahtanın bizim tarafımızdan esnetilmesi ile hareketli bir kütle (yüzücü) tarafından esnetilmesi arasında bir fark yoktur. Yani, tahtaya etkiyen kuvvet kütle hızından bağımsızdır. B.30 eşitliği ise kaybedilen kinetik enerjinin depo edilip sonra yine kazanılabileceğini ifade etmektedir. Bu da bize tahtanın aşağı doğru eserken yüzücüye uyguladığı kuvvetin aynısını yukarıya doğru olan esnemesi esnasında da uyguladığını gösterir.

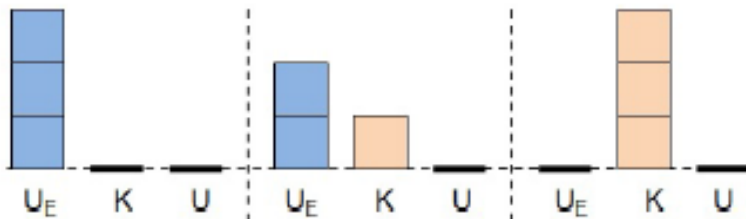


Atlama tahtası için yukarıda ortaya konan analizler, esnek maddelerden biri olması sebebiyle, yaylar için de geçerlidir. Dolayısıyla B.22 eşitliği ile B.30 eşitlikleri arasında gerçekleştirilen analizler yaylar için tekrarlanabilir.

Yaylarda esneklik potansiyel enerjisini, sürtünmenin ve hava direncinin ihmal edildiği ortamda, aşağıdaki gibi denge konumundan x kadar sıkıştırılmış bir yayın serbest bırakılması sonucu önünde duran cismin hareketini inceleyerek irdeleyelim.



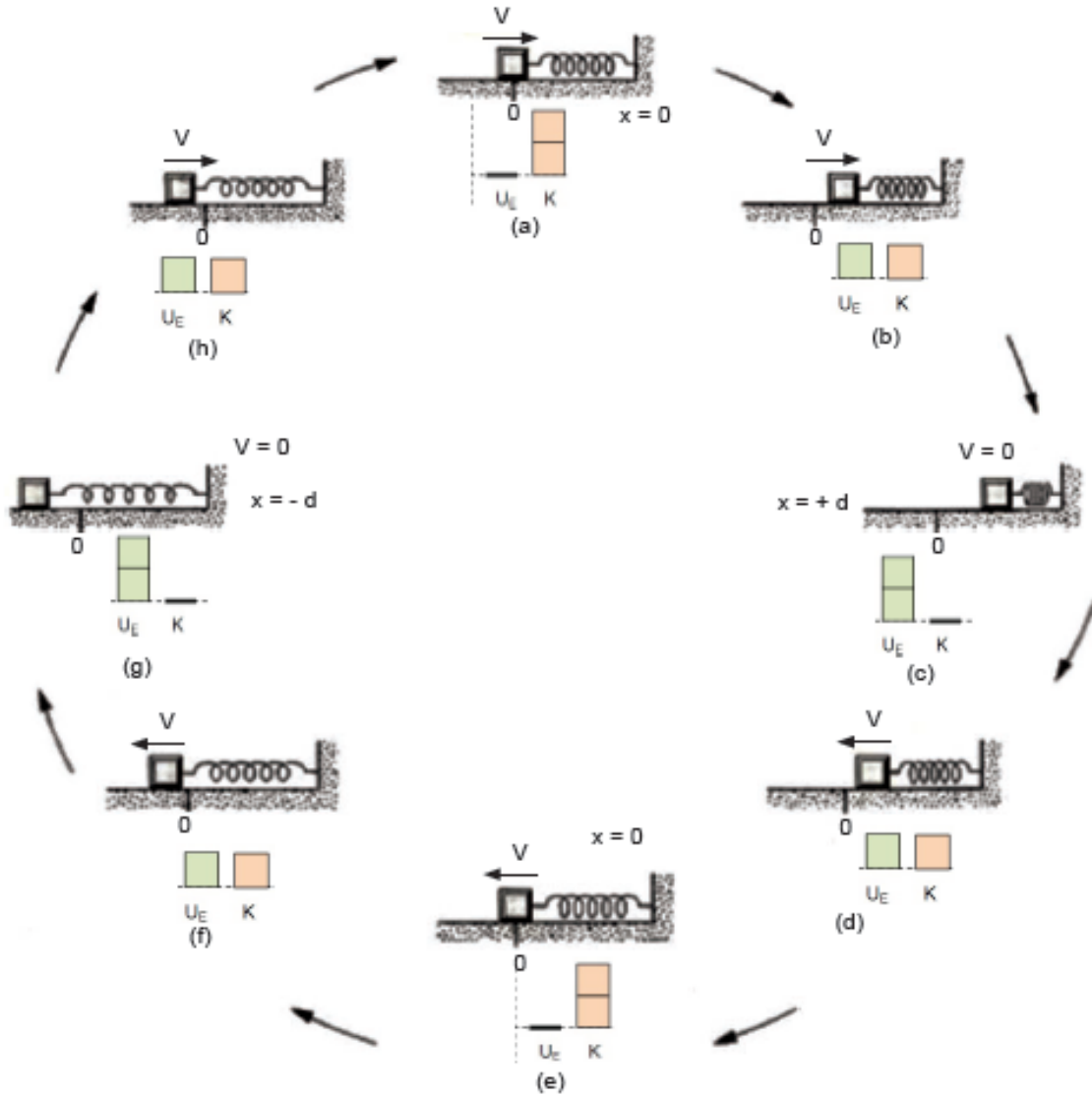
Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, 1 durumunda, x_1 noktasına kadar sıkıştırılarak yaya $\frac{1}{2}k(\Delta x)^2$ kadar elastik potansiyel enerji kazandırılmıştır. Burada yay serbest bırakıldığında denge konumuna dönebilmek için cisme $-k\Delta x$ kadar kuvvet uygulayarak cismi harekete geçirir. Harekete geçen cisim 2 durumunda görüldüğü gibi kinetik enerji kazanmaya başlar. Bu esnada yay esneklik potansiyel enerjisini kaybeder.



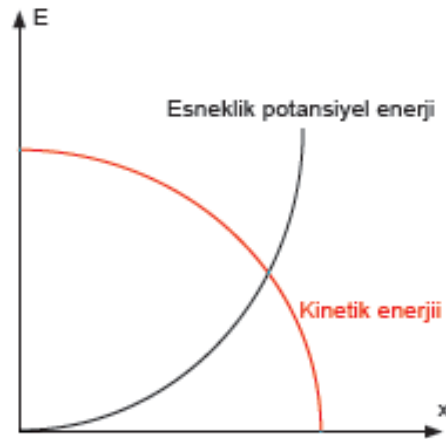
Hareketin son aşamasında ise yay depoladığı tüm enerjisini kaybederken cisim maksimum kinetik enerjisine ulaşır. Bu durumda v_2 'nin v_1 'den büyük olduğunu yandaki sütun-süreç grafiğine inceleyerek söyleyebiliriz.

Ek 3'ün devamı

Aşağıdaki gibi sürtünmesiz bir zemin üzerinde ileri-geri hareket ettiğini varsaydığımız yay ve cisim sistemine ait enerji değişimini inceleyelim.



Yukarıda verilen yay-cisim sistemine ait harekette, sistemin hava moleküllerini hareketlendirirken enerji kaybetmediği ve yerin sürtünmesiz olduğunu varsayarsak sisteme ait mekanik enerjinin korunduğunu söyleyebiliriz. Bu durumda, sisteme ait enerji referans değer olarak alındığında, sisteme ait enerji kinetik ve esneklik potansiyel enerji çeşitleri arasında paylaşılacaktır ve paylaşımın oranı hareket süresince değişime uğrayacaktır. Örneğin sistemin a ve e durumlarında sadece kinetik enerjisi, c ve g durumlarında sadece esneklik potansiyel enerjisi ve b, d, f ve h durumlarında hem esneklik potansiyel enerjisi hem de kinetik enerjisi olacaktır. Esneklik potansiyel enerji ile ve kinetik enerjinin yola bağlı değişim grafiği yanda görüldüğü gibi olacaktır.



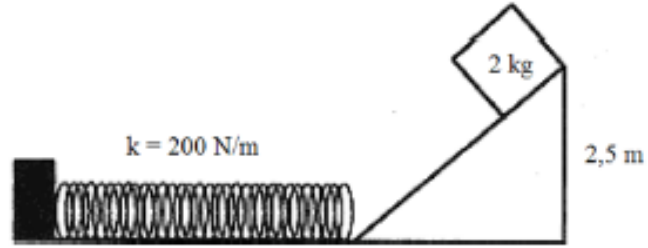
Ek 3'ün devamı

Örnek 10 Kayan Blok Sıkışan Yay

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, 2 kg'lık takoz yerden yüksekliği 2,5 m olan eğimli bir yolun tepesinden kayarak yatay zemindeki yaya çarpmakta ve onu sıkıştırmaktadır. Yayın kuvvet sabitinin 200 N/m ve takozu etkileyen tek kuvvetin yerçekimi olduğu bilgilerini dikkate alarak (sürtünmeleri ihmal ediniz.)

a) yayda depolanan esneklik potansiyel enerjisini hesaplayınız.

b) yayın sıkışma miktarını bulunuz.

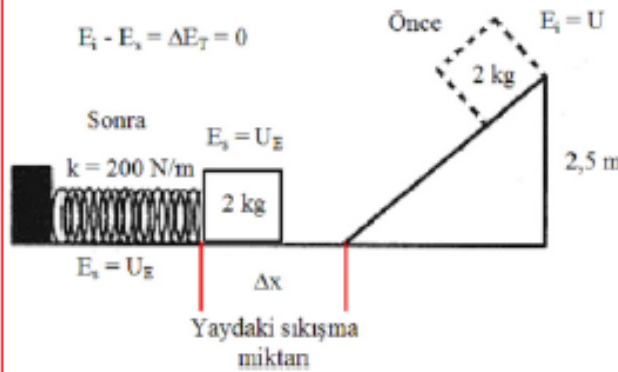


Çözüm

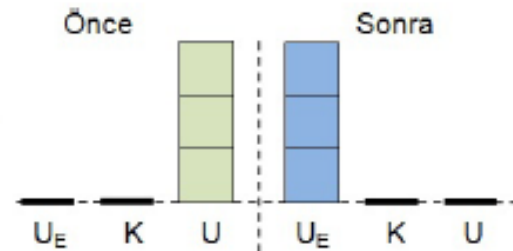
Sözel Açıklama

Takozun hareketindeki ve konumundaki değişimlerin kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjilerini de değiştireceği açıktır. Bu değişimde takozun üzerine etkileyen tek kuvvetin yerçekimi kuvveti olması sebebiyle takozda herhangi bir enerji kaybı söz konusu olmayacaktır. Ancak takoz yaya çarptığında sahip olduğu hareket ve konum enerjilerini kaybedecektir. Kaybettiği bu enerjinin bir kısmı çarpma anında ses enerjisine dönüşecektir. Kalanıysa yayda depolanacaktır. Bu bilgilerden hareketle takoz ve yayı izole edilmiş bir sistemin bileşenleri olarak düşünebiliriz. Bu durumda, ses enerjisine dönüşümü ihmal edersek, sistemin sahip olduğu enerjinin korunumlu olduğunu söyleyebiliriz. Buna göre sistemin başlangıçtaki enerjisi sürecin sonunda da geçerlidir. O halde bu durumu, sistemin bileşenlerinden biri olarak tanımladığımız yayda depolanan enerjiyi ve yayın sıkışma miktarını bulmak için kullanabiliriz. Fakat bu süreçte sistemin termal enerji değeri hesaplanamadığından bu enerji çeşidi sistem için referans enerji olarak kabul edeceğiz.

Resimsel Gösterim



Grafiksel Gösterim



Matematiksel Çözüm

$$E_f - E_i = \Delta E = 0$$

$$U = U_E$$

$$\text{a) } mgh = \frac{1}{2} kx^2$$

$$U_E = 2 \cdot 9,8 \cdot \frac{5}{2} = 49 \text{ Joule}$$

$$\text{b) } x^2 = \frac{2U_E}{k}$$

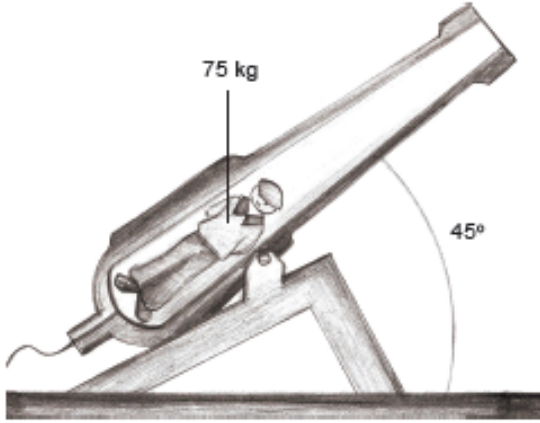
$$x^2 = \frac{2 \cdot 49}{200} = 0,49 \quad x = 0,7 \text{ m}$$

Ek 3'ün devamı

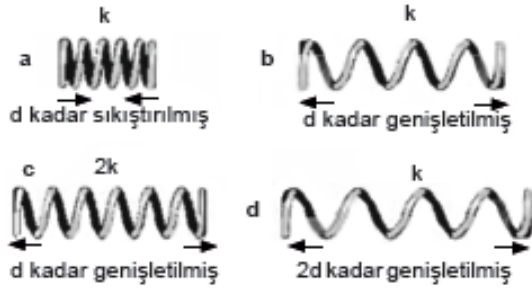


7. Sorgulayalım Anlayalım

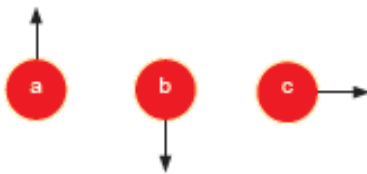
1. 75 kg'lık akrobat kuvvet sabiti 18000 N/m olan bir insan topunun yayı 5 m sıkıştırılarak 45°'lik açıyla fırlatılmaktadır. Akrobatın maksimum yükseklikteki hızını bulunuz? (Sürtünmeleri ihmal ediniz.)



2. Aşağıda verilen yayların sahip oldukları elastik potansiyel enerjiyi büyükten küçüğe doğru sıralayınız. Sıralamanızın nedenini açıklayınız.



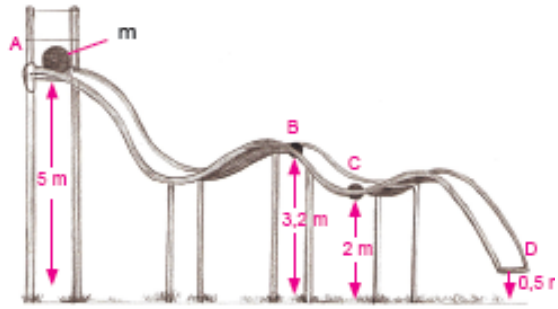
3. Üç adet tenis topu V hızında aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi a, b ve c yönlerinde fırlatılıyor. Topların yere düştüğü anda sahip oldukları enerjileri büyükten küçüğe doğru sıralayınız. Sıralamanızın nedenlerini açıklayınız.



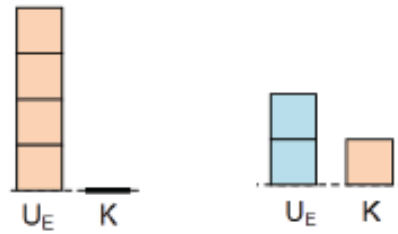
4. Aşağıdaki gibi bir bilye sürtünmesiz zemin üzerinde A konumundan serbest bırakılıyor.

a. Bilyenin B ve C konumundaki hızını bulunuz.

b. Bilyenin D konumunda sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişimin kinetik enerji değişimine oranı kaçtır?



5. Aşağıda iki yayın her hangi bir anda sahip oldukları enerji çeşitlerini gösteren sütun grafikleri verilmiştir. Grafiklerden hareketle bu yayların gerçek durumlarını anlatan görsel çizimler yapınız.



Ek 3'ün devamı

C. ENERJİ AKTARIM YOLLARI

Önceki bölümlerde enerjinin ne olduğu, formları, dönüşümü ve nicelik olarak korunduğuna yönelik açıklamalarda bulunuldu. Bu kapsamda, enerji korunumunun hangi şartlar altında gerçekleştiğini sorgulandı. Bu bölümde ise enerjinin bir sistemden başka bir sisteme nasıl aktarıldığı sorusuna yanıt arayacağız.

Bu kapsamda ısı, iş, kuvvet, güç ve verim kavramlarını, iş-enerji ve iş-kinetik enerji teoremlerini, sabit ve değişken kuvvetleri, korunumlu-korunumsuz kuvvetleri irdeleyeceğiz.



Tartışalım

Düz yolda ilerlemeye başlayan bir at arabasının kinetik enerji kazandığını ve bu enerjinin yerçekimi potansiyel enerji değişimi nedeniyle kazanılmadığını söyleyebiliriz. Böyle bir harekette kazanılan kinetik enerjinin kaynağının atın arabayı çekmesi yani kimyasal potansiyel enerji değişimi olduğu açıktır. Ancak bu süreçte atın enerjisini, arabaya nasıl aktardığı açık değildir. Aynı durum dört tekerlekli el arabasını iten bir kişi için de geçerlidir.

Yukarıda verilen örnek durumlardan yola çıkarak bir sistemden bir başka sisteme enerji geçişinin nasıl gerçekleştiğini tartışarak açıklayınız.

Tüm sistemler birbirlerini sarmalayan bir yapı içerisinde düşünülebilirler. Dolayısıyla sistemler izole edilmedikleri müddetçe çevrelerinde var olan diğer sistemlerle etkileşim içerisindedirler. Bu etkileşimlerdeki enerji alış-verişi, enerji aktarımı olarak tanımlanır. Enerjinin makroskobik ve mikroskobik boyutları dikkate alınarak aktarımının incelenmesi mümkündür. Bu anlamda makroskobik boyutta mekaniksel enerji çeşitlerinin, mikroskobik boyutta mekaniksel olmayan enerji çeşitlerinin olması sebebiyle enerji aktarımı, makroskobik boyutta iş mikroskobik boyuttaysa ısı kavramları ile ilişkili olarak irdelemek yerinde olacaktır (Çengel & Boles, 2006; Knight, 2008).

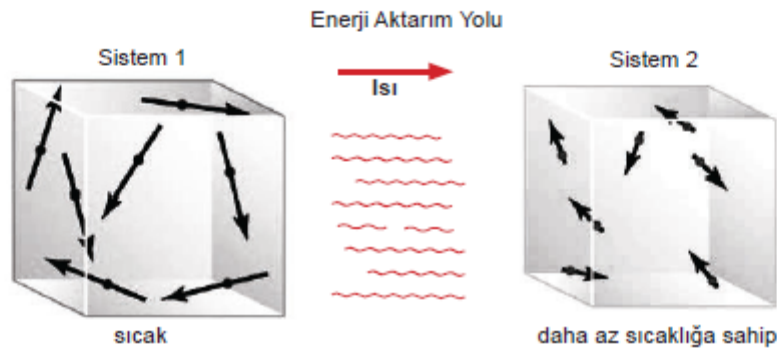
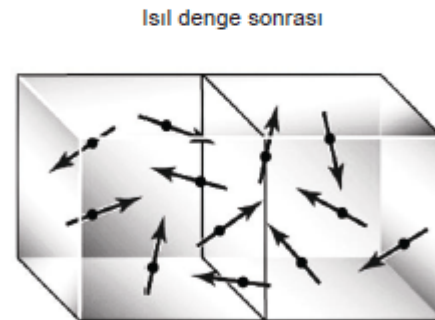
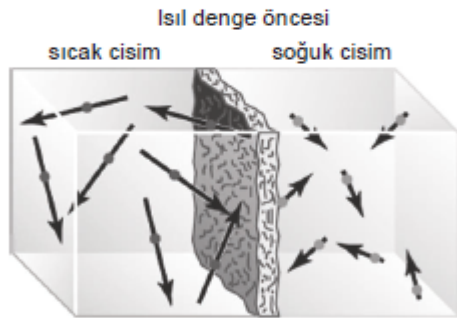
Ek 3'ün devamı

1. Isı yoluyla enerji aktarımı

Günlük hayattaki deneyimlerimizde buzdolabından çıkardığımız bir şişe soğuk suyun ve fırından çıkarılmış bir tencere yemeğin sıcaklıklarının zamanla etkileşim halinde buldukları diğer sistemlerin sıcaklığına kadar azaldığını vb. durumları gözlemleriz. Bu durum farklı sıcaklıklara sahip sistemler arasında ısı denge sağlanıncaya kadar enerji aktarımının olduğunu gösterir. Bu da bize gerçekte, soğuk ya da sıcak sistemlerin olmadığını termal enerji fazlası veya eksikliği olan sistemlerin olduğunu gösterir. Sistemlerin sıcak veya soğuk olarak nitelendirilmesinden kasıt, etkileşim halinde olduğu diğer sistemlere göre termal enerji fazlası veya eksikliği olması ile ilişkilidir. Bu durumun göstergesi ise sıcaklıktır. O halde mikroskobik boyutta sistemler arasında enerji etkileşimi sıcaklık farklılığı nedeniyle gerçekleşir. Enerji aktarımının yönü her zaman sıcaklığı yüksek olan sistemden düşük olan sisteme doğrudur ve bu aktarım ısı yoluyla gerçekleşir (Heimbecker vd., 2002; Nowikow & Heimbecker, 2002; Crowell, 2006; Knight, 2008).

Isı nedir?

Pek çok öğrenci kendilerine sorulan bu soru karşısında ısıyı, bir enerji türü olarak tanımlamaktadırlar. Oysa bu açıklama tek başına yeterli değildir. Çünkü ısı, yüksek sıcaklığa sahip bir sistemden düşük sıcaklığa sahip bir sisteme herhangi bir kütle aktarımı olmaksızın aktarılan enerjidir ve bu enerjinin kaynağı aktaran sistemin termal enerjisidir. Kısaca ısı, enerji aktarım yoludur. Bazı öğrenciler ise sıcaklık ile ısı kavramlarını birbirinin yerine kullanmaktadırlar. Bu kullanım da yanlıştır. Çünkü sıcaklık bir maddenin moleküllerinin ortalama kinetik enerjilerinin bir ölçüsüdür.

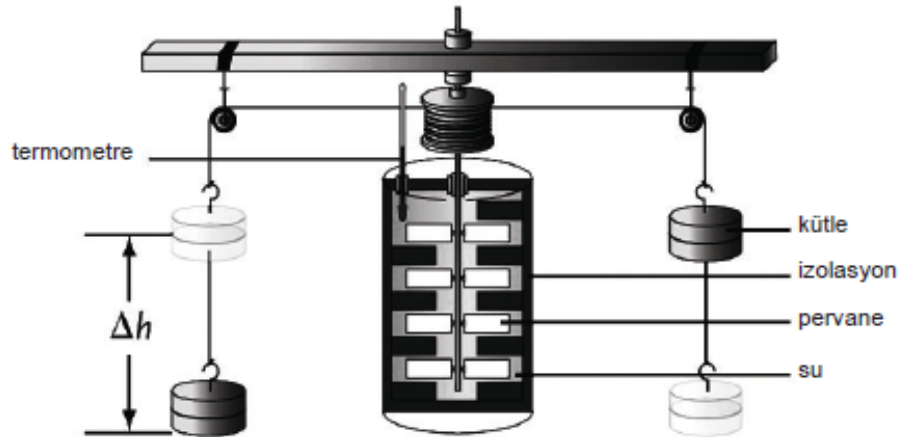


Ek 3'ün devamı

Alıştırma 5

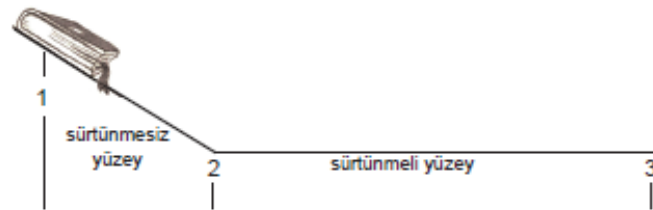
Önceki sayfadaki şekilde verilen sistem 1 ve sistem 2 için 'sıcak' ve 'daha az sıcaklığa sahip' ifadeleri yerine 'termal enerjisi fazla' ve 'termal enerjisi az' şeklinde tanımlama yapabilir miyiz? Niçin?

Isı yoluyla enerji aktarımını anlaşılır kılmak için, ilk defa 1847 yılında James Joule tarafından gerçekleştirilen ve yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişimin termal enerji değişimi üzerindeki etkisinin incelendiği deneyi irdeleyelim.



Joule, yukarıdaki şekildeki gibi oluşturduğu düzenekte, yere doğru serbest bırakılan cismin kaybettiği yerçekimi potansiyel enerjisine ne olduğunu araştırmıştır. Joule yaptığı deneyle, yerçekimi potansiyel enerjinin sudaki pervanelerin hareket enerjisine dönüştüğünü ve dönen pervanelerin de suyun sıcaklığında dikkate değer bir artışa neden olduğunu belirlemiştir. Böylelikle Joule yerçekimi potansiyel enerjisindeki azalmanın termal enerjide artışa neden olduğunu göstermiştir (Nowikow & Heimbecker, 2002).

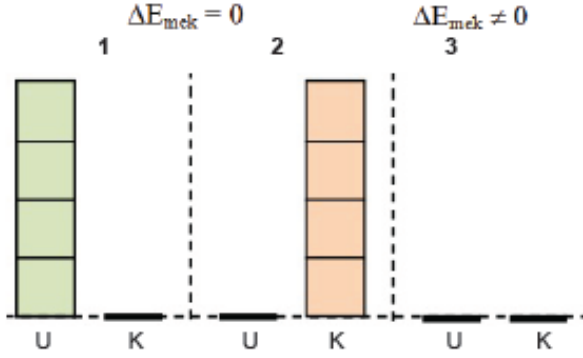
Joule'ün deneyi, makroskobik boyutta düşünülen enerjinin mikroskobik boyutta düşünülen enerjiye dönüşümünü açıklaması açısından önemlidir. Makroskobik boyuttaki enerji formlarından mikroskobik boyuttaki enerji formlarına dönüşümünü, aşağıdaki şekildeki gibi eğik düzlem üzerinde 1 konumundan serbest bırakılan ve 3 konumunda duran kitabın hareketini inceleyerek açıklamalarımızı genişletelim (hava direnci ihmal edilecektir).



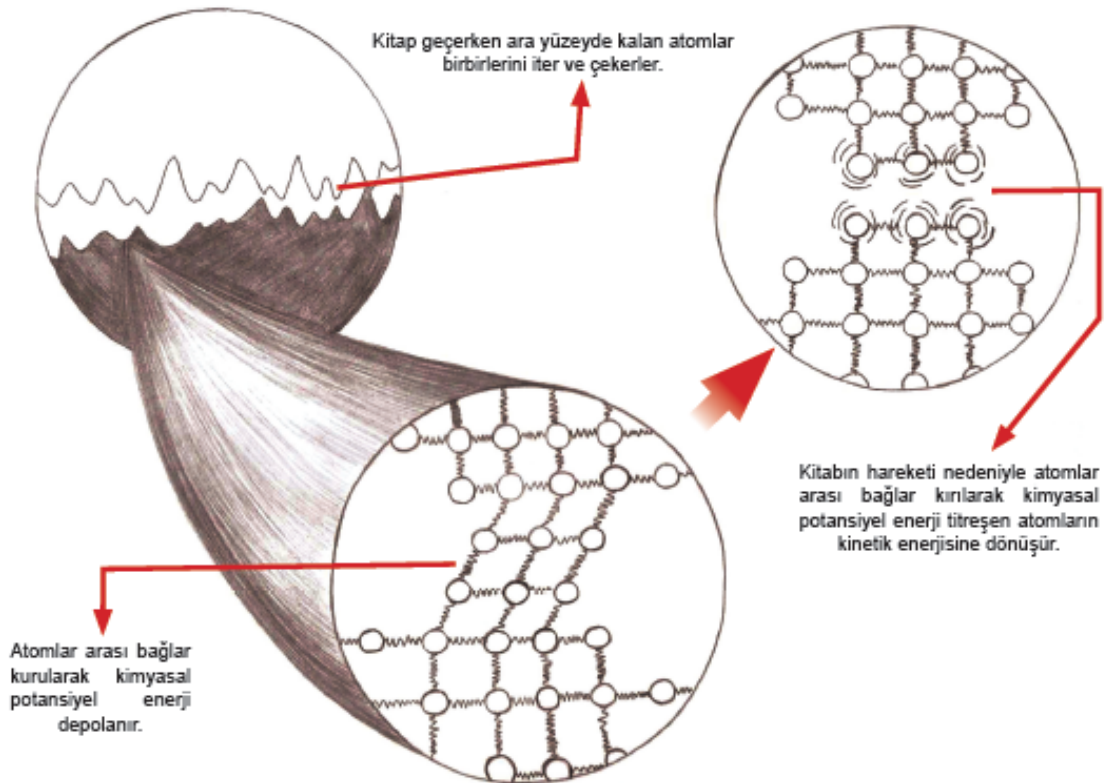
Yerçekiminin etkisi ile kitap, sürtünmesiz eğik düzlem üzerinden sürtünmeli yatay düzleme doğru kaymaya başlayacaktır. Bu harekette, kitabın sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi kinetik enerjiye

Ek 3'ün devamı

dönüşecektir. Diğer bir ifade ile kitabın 1 ve 2 konumları arasındaki enerjisinin korunumlu olduğu açıktır. Ancak aşağıdaki sütun-süreç grafiğinde görüldüğü gibi 3 konumunda kitap, sürtünme nedeniyle duracağı için enerjisinin korunumlu olduğunu söylemek mümkün değildir. Bu durum, enerjinin yok olmadığı gerçeği göz önüne alındığında, kitabın kinetik enerjisini başka bir yere aktardığını gösterir. Daha önceki



açıklamalarımız hatırlanacak olursa, kitabın kaybettiği enerjinin 2 ve 3 konumları arasındaki yüzeyin termal enerjisine dahil olduğu anlaşılır. Buradaki süreç sürtünmenin atomik boyuttaki durumunun incelenmesini gerektirir (Knight, 2008).

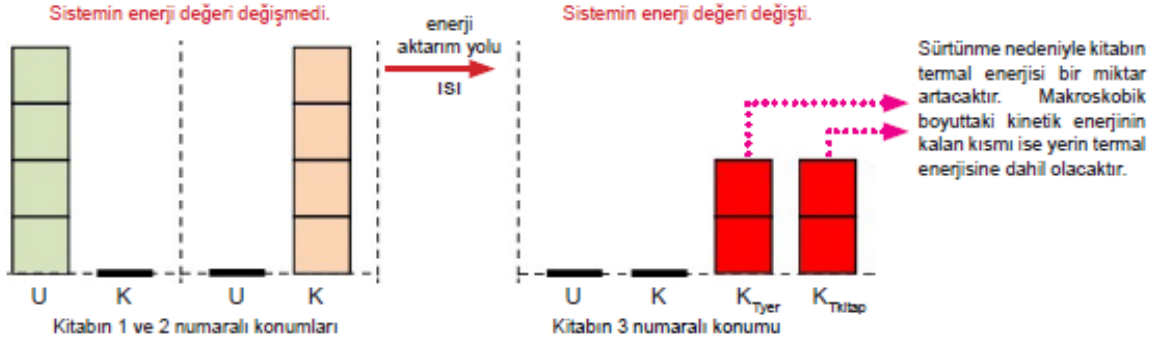


Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, kitabın 2 ve 3 konumları arasındaki hareketi esnasında kitap ile zemin arasındaki ara yüzeyde kalan atomlar birbirlerini iter ve çekerler. Bu esnada atomlar arasında kurulan bağlar mikroskopik boyutta kimyasal potansiyel enerji depolanmasını

Ek 3'ün devamı

sağlar. Ancak kitabın hareketi nedeniyle bu bağlar kırılır ve bağları oluşturan atomlar titreşir. Ara yüzeyde kalan atomların titreşimi, art arda sıralanmış domino taşlarının sırasıyla devrilmesi gibi, diğer atomların da titreşimine neden olur. Böylelikle kimyasal potansiyel enerji atomların titreşim hareketinin enerjisine, yani mikroskobik boyutta kinetik enerjiye dönüşür. Bu süreç bize, kitabın makroskobik boyuttaki kinetik enerjisinin mikroskobik boyutta kimyasal potansiyel ve kinetik enerjiye yani termal enerjiye dönüştüğünü gösterir.

$$\Delta K = \Delta K_T$$



Kitap için ortaya konan yukarıdaki analizlerde kitabı bir sistem olarak kabul edelim. Bu durumda kitabın 1 ve 2 konumları arasındaki hareketi, sistem içerisinde enerji dönüşümünün mümkün olduğunu gösterir. Ancak 2 ve 3 konumları arasında olduğu gibi sistem çevresiyle etkileşime girerse, sistem izole edilmediği için, enerji aktarımı söz konusu olacaktır. Bu aktarım yukarıda da belirtildiği gibi mikroskobik boyutta ısı ile gerçekleşmektedir. Ancak sistemin hareketinde enerji aktarımını, çevrenin sisteme kuvvet uygulaması nedeniyle (sürtünme kuvveti), makroskobik boyutta da irdelemek mümkündür.



İş, enerji aktarım sürecidir.
Enerji, iş yapabilme yeteneğidir.

$W > 0$ Sistem üzerine iş yapılmaktadır. Sistemin enerjisi artar.

$W < 0$ Sistem tarafından iş yapılmaktadır. Sistemin enerjisi azalır.

2. İş yoluyla enerji aktarımı

Eğer daha önce alış-veriş yapmak üzere markete gitmişseniz karpuz kaldırmamanın elma kaldırmaktan daha zor bir iş olduğunu fark etmişsinizdir. Hele bir de alış-veriş poşetlerini eve kadar taşımışsanız daha çok yorulduğunuzu yani daha fazla iş yaptığınızı söyleyebiliriz. Bununla birlikte ders çalışırken fizik problemlerini çözmenin de zor bir iş olduğunu sıklıkla söyleriz. Görüldüğü gibi alış-veriş ve ders çalışma aktiviteleri birbirinden farklı tipte işleri gerektirmektedir. Bu durum iş kelimesinin günlük hayatta farklı anlamlarda kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

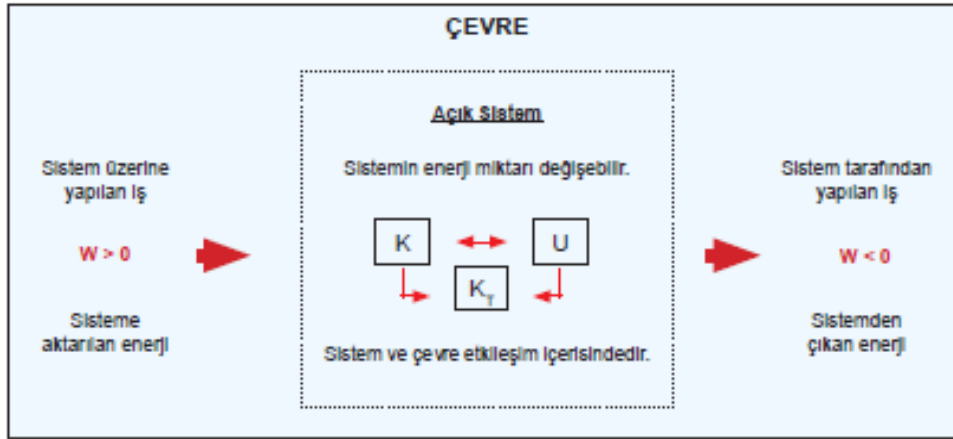
Günlük konuşma dilinde çoğunlukla fiziksel veya zihinsel efor olarak kullanılmasına karşın fizikte iş, bir sistemin yer değişmesine sebep olan kuvvet ile ilişkili enerji aktarımı olarak tanımlanır. Buna göre geçmiş yıllarda öğrendiğiniz 'Enerji iş yapabilme yeteneğidir.' ifadesini, enerjinin tanımı olarak değil, aktarım süreci ile ilişkili olarak düşünmek yerinde olacaktır (Diakidoy vd., 2003).

Anlaşıldığı üzere enerji ve iş kavramları arasında sıkı bir ilişki söz konusudur. Bu ilişkiyi daha anlaşılır hale getirmek için parayı enerjiye

Ek 3'ün devamı

benzetelim. Bu durumda bir kişinin sahip olduğu enerji cüzdandaki para olacaktır. Bu kişinin yanındaki çalışanına emeği karşılığında ödeme yapması veya satın aldığı ürün karşılığında ödeme yapması ise iş olacaktır. Çünkü bir kişiden bir başka kişiye ödeme yoluyla aktarılan paradır. Örneğimizden de anlaşıldığı üzere iş enerji değildir. Süreç sonunda, söz konusu kişinin parasının yani enerjisinin miktarında azalma olurken ödeme yaptığı kişinin parasının yani enerjisinin miktarında ise artma olacaktır. Buradan hareketle, bir sistem üzerine yapılan işin sistemin enerji miktarını artırdığı, sistem tarafından yapılan işin ise sistemin enerji miktarını azalttığı söylenebilir. O halde bu tür süreçlerde sistemin enerji değişimi, yapılan işe eşit olacaktır. Fizikte iş, W ile sembolize edilir. Birimi Joule'dür.

$$\Delta E_{\text{sistem}} = \Delta U + \Delta K + \Delta K_T = W \quad (\text{C. 1})$$



Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi sistemin üzerine yapılan iş ile sistemin yaptığı işin işaretleri arasında işin işaretinden kaynaklanan bir fark vardır. Sistemin üzerine yapılan işin işaretinin pozitif (+) olması sistemin enerji kazandığını, sistemin yaptığı işin işaretinin negatif (-) olması ise sistemin enerji aktardığını gösterir.

Sistemin üzerine yapılan veya sistemin yaptığı işin, sistemin kinetik, potansiyel ve termal enerjilerinde değişiklik yapabilmesi durumu iş-enerji teoremi olarak tanımlanır.

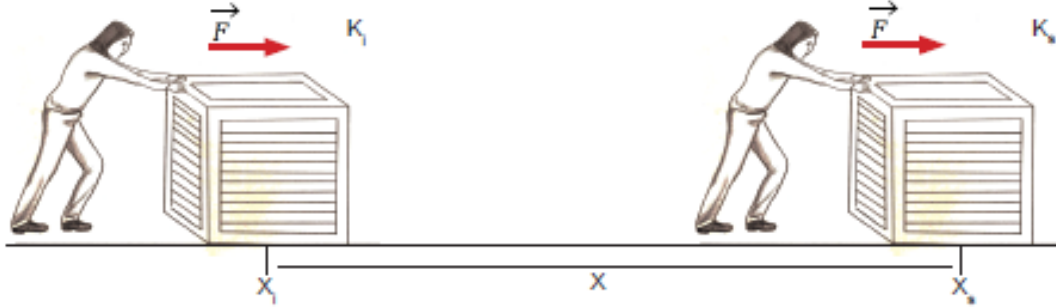
2. 1. İş ve Kinetik Enerji

Yukarıdaki açıklamalarımızdan hareketle, izole edilmemiş bir sistem üzerine yapılan işin veya bu sistem tarafından yapılan işin sistemin sahip olduğu enerjide değişime neden olacağı açıktır. Ancak burada sorgulanması gereken iş yapılmasını sağlayan kuvvetin ne kadarlık bir değişime neden olduğudur. Bu kapsamda sabit bir hızla hareket eden bir cismin kinetik enerjisi ile ona etkiyen kuvvet arasındaki ilişkiyi inceleyelim.

Bunun için sürtünmesiz bir zemin üzerinde X_1 konumunda K_1 kinetik enerjisine sahip bir cismin üzerine yer değiştirme doğrultusunda sabit

Ek 3'ün devamı

bir \vec{F} kuvvetinin aşağıda verilen şekilde görüldüğü gibi uygulandığını varsayalım.



Bu durumda cisim \vec{F} kuvvetinin yaptığı etki nedeniyle hızlanarak kinetik enerjisini artıracaktır ve x_2 konumunda K_2 kinetik enerjisine sahip olacaktır.

Cismin X_1 ve X_2 konumları arasındaki ivmesi sabit olduğundan, ivme ile yer değiştirme arasındaki kinematik eşitliğinden ($V_2^2 = V_1^2 + 2a\Delta x$) hareketle

$$V_2^2 - V_1^2 = 2 \frac{F}{m} \Delta x \quad (C. 2)$$

eşitliğini yazabiliriz. Gerekli düzenlemeleri yaparsak

$$\frac{1}{2} m V_2^2 - \frac{1}{2} m V_1^2 = F \Delta x \quad (C. 3)$$

eşitliğini elde ederiz. (C. 3) eşitliğini aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$K_2 - K_1 = \Delta K = W \quad (C. 4)$$

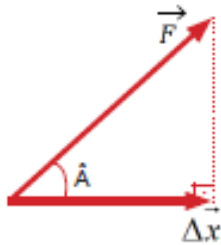
(C. 4) eşitliği fizikte, iş-kinetik enerji teoremini veren matematiksel eşitlik olarak bilinmektedir. İş-kinetik enerji teoremi, bir sistem üzerine yapılan iş nedeniyle sistemin kinetik enerjisinde meydana gelen değişimi açıklar ve iş-enerji teoreminin önemli bir bileşenidir. İş-kinetik enerji teoreminin uygulanabilirliği açısından işin hesaplanması önemlidir.

2.1.1. İş

İş, makroskobik boyutta düşünülen enerji formlarının aktarımıdır. Enerjinin bu aktarım sürecindeki temel nokta, cisme veya sisteme uygulanan ve yer değiştirmeye sebep olan kuvvettir. İş, cisme/sisteme uygulanan kuvvet doğrultusunda yer değiştirme gerçekleşiyorsa yapılır. Bu nedenle işin miktarı, C.3 eşitliğinde ortaya konduğu gibi, kuvvet ve yer değiştirmenin büyüklüğüne bağlıdır. Kuvvet ve yer değiştirme vektörel nicelikler olduğundan iş, iki vektörel niceliğin skaler çarpımlarının ürünüdür. Yani, iş skalerdir. İşin miktarı,

$$W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x \quad (C. 5)$$

formülü ile hesaplanır. İşin birimi (Joule)'dür.



Ek 3'ün devamı

C. 1 eşitliği işin değerinin sistemin enerji vermesi veya alması durumlarına göre, pozitif veya negatif olabileceğini ortaya koyar. İşin işareti sistemin enerji aldığını veya verdiğini göstermesi açısından önemlidir. C. 5 formülünde verilen \vec{F} ve $\Delta\vec{x}$ değerlerinin daima pozitif değer aldıkları dikkate alındığında, işin işaretinin kuvvet ve yer değiştirme arasındaki açıya bağlı olduğu görülür.

Örnek 11 Vagon Çeken İşçi

Bir işçi içinde toplam 70 kg'lık yük bulunan vagonu yandaki şekilde görüldüğü gibi çekmektedir. İşçinin vagonu 20 N'luk kuvvetle 2 m boyunca çektiğini dikkate alarak (Sürtünme ve hava direncini ihmal ediniz.);



a) Vagon yere göre 30° lik açı ile çekilirse yapılan işi hesaplayınız.

b) Vagon ve işçiden oluşan sistemin enerji değişimi hakkında ne söyleyebilirsiniz? Açıklayınız.

Çözüm

a)

Sözel Açıklama

Vagon ile yer arasında sürtünme olmadığı için işçinin vagonu çekmesi sonucunda vagon, kuvvetin uygulandığı yöne doğru hareket geçer. Bu durumda yapılan iş kuvvet ile yer değiştirmenin skaler çarpımına eşittir. Ancak kuvvet vagona 30° lik bir açı ile uygulandığı için kuvvetin hareket doğrultusundaki bileşeni dikkate alınmalıdır.

Matematiksel Çözüm

$$W = F\Delta x \cos \alpha$$

$$W = 20 \cdot 2 \cdot 0,87$$

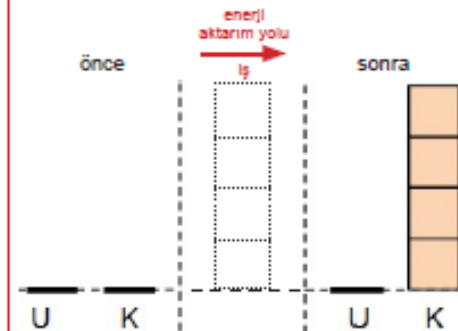
$$W = 34,8 \text{ Joule}$$

b)

Sözel Açıklama

Vagon ve içindeki yükten oluşan sistem açık sistemdir ve başlangıçta durgun olduğu için enerjisi sistemi oluşturan öğelerin termal enerjilerinin toplamından ibarettir. Yer değiştirme gerçekleştiğinde, belirli bir hız kazanıldığı için sistemin termal enerjilerinin yanı sıra kinetik enerjisi de olacaktır. Termal enerji değişiminin burada hesaplanması mümkün olmadığından, sistemin termal enerjisini referans enerji değeri olarak kabul edebiliriz. Bu durumda sistemin enerji değişimi sistem üzerine yapılan iş nedeniyle ($W > 0$) kazanılan kinetik enerjiden ibaret olacaktır.

Grafiksel Gösterim



Matematiksel Çözüm

$$W = \Delta K = K_2 - K_1$$

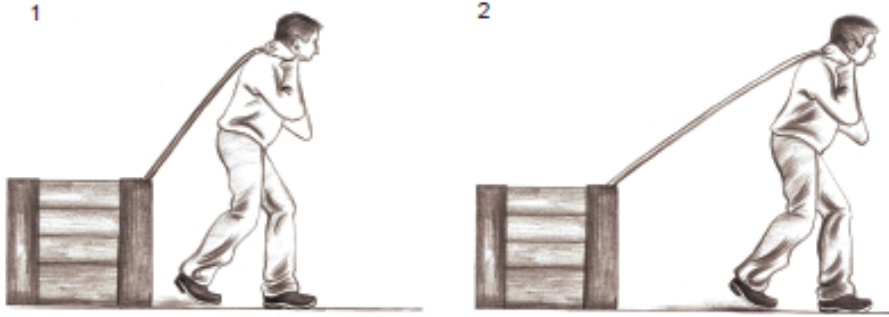
$$K_1 = 0 \Rightarrow \Delta K = K_2 = W$$

$$\Delta K = 34,8 \text{ Joule}$$

Ek 3'ün devamı

Alıştırma 6

Şekilde verilen 1 ve 2 numaralı durumlarda sandıkların kütleleri ile sürtünme ve ipteki gerilme kuvvetleri aynı olduğuna göre yapılan işleri karşılaştırınız.



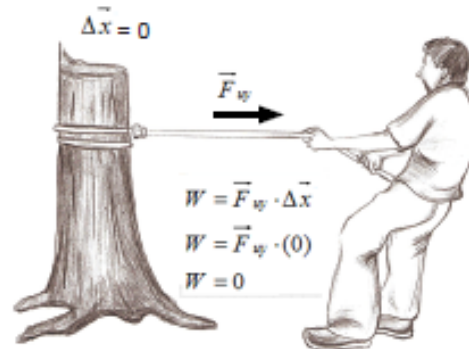
2.1.1.1. Toplam İşin Hesaplanması

Buraya kadar yapılan açıklamalar sistem veya cisim üzerine tek bir kuvvetin etki ettiği durumları içermektedir. O halde sisteme birden fazla kuvvetin etki ettiği durumların irdelenmesi gerekmektedir.

Bir sisteme birden fazla kuvvet etki ettiği takdirde işi hesaplamak için iki yol vardır. Bunlardan birincisi C. 5 formülünü kullanarak her bir kuvvetin yaptığı işi bulmak ve bu iş değerlerini toplayarak net işi hesaplamaktır. İkincisi, sisteme etkiyen kuvvetlerin vektörel toplamını bularak sisteme etkiyen net kuvveti (bileşke kuvvet) tespit etme ve C. 5 formülünde kullanmaktır.

2.1.1.2. Kuvvet Var İş Yok; Yer Değişirme Var İş Yok

Bazı durumlarda kuvvet uygulanmasına karşın iş gerçekleşmez. Örneğin bahçenizde bulunan ağaç kökünü aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi çıkarmaya çalıştığınızı düşünelim. Ağaç kökünü bağladığınız ip aracılığıyla kendinize doğru çektığınızı ve ağaç kökünü hareket ettiremediğinizi varsayalım. Bu durumda ağaç köküne kuvvet uygulamanıza karşın yer değişirme gerçekleşmediği için yapılan iş sıfır olacaktır. Dolayısıyla, iş yoluyla ağaç köküne enerji aktarımı gerçekleşmemiştir. Ağaç kökünün hızında yani kinetik enerjisinde herhangi bir değişim olmaması bunu doğrulamaktadır. Aynı durum kuvvetin yokluğu için de geçerlidir.



Ek 3'ün devamı

Yer değiştirmenin olduğu, kuvvetin olmadığı hareket için, yandaki şekilde görüldüğü gibi, buz pistinde hokey diskine vuran ve diskin hareketini gözlemleyen bir sporcu düşünelim.

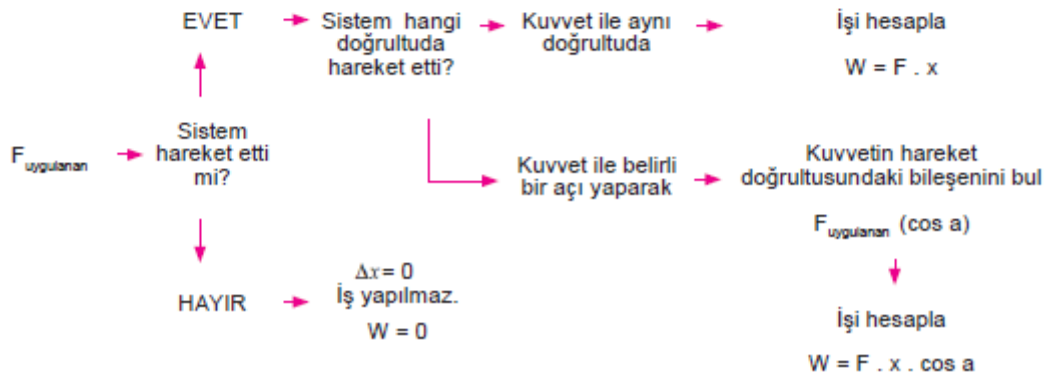
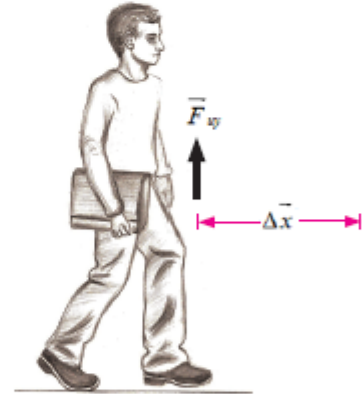
Sporcu diske vurduğunda disk üzerine iş yaparak ona kinetik enerji kazandıracak ve disk buz zemin üzerinde ilerlemeye başlayacaktır. Bu noktada Newton'un birinci yasası hatırlanacak olursa, diske herhangi bir diş kuvvet etki etmedikçe disk hareketini sürdürecektir. O halde buz pistinin sürtünmesiz olduğunu kabul edersek diskin hareketi boyunca üzerine etkiyen kuvvet olmayacaktır. Bu durumda disk üzerine yapılan iş, C. 5 formülüne göre, diske vurma sürecinde sıfırdan farklı iken diskin hareketi sürecinde sıfır olacaktır. Yani diskin kinetik enerjisinde bir değişim olmayacak, disk vurma eyleminin sonucunda kazandığı hızı ile hareketine devam edecektir.



$$W = \vec{F}_{xy} \cdot \vec{\Delta x}$$
$$W = (0) \cdot \vec{\Delta x}$$
$$W = 0$$

2.1.1.3. Kuvvet ve Yer Değiştirme Var İş Yok

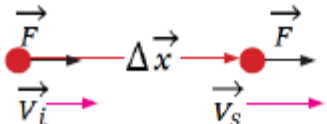
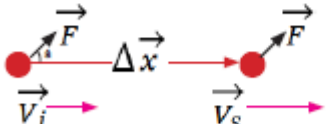
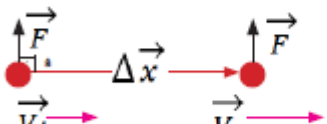
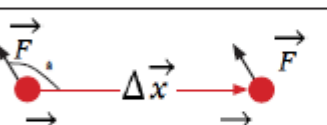
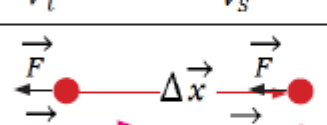
Günlük hayatımızdaki bazı olaylarda da sistemin hem yer değiştirmesi hem de üzerine kuvvet uygulanması durumu söz konusu olabilmektedir. Örneğin yandaki şekilde görüldüğü gibi sizler derslere gelirken kitaplarınızı sınıfa kadar taşımaktasınız. Bu durumda kitabı taşıyabilmek için ona yerçekimine karşı bir kuvvet uygulamakta ve kendi yürüyüş doğrultunuzda yer değiştirmesini sağlamaktasınız. Ancak uygulanan kuvvetin yönü ile yer değiştirme arasında kalan açı dik açı olması sebebiyle ($\cos 90^\circ = 0$) yapılan iş sıfır olacaktır. Yani kitabın kinetik enerjisinde bir değişiklik söz konusu olmayacaktır.



Nowikow & Heimbecker, 2002

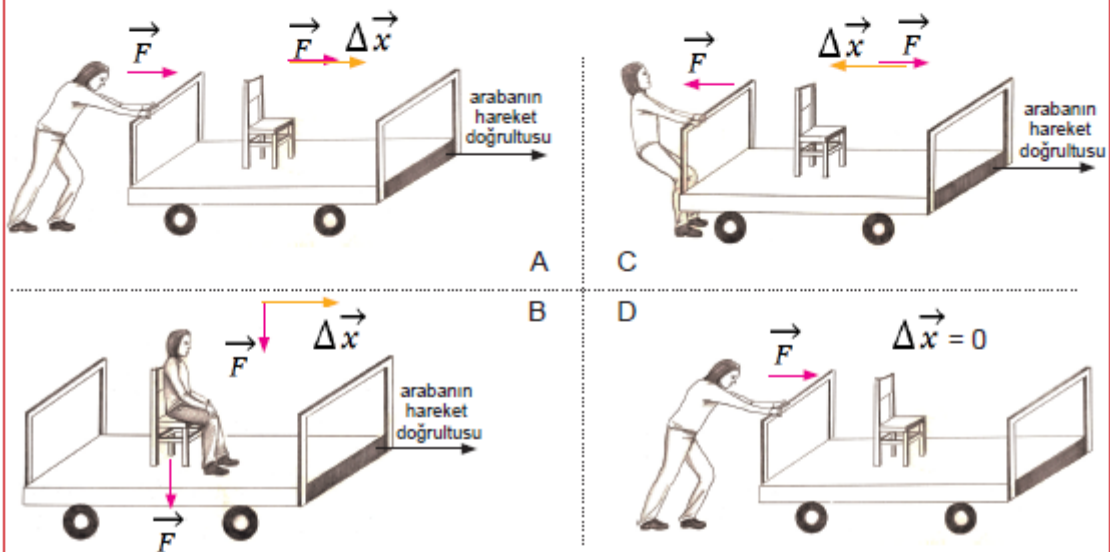
Ek 3'ün devamı

Buraya kadar kuvvet ve yer değiştirme için yapılan açıklamalar için işaretinin bu kavramlar arasındaki açıya bağlı olduğunu gstermektedir. Kuvvet, yer değiştirme, aı, iş ve enerji aktarımı kavramları arasındaki ilişki için aşağıdaki tabloyu inceleyiniz (Knight, 2008).

Kuvvet ve yer değiştirme	Aı	iş	işaret	Enerji Aktarımı
	0°	$F\Delta x$	+	-Sisteme enerji aktarımı gerçekleşir. -Kinetik enerji artar.
	< 90°	$F\Delta x \cos \alpha$	+	-Sistem hızlanır.
	90°	0	...	-Enerji aktarımı olmaz. -Hız ve kinetik enerji sabittir.
	> 90°	$F\Delta x \cos \alpha$	-	-Sistemden dışarıya enerji aktarımı gerçekleşir. -Sistem yavaşlar.
	180°	$-F\Delta x$	-	-Kinetik enerji azalır.

Örnek 12 işin işareti

Aşağıda verilen şekildeki A, B, C ve D durumlarının her biri için araba ve sandalyeden oluşan sistem üzerine yapılan işin işaretini ve sistemin enerji değişimi belirleyiniz (Sürtünme ve hava direncini ihmal ediniz.).



Ek 3'ün devamı

Çözüm

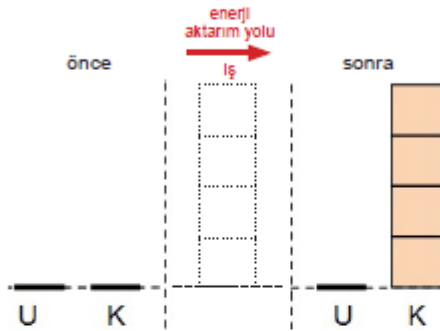
Her bir durum için ayrı ayrı açıklama yapılacaktır. Sisteme ait termal enerji referans enerji değeri olarak kabul edilecektir.

A durumu

Sözel Açıklama

Yük arabasının hareket yönü ile yer değiştirme arasında kalan açı sıfır olduğu için sistem üzerine yapılan iş sıfırdan büyüktür. İşin işareti (+) artıdır. Bu durumda sistemin kinetik enerjisi artacaktır.

Grafiksel Gösterim

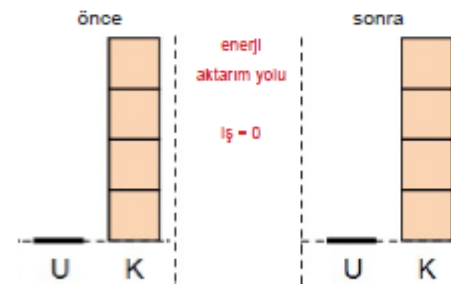


B durumu

Sözel Açıklama

Yük arabasının hareket yönü ile yer değiştirme arasında kalan açı dik olduğu için sistem üzerine yapılan iş sıfırdır. İşin işareti yoktur. Bu durumda sistemin kinetik enerji değişimi sıfır olacaktır.

Grafiksel Gösterim

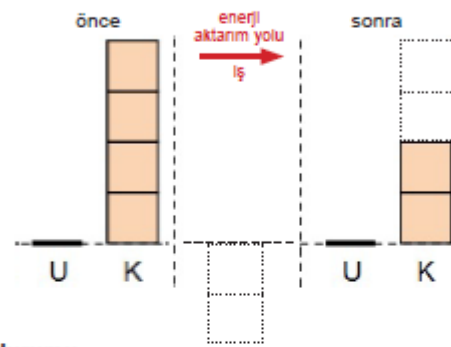


C durumu

Sözel Açıklama

Yük arabasına uygulanan kuvvetle yer değiştirme arasında kalan açı 180° olduğu için sistem üzerine yapılan iş sıfırdan küçüktür. İşin işareti eksidir. Bu durumda sistemin kinetik enerjisi azalacaktır.

Grafiksel Gösterim

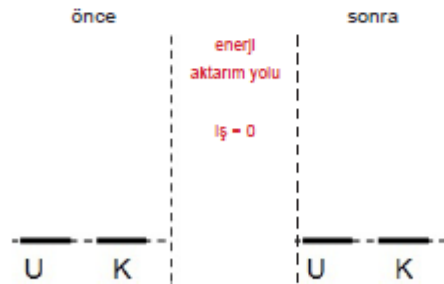


D durumu

Sözel Açıklama

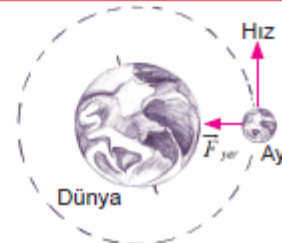
Yük arabasına uygulanan kuvvet, arabayı harekete geçirecek büyüklükte olmadığı için sistem harekete geçmemiştir. Bu nedenle iş gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla işin işareti yoktur. Bu durumda sistemin kinetik enerji değişimi sıfır olacaktır.

Grafiksel Gösterim



Alıştırma 7

Dünya'nın aya uyguladığı çekim kuvvetini ve ayın yer değiştirmesini dikkate alarak iş yapılıp yapılmadığını açıklayınız.

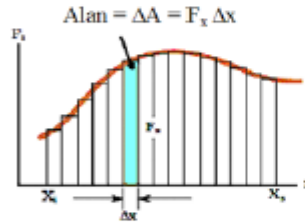


Ek 3'ün devamı

İşin miktarının hesaplanması aynı zamanda sisteme uygulanan kuvvetin niteliği ile ilişkilidir. Yani, sistemin yer değişmesi sürecinde uygulanan kuvvetler sabit bir değer alabildiği gibi değişken değerler de alabilir.

2.1.1.4. Değişken Kuvvetlerin Yaptığı İş

Bu başlığa kadar yapılan açıklamalarda, sabit bir kuvvetin yaptığı iş üzerinde durulmuştur. Ancak sisteme uygulanan kuvvetin büyüklüğü ve yönünde değişiklik durumu söz konusu olabilir. Böyle bir durumda C. 5 formülü yapılan işi hesaplamada kullanılamaz. O halde sisteme uygulanan değişken kuvvetin yaptığı işin de tanımlanması gerekir. Bu durumu, büyüklüğü değişen kuvvet nedeniyle x_1 konumundan x_2 konumuna kadar hareket eden bir sistem üzerine yapılan işi bularak açıklayalım. Bu harekette kuvvetin alınan yola göre değişimi aşağıdaki grafikte görüldüğü gibi olsun.

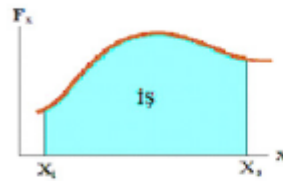


Hareketin tamamında gerçekleşen iş, C. 5 formülü ile hesaplanamasa da yukarıdaki grafikteki gibi tanımlanan küçük bir Δx yer değişmesinde kuvvet yaklaşık olarak sabit olacağı için iş, $\Delta W = F_x \Delta x$ formülü ile hesaplanabilir. Elde edilen bu nicelik yukarıdaki grafikte belirlenen dikdörtgenin alanıdır. Δx yer değişmesi için yapmış olduğumuz hesaplamayı x_1 konumundan x_2 konumuna kadar olan yer değişiminin tamamı için parçalar halinde tekrarlırsak yapılan toplam iş

$$W \equiv F_1 \Delta x_1 + F_2 \Delta x_2 + F_3 \Delta x_3 + \dots + F_n \Delta x_n$$

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n$$

ile yaklaşık olarak hesaplanabilir. Aralıklarının sıfıra, n aralık sayısının sonsuza gitmesi durumunda toplamın değeri, F_x eğrisi ile x ekseninin sınırladığı alanın değerine yaklaşır.



Bu değer, x'e göre F_x integrali ile bulunur:

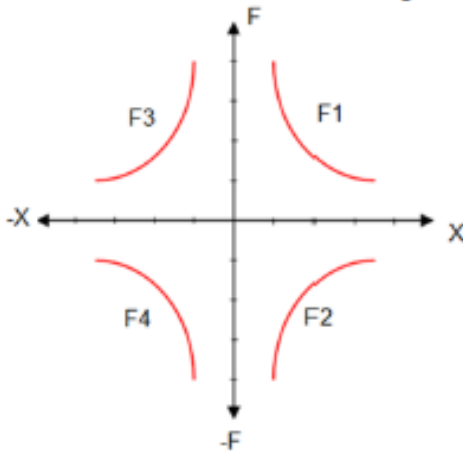
$$W = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{x_1}^{x_2} F_x \Delta x = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx \quad (C.6)$$

olarak ifade edilir. Sistem üzerine birden fazla kuvvet etki ettiği takdirdeyse toplam iş, bileşke kuvvetin yaptığı işe eşit olur (Serway, 2002; Ohanian & Markert, 2007; Young & Freedman, 2008).

$$\sum W = W = \int_{x_1}^{x_2} (\sum F_x) dx \quad (C.7)$$

Ek 3'ün devamı

Değişken kuvvetin yaptığı işin işaretinin anlamını aşağıda verilen grafikten hareketle inceleyelim.



Grafikte de görüldüğü gibi F_1 kuvveti ile yer değiştirme aynı yönlüdürler. Dolayısıyla aralarındaki açı 90° den küçüktür. Açının 90° den küçük olması $\cos(\hat{A})$ değerinin $0 < x \leq 1$ aralığında bir değer alması anlamına geldiğinden F_1 kuvvetinin yaptığı iş pozitif (+) çıkacaktır. Diğer bir ifade ile F_1 kuvveti sisteme enerji kazandırır. Aynı durum F_4 kuvvetinin yaptığı iş için de geçerlidir. Ancak F_2 ve F_3 kuvvetleri ile yer değiştirmeler farklı yönlerde olduğundan aralarındaki açı (\hat{A}) $90^\circ < \hat{A} \leq 180^\circ$ dir. Açının $90^\circ < \hat{A} \leq 180^\circ$ aralığında olması $\cos(\hat{A})$ değerinin $-1 \leq x < 0$ aralığında bir değer alması anlamına geldiğinden F_2 ve F_3 kuvvetlerinin yaptığı iş negatif (-) çıkacaktır. Diğer bir ifade ile sistem enerji aktaracaktır.

Örnek 13 Değişken Kuvvetin Yaptığı İş

Yandaki grafik, başlangıçta durgun olan bir sisteme uygulanan kuvvetin konuma göre değişimini göstermektedir. Buna göre, kuvvetin yaptığı işi ve sistemin enerji değişimi bulalım (Değişken kuvvetin sistem üzerine etkileyen tek kuvvet olduğunu varsayılacaktır).

Çözüm

Sözel Açıklama

Grafik, sisteme uygulanan kuvvet sonucunda meydana gelen yer değiştirme miktarını vermektedir. C. 7 eşitliğine dair açıklamalar dikkate alındığında grafiğin altında kalan alan sistem üzerine yapılan işi verir. Ancak sisteme ait enerji değişimi hakkında yorum yapabilmek için gerekli olan kuvvetin uygulama doğrultusunu gösterecek açı verilmemiştir. Bu nedenle işin işareti, grafikteki değerler dikkate alınarak belirlenebilir. Grafikte kuvvet ve yer değiştirmenin her ikisi de pozitif değerler aldığından yönlerinin aynı olduğu sonucuna varılır. Burada kuvvet ve yer değiştirmenin pozitif (veya negatif) olarak nitelendirilmesi yönleri ile alakalıdır. Kuvvet ile yer değiştirmenin aynı yönde olması aralarındaki açının 90° den küçük olduğunu bu da sistem üzerine iş yapıldığını ve sistemin enerji kazandığını gösterir.

Matematiksel Çözüm

$$W = F\Delta x = \text{Alan}$$

0 – 5 konumları arasında (yamuğun alanı)

$$W_{0-5} = \frac{(8+10) \cdot 5}{2} = 45 \text{ Joule}$$

5 – 8 konumları arasında (dikdörtgenin alanı)

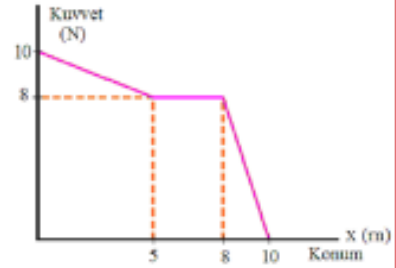
$$W_{5-8} = 3 \cdot 8 = 24 \text{ Joule}$$

8 – 10 konumları arasında (üçgenin alanı)

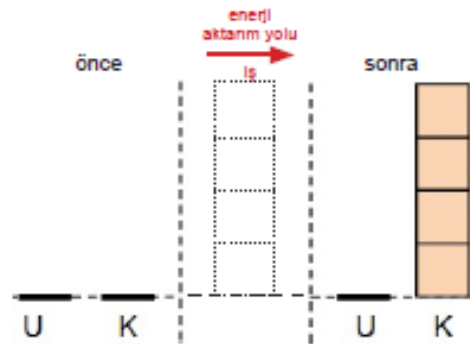
$$W_{8-10} = \frac{8 \cdot 2}{2} = 8 \text{ Joule}$$

0 – 10 konumları arasında ($W_{0-5} + W_{5-8} + W_{8-10}$)

$$W_{\text{net}} = 45 + 24 + 8 = 77 \text{ Joule}$$



Grafiksel Gösterim



Ek 3'ün devamı

2. 3. İş ve Potansiyel Enerji

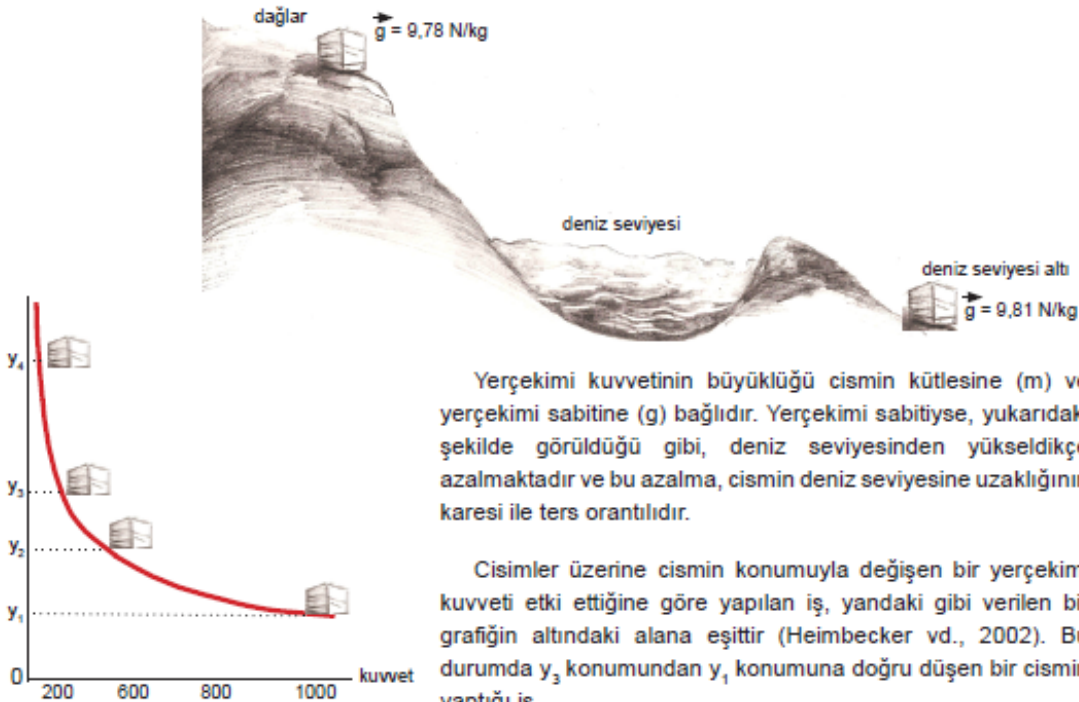
2.3.1. Yerçekimi Kuvvetinin Yaptığı İş

Yerçekimi bir parçacığın kütlesine etki eden kuvvettir. Dalından kopan elma ile masanın üzerindeki kalemin yere düşmelerinde vb. durumlarda yerçekimi kuvvetinin etkisi nedeni ile bir yer değiştirme söz konusudur. Kuvvet etkisi ile bir sistemin yer değişmesi iş olarak tanımlandığına göre yerçekimi kuvvetinin yaptığı da iştir.



Şimdi yerçekimi kuvvetinin yaptığı işe dair bilgilerimizi derinleştirelim. Bunun için iki kişi tarafından tutulan gergin çarşaf içine bırakılmış bir cisim düşünelim. Çarşafın gergin halini çekim potansiyel enerjisi için referans noktası olarak benimsersek bu cismin çarşaf içinde oluşturduğu kuyudan çıkarabilmesi için kinetik enerjiye ihtiyacı olacaktır. Bu benzetmedeki çarşafı Dünya'ya benzetirsek cisimlerin dünyaya ait bir enerji kuyusunun içinde olduğunu söyleyebiliriz (Heimbecker vd., 2002).

Bir cismin yukarıda belirtilen enerji kuyusundan çıkabilmesi için kinetik enerjiye yani cisim üzerine iş yapılmasına ihtiyacı olduğu açıktır. Bu durum, uzaya fırlatılan roketin deposundaki yakıtın kimyasal enerjisini yerçekimi kuyusundan çıkabilmek için kinetik enerjiye dönüştürdüğü bilgisi dikkate alındığında daha anlamlı olacaktır. Gerçekte bu durum, başka bir sistemin çekimsel alanı içerisinde bulunan bir sistemin harekete geçebilmesi için enerjiye ihtiyacı olduğunun göstergesidir. Burada sorgulanması gereken bir enerji kuyusuna sebep olan yerçekimi kuvvetinin büyüklüğüdür.



Yerçekimi kuvvetinin büyüklüğü cismin kütlesine (m) ve yerçekimi sabitine (g) bağlıdır. Yerçekimi sabitiyse, yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, deniz seviyesinden yükseldikçe azalmaktadır ve bu azalma, cismin deniz seviyesine uzaklığının karesi ile ters orantılıdır.

Cisimler üzerine cismin konumuyla değişen bir yerçekimi kuvveti etki ettiğine göre yapılan iş, yandaki gibi verilen bir grafiğin altındaki alana eşittir (Heimbecker vd., 2002). Bu durumda y_3 konumundan y_1 konumuna doğru düşen bir cismin yaptığı iş,

Ek 3'ün devamı

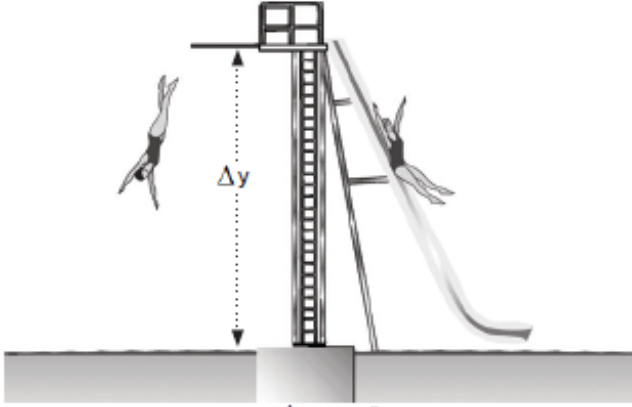
$$W = \text{Alan} = \int_{y_3}^{y_2} F dy = - \int_{y_3}^{y_2} mg dy = -mgy \Big|_{y_3}^{y_2}$$

olacaktır. Gerekli düzenlemeleri yaparsak cismin yaptığı iş

$$W = -mg(y_2 - y_3) = -mg\Delta y = -\Delta U \quad (\text{C.8})$$

ile hesaplanabilecektir. Burada (-) eksi işareti, hareketin y ekseninin eksi yönüne doğru olmasından kaynaklanmaktadır. Yani cisim enerji kaybetmektedir. Bu aynı zamanda cismin içinde bulunduğu enerji çukurundan çıkabilmesi için enerji almaya ihtiyacı olduğunu da gösterir.

Yerçekimi kuvvetinin yaptığı iş aşağıdaki şekilden de anlaşıldığı gibi cisimlerin hareketlerinin yatay bileşeninden bağımsızdır.



Yüzücülerin her ikisi de dikey ekseninde Δy yer değişimini yapmaktadırlar. Dolayısıyla, hava direnci ve sürtünme kuvveti ihmal edildiğinde, yerçekimi kuvveti tarafından yapılan iş her iki yüzücü için de aynıdır.

2.3.2. Elastik Cisimlerin Yaptığı İş

Elastik cisimlerin yaptığı işi, elastik cisimler arasında günlük hayatımızda kullanım alanları en fazla olan yaylarla açıklayalım.

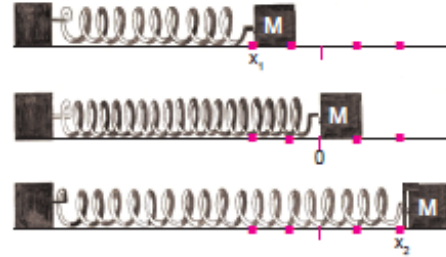
Yandaki şekildeki gibi bir yayın kendisine bağlı kütleye uyguladığı kuvvet değişken kuvvettir. Hatırlanacağı gibi bu kuvvet B.21 eşitliğinde verilen $\vec{F} = -k\Delta\vec{x}$ 'tir. Bu durumda, denge konumundan x_1 kadar sıkıştırılan yay yaptığı iş yer değiştirme üzerinden integral alınarak bulunur (Serway, 2002; Ohanian & Markert, 2007; Young & Freedman, 2008).

$$W = \int_0^{x_1} (-kx) dx = -\frac{1}{2} kx_1^2$$

İşin işaretinin eksi olması yayın cismin ters yönünde kuvvet uygulamasından kaynaklanmaktadır. Sıkıştırılan yay serbest bırakılırsa, yay x_2 konumuna doğru hareket edecektir. Bu durumda yapılan iş,

$$W = \int_{x_1}^{x_2} (-kx) dx = \frac{1}{2} kx_1^2 - \frac{1}{2} kx_2^2 \quad (\text{C.9})$$

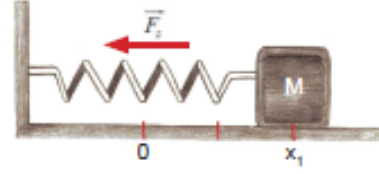
olacaktır.



Ek 3'ün devamı

Örnek 14. Yayın yaptığı iş

Kuvvet sabiti 600 N/m olan bir yayın ucuna bağlanmış cisim 8 kg'lık bir kütle sahiptir. Yay, denge konumundan 0,05m çekilip bırakılması durumunda ortamın sürtünmesiz olduğunu varsayarak



- yayın denge konumuna döndüğü anda yaptığı işi bulunuz.
- yayın denge konumundaki hızını bulunuz.

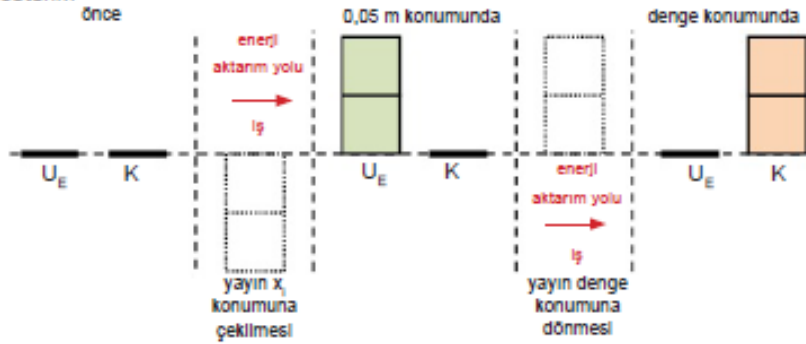
Çözüm

a)

Sözel Açıklama

Yay denge konumundan 0,05m konumuna kadar çekilirken yay hareketin ters yönünde cismi çekecektir. Dolayısıyla yay tarafından yapılan iş negatif değer alacaktır. Ancak, yay 0,05m konumundan denge konumuna doğru hareket ederken yayın geri çağırıcı kuvveti ile yer değişimine aynı doğrultuda olacaktır. Bu durumda ise yapılan iş pozitif değer kazanacaktır. Her iki durumda yer değişimi ve kuvvet aynı olduğundan yapılan toplam iş sıfır olacaktır. Diğer bir ifade ile yay denge konumuna geldiği için yer değişimi sıfırlanacak ve yapılan iş sıfıra eşit olacaktır.

Grafiksel Gösterim

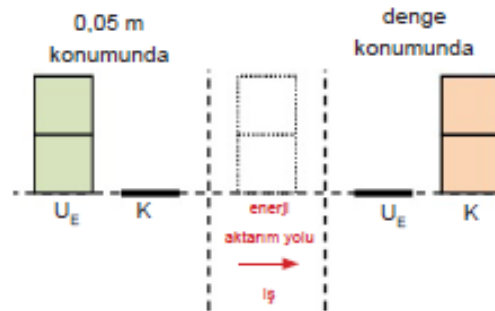


b)

Sözel Açıklama

Yay-cisim sisteminin 0,05m kadar çekilmesi ile sistemin konumunda diğer bir ifade ile yayın durumunda değişiklik olacaktır. Bu esnada yayı çeken kuvvetin yaptığı iş nedeniyle yayda enerji depolanacaktır. Yayın serbest bırakılması durumunda ise bu enerji kinetik enerjiye dönüşmeye başlayacaktır. Yay denge konumuna geldiğinde yayda depolanan enerji yer değişiminin sıfır olması nedeniyle sıfırlanacak ve ortamın sürtünmesiz olması nedeniyle tüm enerji kinetik enerjiye dönüşecektir. O halde bu durumu, cismin denge konumundan geçerken sahip olduğu hızı bulmak için kullanabiliriz.

Grafiksel Gösterim



Matematiksel Çözüm

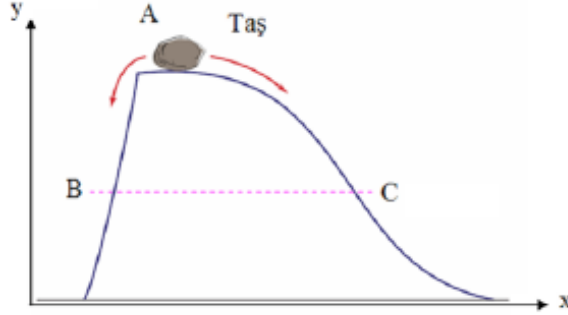
$$(K + U_E + U)_i = (K + U_E + U)_s \quad \frac{1}{2} m V_i^2 + \frac{1}{2} k x_i^2 = \frac{1}{2} m V_s^2 + \frac{1}{2} k x_s^2$$

$$\frac{k}{m} x_i^2 = V_s^2 \Rightarrow V_s = x_i \sqrt{\frac{k}{m}} \quad V_s = 0,05 \sqrt{\frac{600}{6}} = 0,5 \text{ m/s}$$

Ek 3'ün devamı

2.3.3. Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, sürtünmesiz ortamdaki bir taşın, A konumundan B konumuna olan hareketinde yapılan iş ile A konumundan C konumuna olan hareketinde yapılan işin aynı olması yani işin yoldan bağımsız olması şaşırtıcı bir durumdur.



Taş, $[AC]$ yolunda $[AB]$ yoluna göre daha fazla yol almasına karşın yapılan iş aynıdır.

Taşın iki farklı yoldaki hareketlerinden yola çıkarak üç temel durumdan söz edebiliriz (Knight, 2008).

1. Yerçekimi potansiyel enerjisi cismin konumundan kaynaklanan enerjidir. Taşın A konumunda sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi B ve C konumlarında değişmiştir. Taşın $[AB]$ yolundaki hareketi için yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişim $\Delta U = U_B - U_A$, $[AC]$ yolundaki hareketi için yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişimi $\Delta U = U_C - U_A$ 'dır. B ve C konumlarında yerçekimi potansiyel enerji değeri aynı olduğu için her iki yoldaki yerçekimi potansiyel enerji değişimi eşittir.

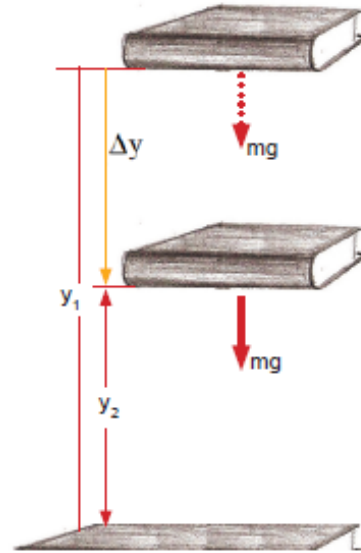
2. Yerçekimi potansiyel enerjisi taşın hareketinde kinetik enerjiye dönüşür. Taşın kinetik enerji değişimi $\Delta K = -\Delta U$ 'dur. Taşın yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişiminin yoldan bağımsız olması, taşın kinetik enerjisindeki değişiminin de yoldan bağımsız olduğunu gösterir.

3. Kinetik enerji değişimi iş-kinetik enerji teoremi ile ilişkilidir. Buna göre, $\Delta K = W$ 'tir. Bu durumda iş de taşın aldığı yoldan bağımsız olacaktır.

Cisme etkiyen kuvvet nedeniyle yapılan iş yoldan bağımsız ise cisme etkiyen kuvvet korunumlu kuvvet olarak tanımlanır (Serway, 2002; Ohanian & Markert, 2007; Young & Freedman, 2008). Korunumlu kuvvetin etki ettiği bir cismin başlangıç ve bitiş noktaları özdeş olan hareketinde yapılan iş sıfırdır. Korunumlu kuvvetlere en iyi örnekler yerçekimi ve yay kuvvetleridir.

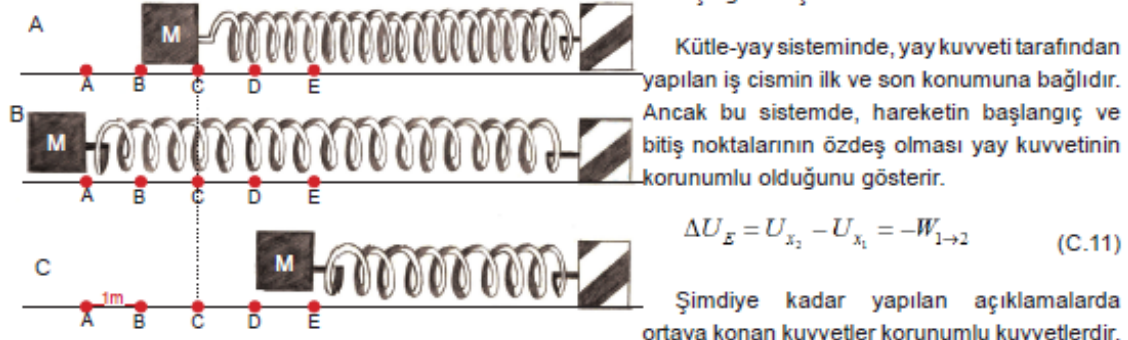
Yerçekimi kuvvetinin yaptığı işi veren C.8 eşitliği dikkate alınacak olursa, iş ile yerçekimi potansiyel enerjisi arasındaki ilişki açıklanabilir. Yerçekimi kuvvetinin etkisi ile y_1 konumundan y_2 konumuna düşen bir kitabın yerçekimi potansiyel enerjisindeki değişim yapılan işe eşit olacaktır.

$$\Delta U = U_{y_2} - U_{y_1} = -W_{1 \rightarrow 2} \quad (C.10)$$

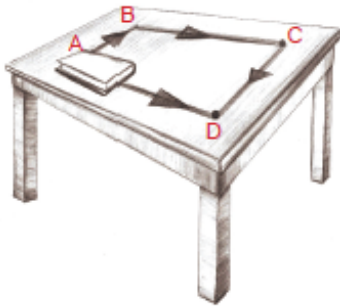


Ek 3'ün devamı

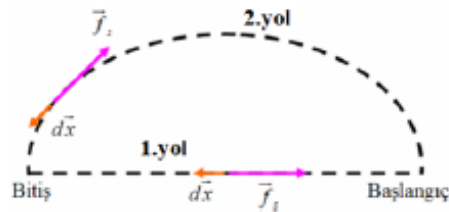
C.10 eşitliğinin B.10 eşitliği ile örtüştüğü görülür. Buna göre y_1 konumunda duran bir cismin sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi (yerin yüzeyi referans noktası olarak kabul edildiğinde) mgy_1 'in değerine eşit olur. Bu, cismin mgy_1 'in değeri kadar iş yapabilme yeteneği olduğunu ifade eder. $W_{1 \rightarrow 2}$ ise süreçte enerjinin bir çeşidinden başka bir çeşidine dönüştüğünü açıklar.



Ancak tüm kuvvetlerin korunumlu olduğunu söylemek mümkün değildir. Cismin iş yapmasını sağlayan kuvvet eğer yola bağımlı ise bu kuvvet korunumsuz kuvvet olarak tanımlanır. Korunumsuz kuvvetler cismin mekanik enerjisinde değişime neden olur. Korunumsuz kuvvetlerin örneği sürtünme kuvvetidir. Ancak sisteme etkiyerek iş yapılmasını sağlayan yola bağımlı dışsal bir kuvvetin de korunumsuz kuvvet olacağı unutulmamalıdır (Serway, 2002; Ohanian & Markert, 2007; Young & Freedman, 2008).



Sürtünmesiz masa yüzeyinde kitabımızı bir karenin kenarları üzerinde hareket ettirdiğimizi düşünelim. Kitabın A'dan D'ye (1. yol) itmekle yapılan iş, kitabı A'dan B'ye, B'den C'ye ve C'den D'ye (2. yol) iterek D noktasına ulaştırmakla yapılan işe eşittir. Bu durum, taşın A konumundan B ve C konumlarına hareket etmesi örneğinden farksızdır.



Ancak sürtülmeli bir yüzey üzerinde kitabımızın yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi hareket ettiği takdirde yapılan iş, 2. yolda daha fazla olacaktır. Çünkü kitabın hareketine ters yönde durdurma eğiliminde bir sürtünme kuvveti (f) söz konusudur. Bu süreçte, sürtünme kuvvetinin yaptığı iş $W_R = -fx$ eşittir ve iş yola bağımlıdır. İş-kinetik enerji teoremine göre yapılan iş,

$$-fx = \Delta K_T \quad (C.12)$$

$$-\mu_k mgx = \Delta K_T \quad (C.13)$$

olacaktır. Burada işin sıfırdan küçük çıkması sistemin enerji kaybettiğini gösterir. Kitap ile zemin arasındaki sürtünme nedeniyle kaybolan bu enerji kitap ve zeminin mikroskobik boyuttaki kinetik enerjilerine aktarılır. Aktarımın ısı şeklinde gerçekleştiği bu bölümün başında açıklanmıştır.

Ek 3'ün devamı

3. Enerjinin Korunumu

Bir cismin üzerine korunumlu ve korunumsuz kuvvetlerin her ikisinin de etki ettiği durumlar söz konusu olabilmektedir. Cismin üzerine etkiyen korunumlu kuvvetin yaptığı iş W , korunumsuz kuvvetin yaptığı işi W_k ile gösterirsek net iş,

$$W_{net} = W + W_k$$

olur (Knight, 2008). Bu durumda

$$\Delta K = W_{net} = W + W_k \quad (C.14)$$

olur. Korunumsuz kuvvetlerin sürtünme kuvvetinden veya sisteme etkiyen dışsal bir kuvvetten kaynaklandığı göz önüne alırsak

$$W_k = W_s + W_{diş}$$

yazabiliriz (Knight, 2008). Örneğin bir takozu sürtünmeli eğik bir düzlem üzerine serbest bırakıp, takozun yer değiştirmesi sürecinde hareketine ters yönde bir kuvvet uygularsak yapılan iş, yerçekimi kuvvetinin (korunumlu kuvvet), yola bağımlı ters yöndeki kuvvetin (korunumsuz kuvvet) ve sürtünme kuvvetinin (korunumsuz kuvvet) yaptıkları işin toplamına eşit olacaktır. Yerçekimi kuvvetinin yaptığı iş, C.8 eşitliğine göre yerçekimi potansiyel enerjisinin negatifine eşittir. Sürtünme nedeniyle yapılan iş ise C.12 eşitliğine göre termal enerji değişiminin negatif değerine eşittir. Bu durumda takozu etkileyen dış kuvvetin yaptığı iş, yerçekimi potansiyel enerjisi değişimi, kinetik enerji değişimi ve termal enerji değişimlerinin toplamına eşit olacaktır (Knight, 2008).

$$\Delta K = W_{net} = W + W_k$$

$$\Delta K = W_{net} = W + W_s + W_{diş}$$

$$\Delta K = -\Delta U - \Delta K_T + W_{diş}$$

$$W_{diş} = \Delta K + \Delta K_T + \Delta U = \Delta E_{sistem} \quad (C.15)$$

$$W_{diş} = \Delta E_{Mek} + \Delta K_T = \Delta E_{sistem} \quad (C.16)$$

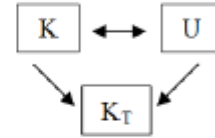
C.15 eşitliğinin B.18 ve C.1 eşitlikleri ile örtüştüğüne dikkat ediniz. C.16 eşitliğinden hareketle cismin hareketinde ona etkiyen korunumsuz bir kuvvet yok ise o cismin mekanik enerjisinin korunduğunu söyleyebiliriz. Ancak korunumsuz bir kuvvetin cisme etki etmesi durumunda mekanik enerjinin korunmadığını sadece enerjinin korunumlu olduğunu söyleyebiliriz. Eğer bir sistemin enerji değerinde bir değişme gerçekleşiyorsa, bu değişimdeki enerji korunum özelliği gereği kaybolmaz. Sadece başka bir sistemin bünyesine dahil olur. Sonuç olarak enerji izole edilmemiş açık sistemlerden çevreye aktarılabilir. Bu aktarım makroskobik boyutta iş yoluyla gerçekleştirilir. Eğer yapılan iş sıfırdan küçük değerlerde ise sistemden dışarıya, sıfırdan büyük değerlerde ise sisteme enerji aktarımı yapıldığı anlaşılır (Knight, 2008).

Buraya kadar yapılan açıklamalarda bir sistemde enerjinin kinetik, potansiyel ve termal enerji formlarında bulunduğu dair vurgulamalar yaptık. Bunun yanı sıra sistemler arasında enerji aktarımının olduğunu ve aktarımın ısı ve iş yoluyla gerçekleştiğini açıkladık. Bu noktada enerji aktarımının sadece ısı ve iş ile aktarılmadığını açıklamak yerinde olacaktır. Enerji aynı zamanda elektriksel, mekaniksel dalgalar ve

Kapalı Sistem

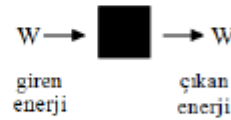


Sistemin enerji miktarı değişmez.

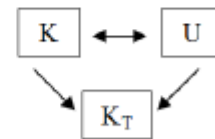


Kapalı sistem içinde enerji farklı formlara dönüşebilir.

Açık Sistem



Sistemin enerji miktarı değişebilir.



Sistem ve çevre etkileşim içerisinde.

Ek 3'ün devamı

elektromanyetik ışınım halinde de aktarılabilir.

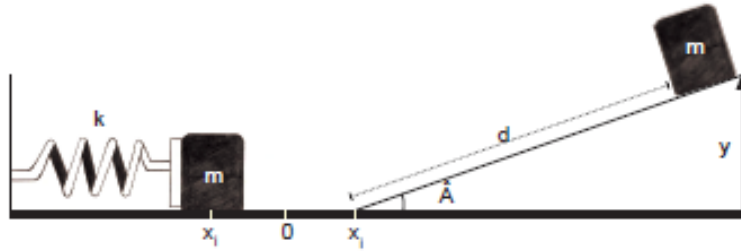
Elektriksel iletim, elektrik akımı yoluyla iletilen enerjidir. Bu enerji aktarım yolunun en somut göstergeleri evlerimizde çalışan cihazlardır. Mekaniksel dalgalar yoluyla enerji aktarımının örneği ise ortamda yayılan ses dalgalarıdır. Elektromanyetik ışınım ise elektromanyetik dalgalar halinde yayılan ışık, morötesi ışınlar ve radyo dalgalarıdır. Mikrodalga fırında kızartılan tavuk, Güneş'ten dünyamıza gelen ışık enerjisi elektromanyetik ışınım yoluyla enerji aktarımına örneklerdir.

Örnek 15 Enerji Korunumu

30°'lik eğime sahip sürtünmesiz bir yüzey üzerinden serbest bırakılan 1 kg kütleli tahta blok, kuvvet sabiti 500N/m olan bir yayı x_1 kadar sıkıştırmaktadır.

a) Tahta bloğun yayı sıkıştırdığı uzunluğu 25 cm olduğuna göre bloğun serbest bırakıldığı noktanın yüksekliği nedir?

b) Yatay zeminin sürtümlü olması durumunda, bloğun yayı 25 cm sıkıştırabilmesi için bloğun serbest bırakıldığı noktanın yüksekliği nedir? ($\mu_k = 0,05$)



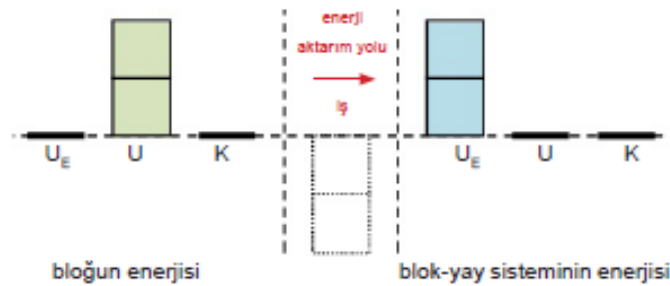
Çözüm

a)

Sözel Açıklama

Tahta bloğun harekete geçmeden önce sahip olduğu enerji termal enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisidir. Burada termal enerji değişimi belirlemek mümkün olmadığı için referans enerji değeri olarak alınacaktır. Yerçekimi potansiyel enerjisi ise bloğun sahip olduğu ilk enerji olarak kabul edilecektir. Bloğun yayı 25 cm sıkıştırdığı anda blok-yay sisteminin sahip olduğu enerji, esneklik potansiyel enerji olacaktır. Ortam sürtünmesiz olduğu için mekanik enerjinin değeri korunumludur. Buradan hareketle bloğun hangi yükseklikten serbest bırakıldığı bulunabilir.

Grafiksel Gösterim



Matematiksel Çözüm

$$\Delta E_{Mek} = 0 \quad mgy = \frac{1}{2} kx^2 \quad y = \frac{kx^2}{2mg} \quad y = \frac{500 \cdot 25^2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 1 \cdot 9,8} = 1,59m$$

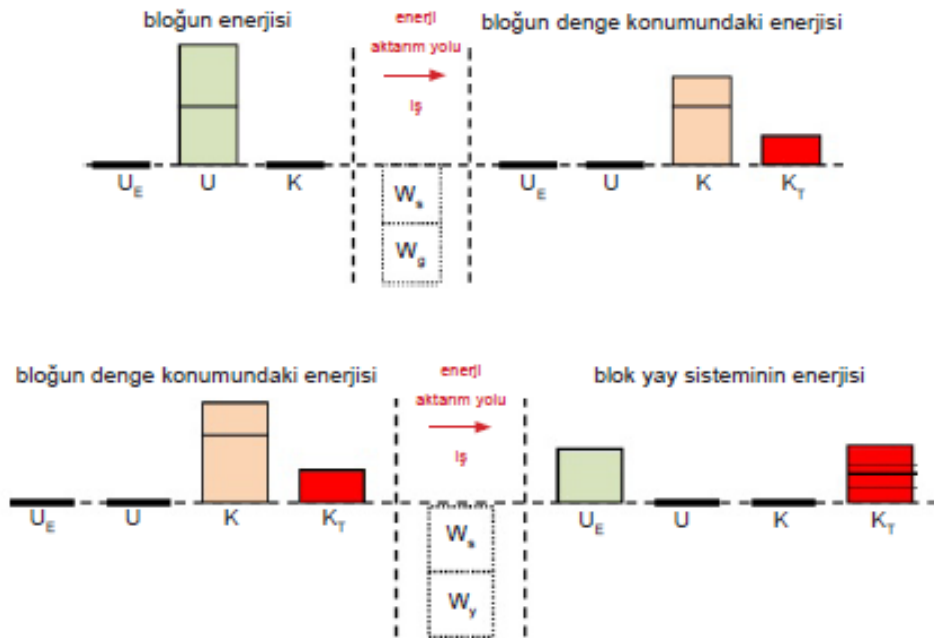
Ek 3'ün devamı

b)

Sözel Açıklama

Tahta bloğun harekete geçmeden önce sahip olduğu enerji termal enerji ve yerçekimi potansiyel enerjisidir. Hareket öncesindeki termal enerjiyi referans enerji değeri olarak kabul edelim. Bu durumda bloğun eğik düzlemdeki hareketinde yerçekimi kuvvetinin yaptığı iş nedeniyle yerçekimi potansiyel enerjisi blok yatay zemine indiği anda tamamen kinetik enerjiye dönüşecektir. Bloğun yatay zemin üzerindeki hareketinde, hareketin ters yönünde sürtünme kuvveti etki etmektedir. Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş nedeniyle bloğun enerjisinin bir kısmı termal enerjiye dönüşecektir. Bu termal enerji blok ve yer arasında paylaşılacaktır. Dolayısıyla sürtünme kuvvetinin yaptığı iş, bloğun enerji kaybetmesine neden olur. Blok kalan enerjisi ile yayı sıkıştırarak enerjisini yaya aktarır. Bloğun hareketinde yapılan işlerin neden olduğu enerji değişim miktarından yola çıkarak bloğun hangi yükseklikten serbest bırakıldığı bulunabilir.

Grafiksel Gösterim



Matematiksel Çözüm

$$W_{\text{net}} = W_s + W = \Delta E = E_s - E_i$$

$$-\mu_k mg(2x) - \frac{1}{2} kx^2 = -mgy$$

$$y = \frac{2\mu_k mgx + kx^2}{mg}$$

$$y = 6,42m$$

Ek 3'ün devamı

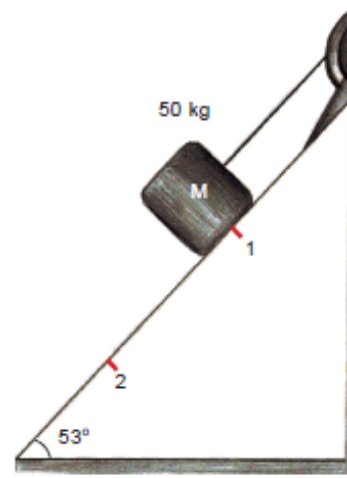
Örnek 16 Enerji Korunumu

Bir ip aracılığıyla duvara sabitlenen 50 kg kütleli bloğun ipinin kopması nedeniyle, sürtünme katsayısı 0,3 olan zeminde, 1 konumundan 2 konumuna doğru 25 m yer değiştirmesi durumunda kinetik enerji değişimini bulunuz.

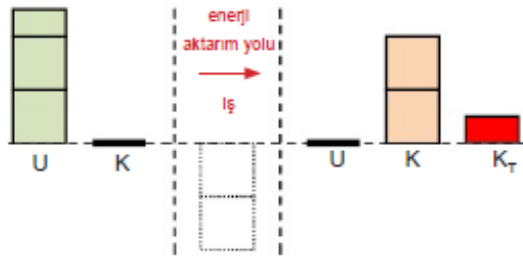
Çözüm

Sözel Açıklama

Blok 1 konumunda iken sahip olduğu enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi ve termal enerjisidir. Termal enerji değişimlerini ihmal edersek bloğun 2 konumuna doğru hareketindeki enerji değişimi, kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisi formunda gerçekleşecektir. Bu durumda kinetik enerji değişimi ile yerçekimi potansiyel enerjisi değişimi toplamı sürtünme kuvvetinin yaptığı işe eşit olacaktır. Buradan hareketle bloğun 1 konumundan 2 konumuna doğru olan hareketindeki kinetik enerji değişimi hesaplanabilir.



Grafiksel Gösterim



Matematiksel Çözüm

$$\begin{aligned}\Delta E &= \Delta K + \Delta U = W_s \\ \Delta K &= W_s - \Delta U \\ \Delta K &= \mu_k mg x \cos \alpha - (mg y_2 - mg y_1) \\ \Delta K &= \mu_k mg x \cos \alpha + mg \Delta x \sin 53^\circ \\ \Delta K &= 7595 \text{ Joule}\end{aligned}$$

4. Güç: Enerji Aktarım Hızı

İş, sistemden çevreye veya çevreden sisteme olan enerji aktarım yoludur. Günlük yaşamımızda arabaların çalışmasında, bisikletin sürülmesinde, yerden taşın kaldırılmasında, merdivenin çıkılmasında vb. durumlarda iş yolu ile enerji aktarımından söz edebiliriz. Ancak bu durumlarla ilgili olarak bazen enerjinin ne kadar hızlı aktarıldığı sorusuna yanıtlar ararız. Örneğin arabaların 100 km/h'lik sürata kaç saniyede ulaştıkları sıkça sorduğumuz sorular arasındadır. Sistemden çevreye veya çevreden sisteme doğru olabilecek enerji aktarımının hızı güç olarak tanımlanır ve sistemin birim zamandaki enerji değişiminin niceliği güce denk kabul edilir (Heimbecker vd., 2002; Nowikow & Heimbecker, 2002; Crowell, 2006; Knight, 2008).

$$P \equiv \frac{\Delta E_{sist}}{\Delta t} \quad (C.17)$$

Birim zamandaki enerji değişiminin niceliğinin güce denk kabul edilmesi, gücün enerjinin bir formu olmadığına göstergesidir. Gücün enerjinin aktarım hızı olması yani işin gerçekleştirilme hızı olmasından hareketle

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad (C.18)$$

eşitliği yazılabilir. SI birim sisteminin güç J/s ile gösterilir. Gücün birimi

Ek 3'ün devamı

aynı zamanda watt (W) ile de tanımlanmaktadır. Gücün iş kavramı ile ilişkili olması, işin gerçekleşmesini sağlayan kuvvet ve kuvvetin etkideği sistemin sahip olduğu hız ile de ilişkili olduğunu gösterir.

$$P = \frac{F\Delta x}{\Delta t} = FV \quad (C.19)$$

Aşağıda verilen örnekler güç kavramının günlük yaşantımızdaki yerinin anlaşılmasına katkı sağlayacak niteliktedir.



Merdiveni çıkan çocuklar aynı işi farklı hızlarda gerçekleştirirler.



Jet motorları çok kısa sürede çok büyük miktarda iş yaparlar.



Elektrik ampullerini satın alırken gücüne dikkat ederiz.

Örnek 17 Arabanın gücü

Bir arabanın motoru, arabayı 30 m/s'lik sabit hızla hareket ettirebilmesi için tekerleri 1500 N'luk kuvvetle döndürmesi gerektiğine göre bu arabanın gücü nedir?

Çözüm

Sözel Açıklama

Motor tarafından tekerlere uygulanan kuvvet ile hareketin yönü aynı yöndedir. Bu nedenle arabayı gücü kuvvet ve hızın çarpımına eşittir.

Matematiksel Çözüm

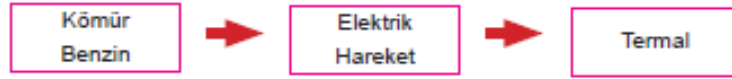
$$P = F \cdot V = 45\,000 \text{ W} = 45 \text{ kW}$$

5. Enerjinin Niteliği ve Aktarım Sürecinin Verimi

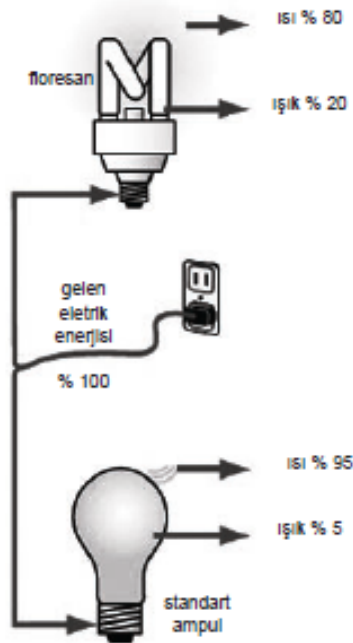
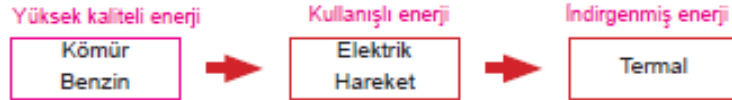
'Işığı söndürün, daha az yakıt yakan taşıın kullanın, enerji tasarrufu yapın' vb. ifadelerini günlük hayatta sıklıkla duymuşsunuzdur. Madem enerji her zaman korunmakta yani kaybolmamakta niçin korunması gerektiği sıklıkla dile getirilmektedir. Bu soruya yanıt verebilmek için Güneş ve Dünya arasındaki enerji etkileşimlerini irdeleyelim. Güneş bir enerji kaynağı olarak enerjisini yayarken bu enerjinin bir kısmı Dünya'ya gelmektedir. Dünya da gelen enerji kadar enerjisi etrafına yaymaktadır.

Dünya'yı tüm içeriği ile birlikte tek bir sistem olarak düşünürsek toplam enerji değeri değişmemektedir. Dünya'nın içinde pek çok sistem olduğunu düşünürsek bunlar arasında gerçekleşecek enerji geçişleri de Dünya'nın toplam enerji değerini değiştirmeyecektir.

Ek 3'ün devamı



Kömür ve benzinin sahip olduğu kimyasal potansiyel enerji elektrik ve hareket enerjisine, elektrik ve hareket enerjileri de termal enerjiye dönüşebilmektedir. Anlaşıldığı gibi enerji yoktan var vardan yok edilemez. Sadece sistemler arasında aktarılır veya farklı enerji çeşidine dönüşür. Ancak enerjinin dönüşümü sonucundaki yeni çeşidi bizler için aynı nitelikte değildir.



Bir enerji çeşidinin daha az iş yapabilme kapasitesine sahip bir başka enerji çeşidine dönüşümü enerji indirgenmesi olarak ifade edilir.

Kömürün sahip olduğu kimyasal potansiyel enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi sürecinde % 100 bir dönüşüm söz konusu değildir. Örneğin evlerimizde kullandığımız ampuller elektrik enerjisini ışığa, araba motorları kimyasal potansiyel enerjiyi hareket enerjisine çevirmek üzere tasarlanmışlardır. Fakat her ikisi de çalışmalarını sürecinde, tasarlanıldıklarının aksine gelen enerjinin çoğunu ısıya çevirirler. Yani, enerji dönüşümünde kullanışlı enerji çeşitlerinin yanı sıra kullanışsız enerji çeşitleri de söz konusudur. Dolayısıyla sisteme gelen enerji miktarı daha az yararlı olan enerjiye indirgenir. Eğer bir sistem tarafından kullanılma niteliği indirgenmiş bir enerji, başka bir sistem tarafından eski haline dönüştürülmek üzere kullanılırsa, beklenilenin aksine enerjinin kullanılma niteliği bir kez daha indirgenir. Bu durumu örneklendirelim. Bunun için evlerimizde kullandığımız standart bir ampul düşünelim. Bir ampul, gelen enerjinin %95'ini ısıya (kullanışsız enerji) dönüştürürken %5'ini ışığa (beklenen, kullanışlı enerji) çevirir. Eğer bir başka düzeneği bu süreci tersine çevirmek üzere çalıştırırsak beklenen aksine kullanışlı enerji miktarı daha da azalacaktır. Bu nedenle doğada enerjinin sürekli olarak indirgenmesi durumu söz konusudur.

Özetle, enerji indirgenmesi yani enerjinin niteliğinin azalmasında iş yapma kapasitesinin azalması söz konusudur. Kendiliğinden oluşan doğal süreçler de dahil olmak üzere enerji indirgenmesi enerji aktarımı ile ilişkilidir.

Fizikte bir sistemden başka sisteme enerji aktarımı oranı verim ile tanımlanır.

$$\text{verim} = \frac{\text{giren enerji (tüketilen enerji)}}{\text{gelen enerji}} \times \%$$

Verim ifadesi günlük yaşamımızda enerjiden faydalanılmak üzere aktarılması durumları ile ilgili olarak kullanılmaktadır. Evlerin aydınlatılması ve ısıtılması, arabanın çalıştırılması örnek olarak verilebilir. Bu noktada bilim insanların temel uğraşı alanı, enerjiden maksimum oranda yararlanmaktır. Kış aylarında arabalarda hareket enerjisine dönüştürülemeyen enerjinin ısıtmada kullanılması örnek olarak düşünülebilir.

Ek 3'ün devamı

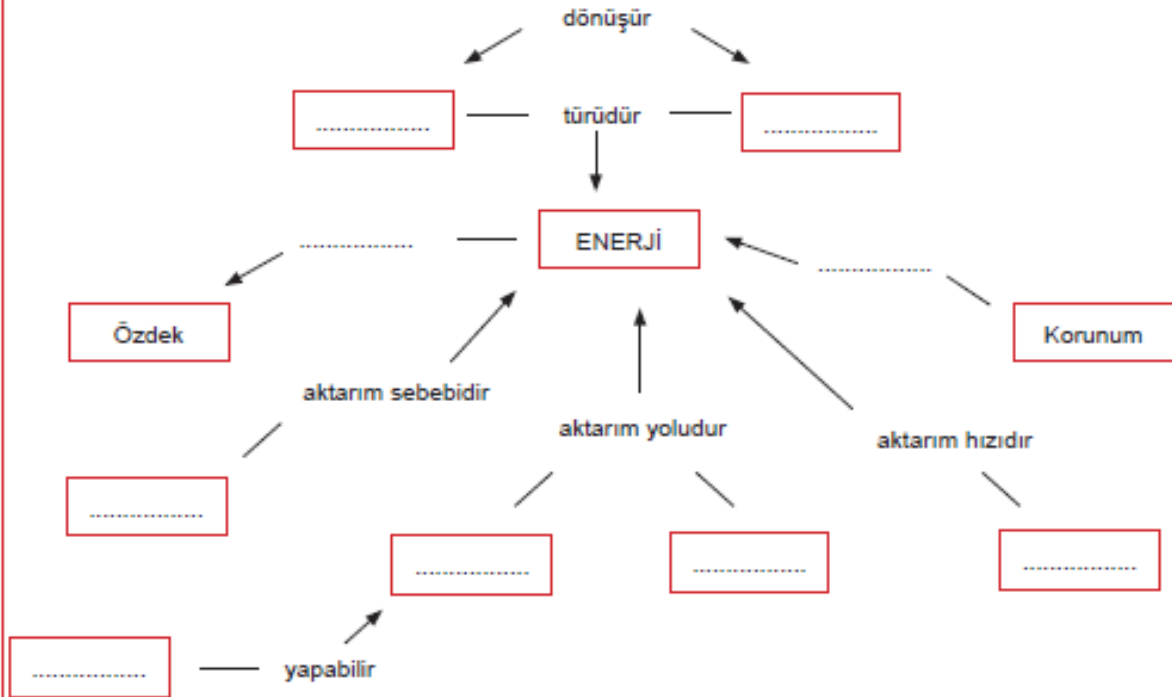
Alıştırma 8

Aşağıda verilen anlam çözümlene tablosunu doldurunuz.

	İş	Isı	Güç	Verim	Kuvvet	Sıcaklık	Kinetik Enerji	Potansiyel Enerji
Enerji aktarım yoludur.								
Farklılığı nedeniyle sistemler arası enerji değişimi gerçekleşir.								
Enerjinin aktarım hızıdır.								
Cisimlerin hareket durumları ve/veya şekillerinde değişiklik yapan etkidir.								
Mikroskobik boyutta enerjinin aktarım yoludur.								
Temel iki enerji türünden biridir.								
Makroskobik boyutta enerjinin aktarım yoludur.								
Enerjinin birim zamandaki değişim miktarıdır.								
Yer değiştirmeye neden olan kuvvetin yaptığına denir.								
Enerji aktarım oranıdır.								

Alıştırma 9

Aşağıda verilen kavram haritasında boş bırakılan yerleri doldurunuz.



Alıştırma 10

Aşağıda verilen ifadeleri doğru ve yanlış olarak sınıflayınız.

- Enerji sistemler arasında aktarılabilir.
- Mikro boyutta enerji, bir sistemden başka sisteme ısı yolu ile aktarılır.
- Makro boyutta enerji, bir sistemden başka sisteme iş yolu ile aktarılır.
- Enerji sistem içerisinde bir başka çeşidine dönüşebilir.
- İş, kuvvet ve yer değiştirme vektörel niceliklerinin matematiksel çarpımlarının ürünüdür. Yani, iş skalerdir.

Ek 3'ün devamı



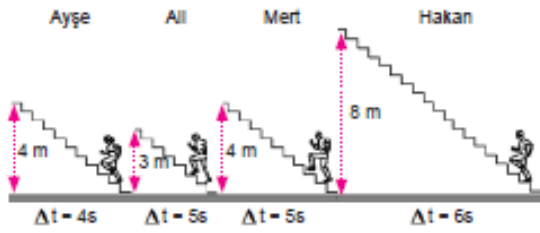
6. Sorgulayalım Anlayalım

1. Kuvvetin uygulandığı ancak işin yapılmadığı durumlarla ilgili üç örnek veriniz.

2. Enerji aktarımının ısı yoluyla gerçekleştiği durumlara örnekler veriniz.

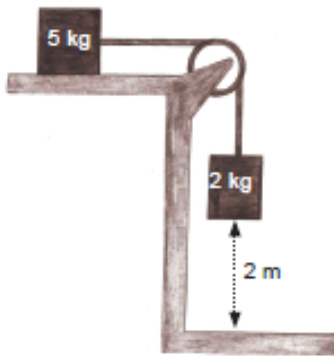
3. İş yerine doğru yürümekte olan bir iş adamı çantasını taşıyabilmek için 15 N'luk kuvvet uygulamaktadır. İş adamı ofisine ulaştığında 800 m yürümüş olacağına göre yapılacak iş ne kadardır?

4. Aşağıda çanta taşıyan 4 öğrencinin merdivene çıkış süreleri verilmiştir. Öğrencilerin enerji aktarım hızlarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.



5. Bir boksörün 80 kg'lık kum torbasına vuruşunda toplam enerjinin % 20'si torbanın kinetik enerjisine dönüşmektedir. Boksör tarafından kum torbasına aktarılan enerji 40 J olduğuna göre kum torbasının hızı nedir?

6. İş-enerji teoreminden yola çıkarak 2 kg'lık blok yere çarpmadan hemen önceki hızını



a. yatay zeminin sürtünmesiz olduğunu dikkate alarak bulunuz.

b. yatay zeminin sürtünmeli olduğunu dikkate alarak bulunuz ($\mu_k=0,4$).

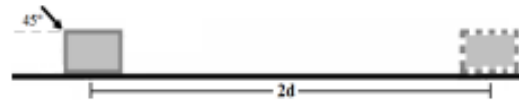
7. İş dir ve işin pozitif (+) ile negatif (-) işaretleri hakkında bilgi verir.

- A. vektörel; iş vektörünün yönü
- B. skaler; iş vektörünün yönü
- C. vektörel; sisteme eklenen veya sistemden çıkan enerji
- D. skaler; sisteme eklenen veya sistemden çıkan enerji
- E. sayısal bir nicelik; skaler veya vektörel olmasını

8. Aşağıdaki durumlarda sistem üzerine pozitif (+) iş mi yoksa negatif (-) iş mi yapıldığını belirleyiniz.

- Elindeki kitabı en üstteki rafa kaldıran kütüphane görevlisi (kütüphane görevlisi ve kitap için ayrı ayrı yanıtlar veriniz)
- Paraşütünü açarak yavaşlayan paraşütçü

9. Bir işçi tarafından sürtünmesiz zeminde bulunan özdeş kutular sırasıyla itilmektedir. İşçi önce A kutusunu zemin ile paralel olan bir F kuvveti ile 2d mesafesi kadar itmektedir. Sonra B kutusunu zeminle 45°'lik açı yapacak şekilde aynı kuvvetle 2d mesafesi kadar itmektedir.



Yukarıdaki bilgiler ışığında doğru seçeneği işaretleyiniz.

- A. İşçi A ve B kutuları üzerine iş yapmamıştır.
- B. A ve B kutuları üzerine yapılan işin işareti negatiftir.
- C. A ve B kutuları üzerine aynı miktarda iş yapılmıştır.
- D. A kutusu üzerine yapılan iş B kutusu üzerine yapılan işten daha azdır.
- E. A kutusu üzerine yapılan iş B kutusu üzerine yapılan işten daha fazladır.

Çünkü.....

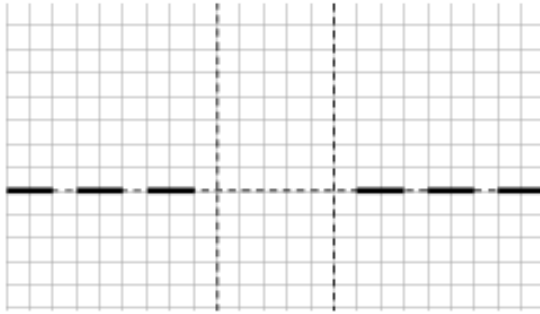
Ek 3'ün devamı

10. Durgun haldeki bir cismin üzerine F kuvveti t_1 süresince etkileyerek cismi V kadar hızlandırmaktadır. Aynı kuvvetin t_2 süresi kadar daha etkisiyle cisim $2V$ hızına çıkmaktadır. t_1 süresince yapılan iş W_1 ve t_2 süresince yapılan iş W_2 olduğuna göre W_1 ve W_2 işleri hakkında ne söyleyebilirsiniz?

- A. $W_1 = W_2$
- B. $W_1 > W_2$
- C. $W_1 < W_2$
- D. $W_1 > W_2 = 0$
- E. $W_1 = W_2 < 0$

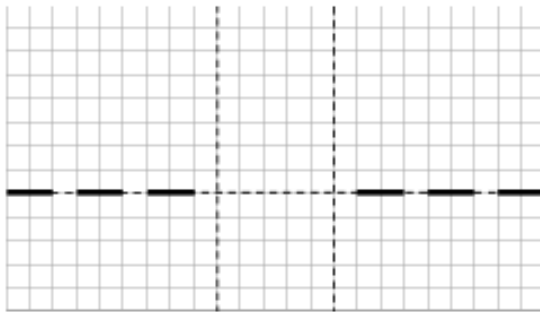
Çünkü.....

11. Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda bir top $5m$ yükseklikten yere düşmektedir. Bu bilgi dikkate alınarak topun enerji dönüşümü için aşağıda verilen çizelgeye sütun-süreç grafiğini çiziniz.



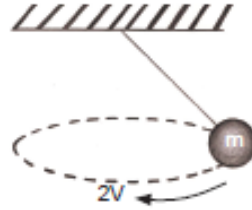
12. 20 m/s hızla ilerlemekte olan bir araç ani fren yaparak 80 m sonra durmaktadır.

a. Aracın 20 m/s hızına sahip olduğu andan durduğu ana kadar olan enerji değişimini sütun-süreç grafiğinde gösteriniz.



b. Yerin sürtünme katsayısını bulunuz.

13. Şekilde görüldüğü gibi m kütleli sarkaç sabit bir $2V$ hızıyla yatayda dairesel hareket yapmaktadır. Buna göre aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?



- A. Cisim üzerine yerçekimi kuvveti iş yaparken ipteki gerilme kuvveti iş yapmaz.
- B. Cisim üzerine ipteki gerilme kuvveti iş yaparken yerçekimi kuvveti iş yapmaz.
- C. Yerçekimi ve ipteki gerilme kuvvetleri cisim üzerine iş yapmaz.
- D. Yerçekimi kuvveti ipteki gerilme kuvvetinden daha fazla iş yapar.
- E. İpteki gerilme kuvveti yerçekimi kuvvetinden daha fazla iş yapar.

Çünkü.....

14. Güç olarak tanımlanır.

- A. birim zamanda aktarılan kuvettir.
- B. birim zamanda aktarılan iştir.
- C. birim zamanda harcanan iştir.
- D. enerji aktarım hızıdır.
- E. iş aktarım hızıdır.

15. m kütleli bir cisim vinçle sabit bir hızla kaldırılmaktadır. Bu süreçte cismi bir sistem olarak düşünürsek aşağıdaki seçeneklerden hangisi doğru olur?

- A. Cisim üzerine sadece vinç iş yapar.
- B. Cisim üzerine sadece yerçekimi kuvveti nedeniyle dünya iş yapar.
- C. Cismin üzerine hem vinç hem dünya iş yapar.
- D. Yerçekimi kuvvetinin yaptığı iş (+) pozitif vinci yaptığı iş (-) negatiftir.
- E. Yerçekimi kuvvetinin yaptığı iş vinci yaptığı işten daha fazladır.

16. Cismin yer değiştirmesine neden olan kuvvetin yaptığına denir.

- A. enerji
- B. iş
- C. potansiyel
- D. kinetik
- E. güç harcama

Ek 4. Enerji Kavramı Başarı Sınavı Soruları

1. Aşağıda verilen kavramları açıklayınız.

Enerji nedir? Açıklayınız.

Kuvvet nedir? Açıklayınız.

İş nedir? Açıklayınız.

Isı nedir? Açıklayınız.

Güç nedir? Açıklayınız.

Verim nedir? Açıklayınız.

2. Bildiğiniz enerji çeşitlerini (aşağıda verilen düzende) örneklendirerek açıklayınız.

Enerji Çeşitleri		
Adı	Açıklaması	Örnek

3. (İkinci soruda belirttiğiniz) Enerji çeşitlerini türlerine göre sınıflayınız.

4. Aşağıda verilen kavramlarla **enerji arasındaki ilişkiyi** gösteren bir kavram haritası çiziniz.

güç – iş – ısı – kuvvet

5. Bir cismin/sistemin enerjisi olduğunu nasıl anlarsınız? Açıklayınız.

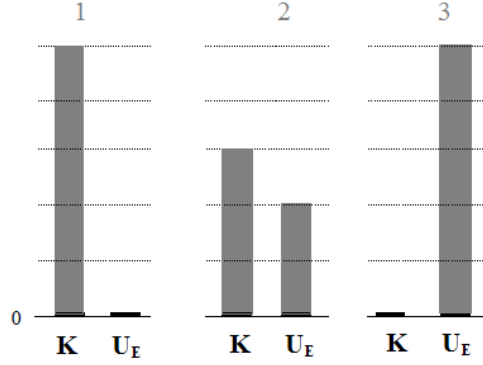
6. Sürtünmeli yüzeylerde enerji aktarımının nasıl gerçekleştiğini açıklayınız.

7. Bir cisme etkiyen kuvvetlerin yaptığı **işin işareti** önemli midir? Niçin? Açıklayınız.

8. Enerji korunumunu ve bir cismin/sistemin enerjisinin hangi şartlarda korunduğunu açıklayınız.

Ek 4'ün devamı

9. Aşağıda ucuna m kütleli bir cisim bağlı cisim-yay sisteminin **kinetik** ve **esneklik potansiyel enerjilerini** gösteren enerji diyagramları verilmiştir (Sürtünmeler ihmal edilmiştir).

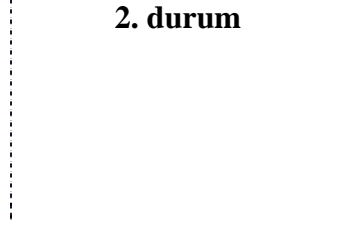


a. Bu diyagramları açıklayıcı uygun **yay şekillerini** çiziniz (Şekil üzerinde diyagramda verilen enerji değerlerini gösterecek açıklamaları eklemeyi unutmayınız.).

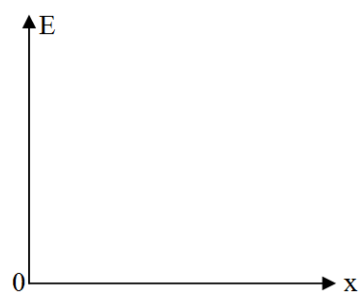
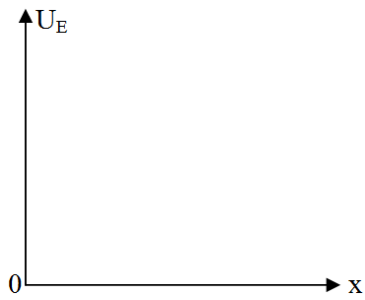
1. durum

2. durum

3. durum



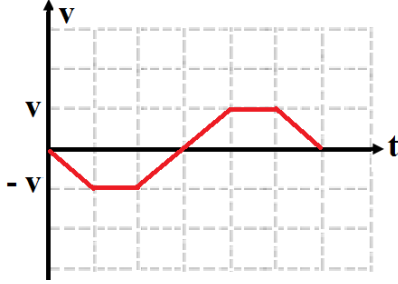
b. Cisim-yay sistemin 1, 2 ve 3 konumlarındaki esneklik potansiyel enerji değişimini gösteren **esneklik potansiyel enerji-yol (U_E-x)** ve **toplam enerji-yol ($E-x$)** grafiklerini çiziniz.



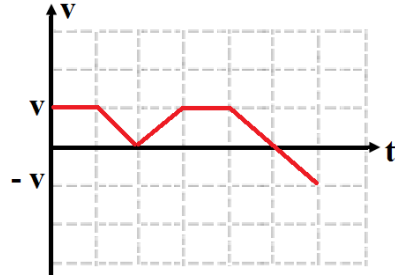
Ek 4'ün devamı

Sürtünmesiz yüzeylerdeki m kütleli A, B, C ve D cisimleri bir F kuvvetinin etkisinde yatay doğrultuda etki etmektedir. Buna göre 14 ve 15. soruları cevaplayınız.

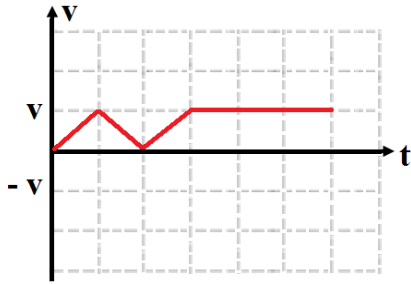
A cismi için hız zaman grafiği



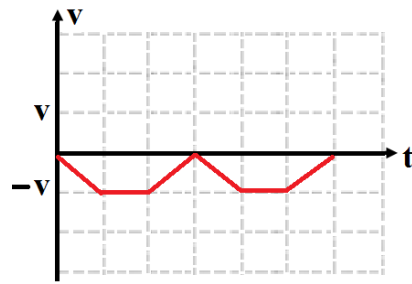
B cismi için hız zaman grafiği



C cismi için hız zaman grafiği



D cismi için hız zaman grafiği



14. Yukarıda verilen grafiklerden hareketle **cisimlerin** belirtilen süre sonunda **enerji değerlerinin** korunup korunmadığını açıklayınız.

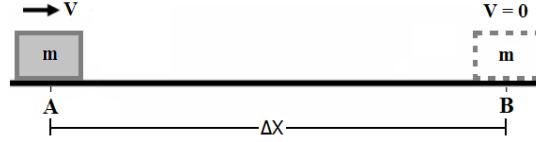
Cisim	Enerjisi		Açıklama
	Korunur	Korunmaz	
A			Çünkü
B			Çünkü
C			Çünkü
D			Çünkü

15. Yukarıda verilen grafiklerden hareketle her bir cisim üzerine yapılan toplam işin işaretini belirleyiniz. Burada, cisimler için işin işaretinin ne anlam ifade ettiğini açıklayınız.

Cisim	İşin İşareti			Açıklama
	Artı	Eksi	Yok	
A				A cismi için işin işaretinin anlamı
B				B cismi için işin işaretinin anlamı
C				C cismi için işin işaretinin anlamı
D				D cismi için işin işaretinin anlamı

Ek 4'ün devamı

16. Şekilde görüldüğü gibi m kütleli bir cisim sürtünmeli yatay zemin üzerinde Δx kadar yer değiştirdikten sonra durmaktadır. Buna göre cismin A konumundaki kinetik enerjisi B konumunda sıfırlanmaktadır. Yani cisim A-B konumları arasında kinetik enerjisinin bir kısmını zemine aktarmıştır.

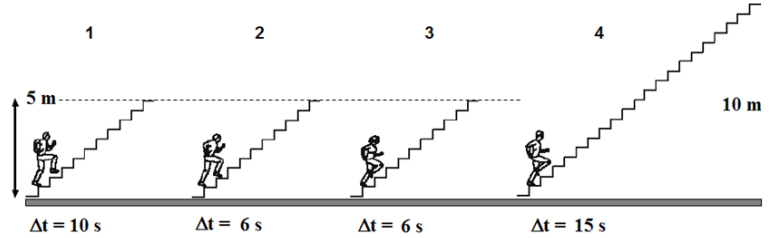


Yukarıdaki bilgiler ışığında, cismin kinetik enerjisinin bir kısmını zemine nasıl aktardığını görsel çizimler de yaparak açıklayınız.

17. Aynı kütleli Fatma ve Ayşe zirveye tırmanmak için sırtlarındaki çantalarla yarışılar. Zirveye Fatma 2 dakikada, Ayşe 1 dakikada tırmandığına ve Fatma, Ayşe'den iki kat daha ağır çanta taşıdığına göre;

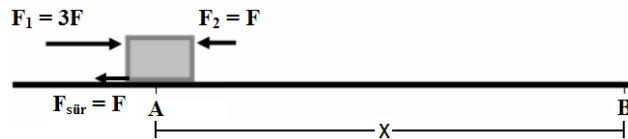
- Hangisi daha fazla iş yapmıştır? Niçin?
- Hangisinin daha güçlü olduğu söylenebilir? Niçin?

18. Aşağıda aynı ağırlığa sahip 4 öğrencinin merdiveni çıkış süreleri verilmiştir.



Öğrencilerin enerji aktarım hızlarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız. Sıralamanızın gerekçesini açıklayınız.

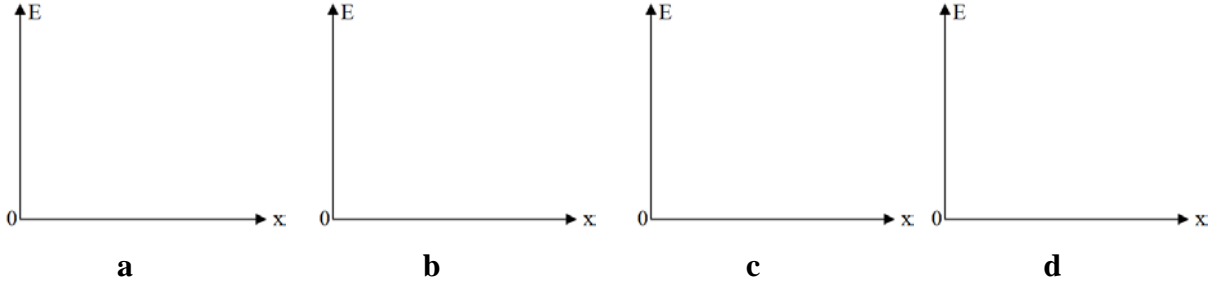
19. Aşağıdaki şekilde verilen cisim A konumundan B konumuna F_1 , F_2 ve $F_{\text{sür}}$ kuvvetlerinin etkisinde gitmektedir. Kuvvetlerin her birinin yaptığı işi ve cismin üzerine uygulanan toplam işi hesaplayınız.



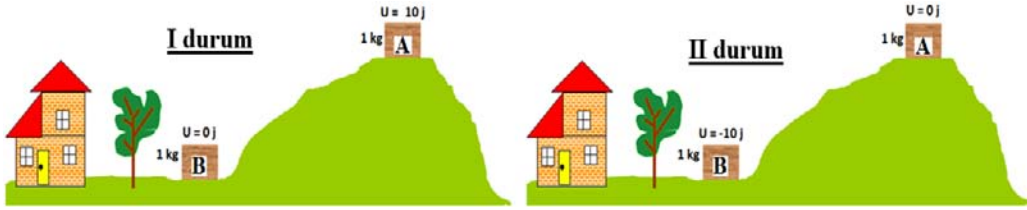
Ek 4'ün devamı

20. Aşağıda verilen enerji türleri ile ilgili E-x (Enerji-yol) grafiklerini çizin. (sürtünmeleri ihmal ediniz)

- Serbest düşen cismin kazandığı enerji çeşidi
- Serbest düşen cismin mekanik enerjisi
- Düz bir zeminde V hızı ile hareket eden aracın enerjisi
- Yukarı fırlatılan cismin kazandığı enerji



21. 1 kg kütleli A ve B cisimleri için belirlenmiş iki durum aşağıdaki gibidir.



I. durumda A cismi 10 J 'lük yerçekimi potansiyel enerjisine sahipken B cismi 0 J 'lük yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir.

II. durumda A cismi 0 J 'lük yerçekimi potansiyel enerjisine sahipken B cismi -10 J 'lük yerçekimi potansiyel enerjisine sahiptir.

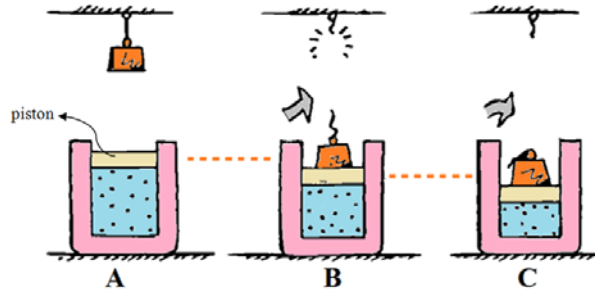
Verilen durumlarla ilgili yukarıdaki açıklamalardan hangisi ya da hangilerinin doğru olduğunu nedenleriyle birlikte yazınız.

- I. durum
- II. durum
- I ve II. durumlar
- Hiçbiri

Çünkü

Ek 4'ün devamı

22. Aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibi bir ip ile tavana bağlanmış m kütleli cisim, ipin kopmasıyla içi su dolu kabın üzerine düşmekte ve suyu sıkıştırarak C'de görüldüğü gibi durmaktadır (Sürtünmeleri ihmal ediniz).



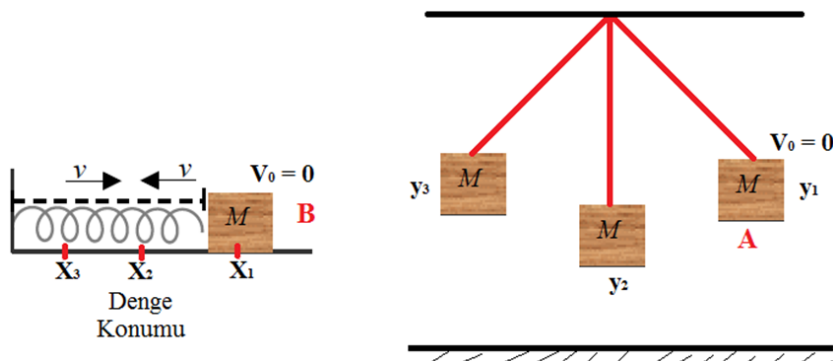
Verilen bilgiler doğrultusunda,

a) Cismin ve suyun A, B ve C durumlarında sahip olduğu enerji çeşitlerini yazınız.

		Enerji Çeşitleri		
		A Konumu	B Konumu	C Konumu
Cisim				
Su				

- b) Cismin ve suyun (**ayrı ayrı**) A, B ve C durumlarında sahip olduğu enerji miktarlarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.
- c) Cismin A konumundaki yerçekimi potansiyel enerjisine, B ve C durumlarında ne olduğunu açıklayınız.

23. M kütleli özdeş A ve B cisimlerinin hareketleri aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir. Cisimler y_1 ve x_1 konumlarında hareketlerine başlamakta ve Δt süresi sonunda B cisimi x_1-x_3 konumları arasındaki ileri-geri hareketine aynen devam ederken A cisimi y_2 konumunda durmaktadır. A cisminin durması, B cisminin durmadan hareketine devam etmesi durumlarını enerji değişim değerleri (ilk ve son enerjileri) açısından karşılaştırarak açıklayınız.



Ek 5. Enerji Kavramı Başarı Sınavı Sorularının Öncül Analizleri

1. Aşağıda verilen kavramları açıklayınız.

Enerji nedir? Açıklayınız. Enerji, gerçekte ne olduğunu bilmediğimiz ancak doğadaki değişimleri açıklamak üzere bilim insanlarınca türetilmiş teorik bir kavramdır. Bu nedenle enerji kavramı sahip olduğu özellikleriyle açıklanmaktadır. Buna göre enerji, özdeği (uzayda yer dolduran ve kimyasal yapısı olan varlık) değiştirme ve hareketlendirme ve bu değiştirme/hareketlendirme süreçlerinde nicel değeri korunma özelliklerine sahip olan ancak gerçekte ne olduğu bilinmeyen soyut bir gerçekliktir.
Kuvvet nedir? Açıklayınız. Cisimlerin hareket durumları ve/veya şekillerinde değişiklik yapan etkiye kuvvet denir.
İş nedir? Açıklayınız. Günlük konuşma dilinde çoğunlukla fiziksel veya zihinsel efor olarak kullanılmasına karşın fizikte iş, bir sistemin yer değiştirmesine sebep olan kuvvet ile ilişkili, enerji aktarım yolu olarak tanımlanır.
Isı nedir? Açıklayınız. Isı, yüksek sıcaklığa sahip bir sistemden düşük sıcaklığa sahip bir sisteme herhangi bir kütle aktarımı olmaksızın aktarılan enerjidir ve bu enerjinin kaynağı aktaran sistemin termal enerjisidir. Kısaca ısı, enerji aktarım yoludur.
Güç nedir? Açıklayınız. Gücün enerjinin aktarım hızıdır. Yani, işin gerçekleştirilme hızıdır.

2.

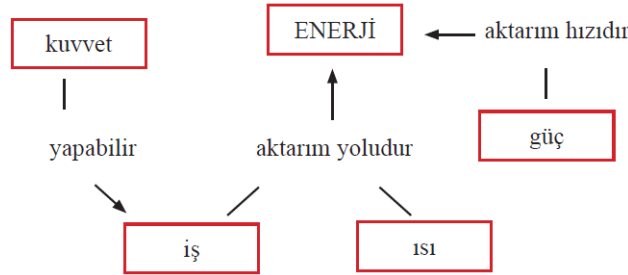
Enerji Çeşitleri		
Adı	Açıklaması	Örnek
Mekanikse l Kinetik Enerji	Hareket enerjisidir. Atomlardan gezegenlere hareket eden her şeyin kinetik enerjisi vardır. Bir cismin diğerine göre hızının fazla olması, onun daha fazla kinetik enerjiye sahip olduğunu gösterir.	Hareket eden arabanın enerjisi, vb.
Ses Enerjisi	Özdekte mekaniksel dalgalar halinde yayılan enerjidir. Ses dalgaları geçerken özdeğin atom veya molekülleri ileri geri titreşerek en yakın atom veya molekül ile çarpışır.	Gitar sesi, kuş sesi, vb.
Termal Enerji	Kinetik enerjinin moleküler seviyedeki formudur. Bir sisteme ait parçacıkların rastgele hareketinin enerjisidir.	Tüm varlıklar
Yerçekimi Potansiyel Enerjisi	Yerçekiminin etkin olduğu yerde herhangi bir referans noktasına göre yüksekliğe (uzaklığa) sahip cismin konumundan kaynaklanan enerjidir.	Atlama tahtasındaki dalgiç
Kimyasal Potansiyel Enerji	Atomlar arasındaki kimyasal bağlar sebebi ile oluşan, bu bağlarda depolanan ve kimyasal tepkimede açığa çıkan enerjidir.	Simit, gazyağı, kibrit, havai fişeklerin patlaması
Elastik Potansiyel Enerji	Bükülme, gerilme veya sıkıştırılma sonucunda cismin depoladığı enerjidir.	Sıkıştırılmış kalem yayı
Elektriksel Potansiyel Enerji	Bir elektrik alanı içindeki yüklü parçacıkların etkileşiminden kaynaklanan depolanmış enerjidir.	Pilde depolanmış kimyasal enerjinin dönüşmesi
Nükleer Potansiyel Enerji	Atomların çekirdeğinde depolanan ve nükleer tepkimeler ile açığa çıkan enerjidir. Ağır radyoaktif atomların küçük atomlara bölünmesi veya hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması sürecinde açığa çıkan enerjidir.	Nükleer santrallerde elde edilen enerji
Radyan Potansiyel Enerji	Elektromanyetik (ısı, ışık, ışıın) dalgalar ile taşınan enerjidir. Görülen ve görülmeyen tüm radyan enerjinin kaynağı Güneş'tir. Karları eriten, bazı hesap makinelerinin çalıştırılmasında kullanılan enerjidir.	Güneşten gelen enerji
Manyetik Potansiyel Enerji	Mıknatısların etkileşiminden kaynaklanan enerjidir.	Bir mıknatısı demirden kaldırdırken varlığı anlaşılan enerji.

Ek 5'in devamı

3.

Enerji türleri	Enerji çeşitleri
Kinetik enerji	Mekaniksel Kinetik Enerji, Ses Enerjisi, Termal Enerji
Potansiyel enerji	Yerçekimi Potansiyel Enerjisi, Kimyasal Potansiyel Enerji, Elastik Potansiyel Enerji, Elektriksel Potansiyel Enerji, Nükleer Potansiyel Enerji, Radyan Potansiyel Enerji, Manyetik Potansiyel Enerji

4.



5.

Cisimler maddenin şekil almış halidir. Yani, özdektirler. O halde var olmalarından dolayı enerjiye sahiptirler. Bu enerji termal enerji olarak bilinir. Ancak cisimler çevrelerindeki varlıklarla etkileşim halinde olmaları sebebiyle de enerjiye sahip olabilmektedirler. Bu enerji cisimlerde, konum durumlarından kaynaklanan potansiyel enerji ve hareketli olmalarını sağlayan kinetik enerji olarak görülür. Sonuç olarak bir cismin enerjisi olduğunu var olmasından ve diğer cisimlerle etkileşiminden kaynaklanan korunumu, durumu ve hareketinden anlarız.

6.

Sürtünmeli yüzeylerde hareket eden bir cisim sürtünme kuvvetinin cismin üzerine yaptığı negatif iş nedeniyle enerjisinin bir kısmını aktaracaktır. Bu aktarım, makro boyutta yapılan işle açıklansa da mikro boyutta ısı geçişi ile açıklanır. Isı geçişi, cisimden yerin yüzeyine doğrudur. Bu geçiş atomlar arasında kurulan kimyasal bağlar ve bu bağların kırılması sonucu atomların titreşmesi sonucunda gerçekleşir.

7.

Cismin üzerine etkiyen kuvvetlerin yaptığı işin işareti, cismin enerji aldığını veya verdiğini yani enerji aktarımının yönünü göstermesi nedeniyle önemlidir. Örneğin, sürtünme yüzeyde $2F$ kuvvetinin etkisi ile x kadar hareket eden bir cisme F kuvveti değerinde bir sürtünme kuvveti etki etsin. Bu durumda gerçekleşen yer değişimi nedeniyle $2F$ kuvvetinin yaptığı iş $2W$ ise sürtünme kuvvetinin yaptığı iş $-W$ kadardır. Kuvvetin yaptığı iş cisme enerji kazandırırken sürtünme kuvvetinin yaptığı iş cismin enerjisini aktarmasına neden olmaktadır.

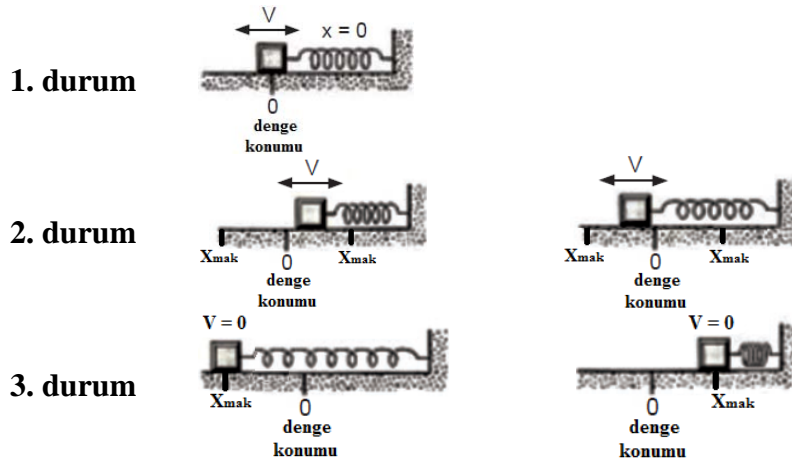
8.

En genel anlamıyla enerji korunumu, enerjinin yoktan var, vardan yok olmamasıdır. Bir cisim/sistem bazında ise belirlenen ilk durumda cismin/sistemin sahip olduğu enerjinin son durumda da değer bakımından eşit olmasıdır. Değer bakımından eşit olması, cismin sahip olduğu enerji çeşitlerinin birbirine dönüşebileceğini ancak toplam değerinin değişmeyeceği anlamını taşır. Cismin enerjisi sıcaklık değişiminin olmadığı durumlarda ve sürtünmesiz ortamlarda korunur.

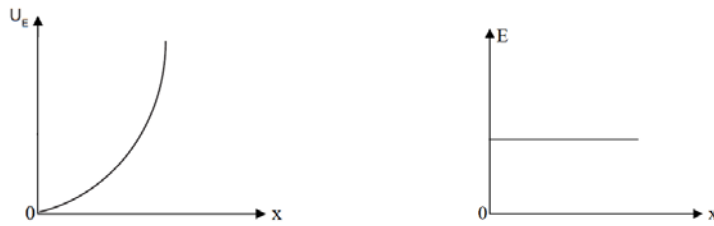
Ek 5'in devamı

9.

a.



b.



10.

$$\begin{aligned} E_{ilk} &= E_{son} \\ E_G &= E_F \\ E_F &= E_E - W_s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} kx^2 &= mg(h_{AB} + h_{BE}) - \mu mgd \\ \frac{1}{2} 50x^2 &= 50 \cdot 10(30 + 50) - \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 10 \cdot 120 \\ x &= 20 \text{ m} \end{aligned}$$

11.

Kayakçı A, D, E ve G konumlarında termal enerjiye sahiptir. Bu soruda termal enerjiyi hesaplama olanağımız olmadığından kayakçı için referans enerji değeri olarak kabul edilecektir.

	Enerji çeşidi	Değeri
A	Yerçekimi potansiyel enerjisi	$mgh = 50 \cdot 10 \cdot (80 - 30) = 15000 \text{ Joule}$
D	Kinetik enerji	$E_p = 0; E_i = E_s \rightarrow mgh = \frac{1}{2} mV^2 = 15000 \text{ Joule}$
	Yerçekimi potansiyel enerjisi	$mgh_{BE} = 50 \cdot 10 \cdot 50 = -25000 \text{ Joule}$
E	Kinetik enerji	$E_i = E_s \rightarrow \frac{1}{2} kV^2 = mg(h_{AB} + h_{BE}) = 40000 \text{ Joule}$
G	Yerçekimi potansiyel enerjisi	$mgh_{BE} = 50 \cdot 10 \cdot 50 = -25000 \text{ Joule}$

Ek 5'in devamı

12.

Çözüm 1:

Kayakçı EF aralığında sürtünme nedeniyle enerjisinin bir kısmını yere aktarırken G noktasında da hareket enerjisini yaya aktarmış olur. EF aralığında aktarılan enerji sürtünme kuvvetinin yaptığı işe eşitken yaya aktarılan enerji yayın G noktasında sahip olduğu esneklik potansiyel enerjisine eşittir. Buna göre

$$W_s = \mu mgd = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 10 \cdot 120 = 30000 \text{ Joule}$$

$$E_{yay} = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 400 = 10000 \text{ Joule}$$

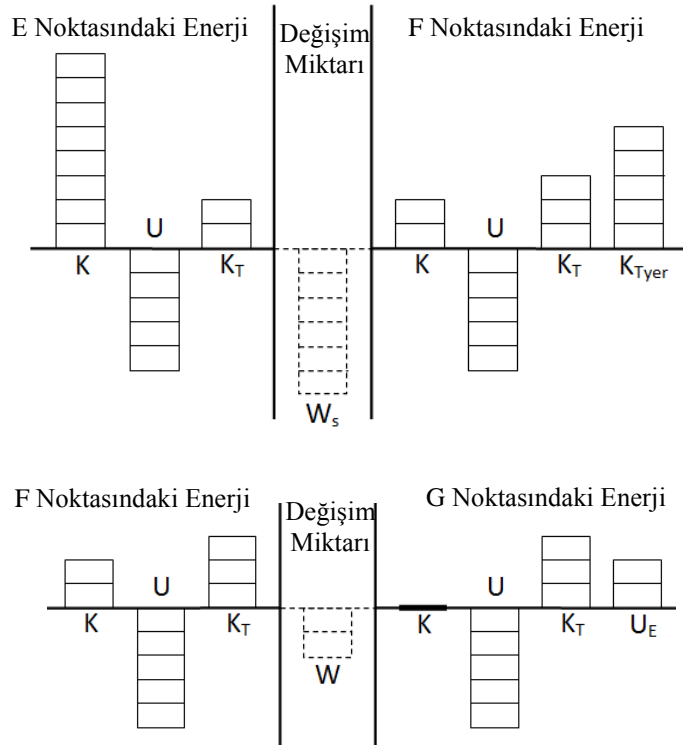
$$\text{Aktarılan Toplam Enerji} = W_s + E_{yay} = 40000 \text{ Joule}$$

Çözüm 2:

Kayakçının hareketi öncesinde sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisi ve hareketi sürecinde kazandığı hareket enerjisinin (negatif yerçekimi potansiyel enerjisinden kaynaklanan) tamamı süreç sonunda durduğu için diğer sistemlere (yere ve yaya) aktarılmış demektir. Buna göre

$$\text{Aktarılan Toplam Enerji} = mg(h_{AB} + h_{BE}) = 40000 \text{ Joule}$$

13.



Ek 5'in devamı

14.

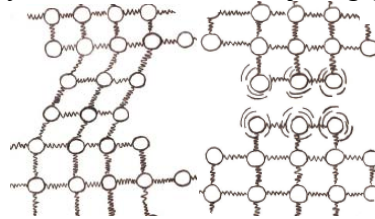
Cisim	Enerjisi		Açıklama
	Korunur	Korunmaz	
A	√		Çünkü başlangıçta hızının olmaması kinetik enerjisinin olmadığını gösterir. Son hızının da yine sıfır olması cismin başlangıçtaki enerjisine sahip olduğunu gösterir.
B	√		Çünkü cisim başlangıçtaki hareketinin tersi yönde hareket etse de sahip olduğu sürat aynıdır. Buda cismin başlangıçtaki enerjisini koruduğunu gösterir.
C		√	Çünkü başlangıçta durmakta olan cisim süreç sonunda bir V hızı ile hareket etmektedir. Bu da cismin kinetik enerji kazandığını gösterir.
D	√		Çünkü cismin ilk ve son hızları sıfırdır. Bu da cismin başlangıçtaki enerjisinin korunduğunu gösterir.

15.

Cisim	İşin İşareti			Açıklama
	Artı	Eksi	Yok	
A			√	A cismi için işin işaretinin anlamı, cisme aktarılan enerji değerinin sıfır olduğunu göstermektedir. Yani, cisim dışarıdan enerji almamış ve dışarıya enerji vermemiştir.
B			√	B cismi için işin işaretinin anlamı, cisme aktarılan enerji değerinin sıfır olduğunu göstermektedir. Yani, cisim enerji almamış ve dışarıya enerji vermemiştir.
C	√			C cismi için işin işaretinin anlamı, cisme aktarılan enerji değerinin sıfırdan farklı olduğunu göstermektedir. Yani, cisim üzerine yapılan iş nedeniyle enerji kazanmıştır.
D			√	D cismi için işin işaretinin anlamı, cisme aktarılan enerji değerinin sıfır olduğunu göstermektedir. Yani, cisim dışarıdan enerji almamış ve dışarıya enerji vermemiştir.

16.

Cismin hareketi sürecinde, cisim ile yer arasında kalan atomlar birbirlerini iter ve çekenler. Bu esnada atomlar arası bağlar kurularak kimyasal potansiyel enerji depolanır. Cismin hareketi nedeniyle atomlar arası bağlar kırılarak kimyasal potansiyel enerji titreşen atomların kinetik enerjisine dönüşür. Yani, cismin ve yerin termal enerjisi bu süreçte artarken cismin hareket enerjisi azalır. Cisim ve yer arasındaki bu enerji değişimi ısı aktarımı olarak açıklanır.



17.

a.

Fatma, Ayşe'den 2 kat daha ağır çantayı taşıdığına ve aldıkları yol aynı olduğuna göre Fatma daha fazla iş yapmıştır. Fatma'nın yaptığı bu iş Ayşe'nin yaptığı işin iki katıdır. Yani, Fatma Ayşe'den iki kat daha fazla enerji aktarmıştır.

$$W_{\text{Fatma}} = 2mgh$$

$$W_{\text{Ayşe}} = mgh$$

$$W_{\text{Fatma}} = 2W_{\text{Ayşe}}$$

Ek 5'in devamı

b.

Güç, enerji aktarım hızıdır. Buna göre hangisinin daha güçlü olduğunu söylemek için enerji aktarım hızlarına bakmak gerekmektedir. Bu da birim zamanda yapılan işin hesaplanması ile belirlenebilir.

$$P_{Fatma} = \frac{W}{t} = \frac{W_{Fatma}}{2} = \frac{2W_{Ayşe}}{2} = W_{Ayşe}$$

$$P_{Ayşe} = \frac{W}{t} = \frac{W_{Fatma}}{1} = W_{Ayşe}$$
$$P_{Fatma} = P_{Ayşe}$$

18.

Enerji aktarım hızı birim zamanda yapılan işe eşittir. Diğer bir ifadeyle, enerji aktarım hızı aslında öğrencilerin gücünü ifade etmektedir. Bu nedenle öğrencilerin enerji aktarım hızlarını karşılaştırmak için güçlerini inceleriz.

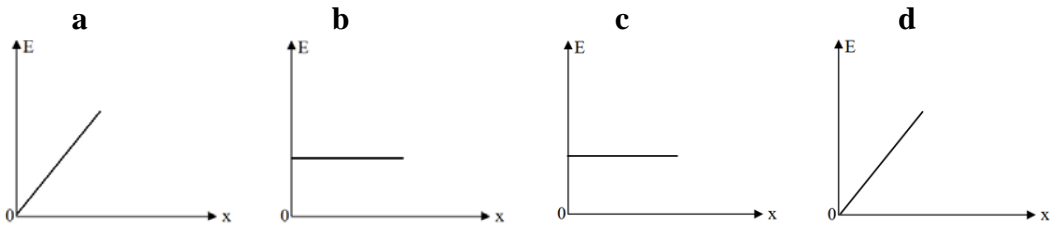
$$P = \frac{W}{t} \quad P = \frac{1}{10} \frac{5mgh}{10} \quad P = \frac{2}{6} \frac{5mgh}{6} \quad P = \frac{3}{6} \frac{5mgh}{6} \quad P = \frac{4}{15} \frac{10mgh}{15}$$

$$2 = 3 > 4 > 1$$

19.

$$W_1 = 3F \cdot x \quad W_2 = -F \cdot x \quad W_3 = -F \cdot x \quad W_T = 3Fx - (Fx + Fx) = Fx$$

20.



21.

√ c) I ve II. durumlar

Çünkü yerçekimi potansiyel enerjisi, yerçekiminin etkin olduğu yerde herhangi bir referans noktasına göre yüksekliğe (uzaklığa) sahip cismin konumundan kaynaklanan enerjidir. Bu tanımlamada verilen herhangi bir referans noktası ifadesi referans noktasının seçiminin tercihe bağlı olduğunu işaret etmektedir. Yer'in yüzeyi referans noktası olarak kabul edildiğinde I. durum, tepe noktası referans noktası olarak kabul edildiğinde II. durum doğru olacaktır. Buna göre her iki durumda doğrudur.

Ek 5'in devamı

22.

a)

	Enerji Çeşitleri		
	A Konumu	B Konumu	C Konumu
Cisim	Termal enerji Yerçekimi potansiyel enerjisi	Termal enerji Yerçekimi potansiyel enerjisi Kinetik enerji	Termal enerji Yerçekimi potansiyel enerjisi
Su	Termal enerji Yerçekimi potansiyel enerjisi	Termal enerji Yerçekimi potansiyel enerjisi	Termal enerji Yerçekimi potansiyel enerjisi

b)

$$\begin{array}{ll} \text{Cisim} & E_A > E_B > E_C \\ \text{Su} & E_C > E_A > E_B \end{array}$$

c)

Cismin B konumunda suyun bir miktar sıkıştırmış ve halen hareket halindedir. Sıkıştırma nedeniyle cismin kaybettiği yerçekimi potansiyel enerjisinin bir kısmı suyun termal enerjisine aktarılmıştır. Hareketi ise kaybettiği yerçekimi potansiyel enerjisinin bir kısmının cismin kinetik enerjisine dönüştüğünü göstermektedir.

Cismin C konumunda duruyor olması kinetik enerjisinin sıfırlanarak aktarıldığını göstermektedir. Buna göre bu enerji suyun termal enerjisine aktarılmıştır.

23.

B cisminin X_1 - X_3 konumları arasındaki ileri-geri hareketine aynen devam etmesi ortamın sürtünmesiz olduğunu ve cismin ilk ve son konumları arasındaki enerjisinin enerji korunumu gereği eşit olduğunu gösterir.

A cisminin durması ortamın sürtünmeli olması ile açıklanır. Buna göre cismin y_1 konumunda yere göre sahip olduğu yerçekimi potansiyel enerjisinin bir kısmı sürtünme nedeniyle hava moleküllerinin hareket enerjisine aktarılır. Bu aktarımın değeri cismin y_1 ve y_2 konumlarındaki yerin yüzeyine göre olan yerçekimi potansiyel enerji değerlerinin farkına eşittir.

Ek 6. Mülakat Soruları

1. Aşağıdaki konu/kavramları düşündüğünüzde aklınıza ne geliyor?

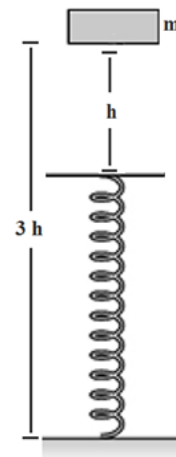
- Enerji
- Güç, İş, Kuvvet, Isı
- Enerji çeşitleri
- Bir cismin sahip olabileceği enerji çeşitleri
- Enerji korunumu
- Enerji aktarımı

2.

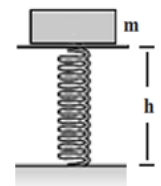
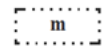
- Resimdeki gibi sabit hızla hareket eden toplam 70 kg kütleli bir 'bisikletçi ve bisiklet' sistemi hangi enerji türüne veya türlerine sahiptir?
- Bu bisikletli ani bir fren yaparak 2m sonra durursa sistemin sahip olduğu kinetik enerjiye ne olur?
- Sistemin durması sürecinde bir iş yapılmış mıdır? Açıklayınız.
- Bu süreçte sürtünme kuvvetinin bir etkisi var mıdır? Varsa bu etkiyi nasıl açıklarsınız?
- Sistem sahip olduğu kinetik enerji yere nasıl aktarır?
- Aşağıdaki resimlerde görüldüğü gibi hem yerin ve hem tekerin kızarması neyi gösterir?



3. A durumunda m kütleli cisim yerden $3h$ yüksekliğinde, yay denge konumundadır. B durumunda m kütleli cisim yayı sıkıştırarak h yüksekliğinde durmaktadır. Verilen bilgileri ve sıcaklık değişimi olmadığını dikkate alarak;



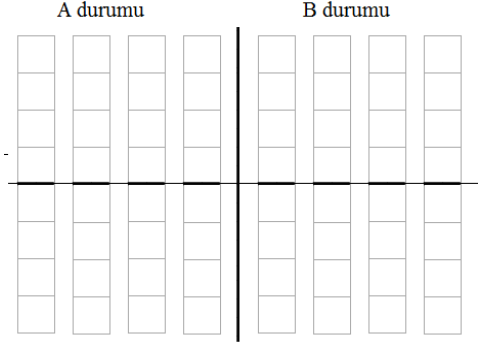
A durumu



B durumu

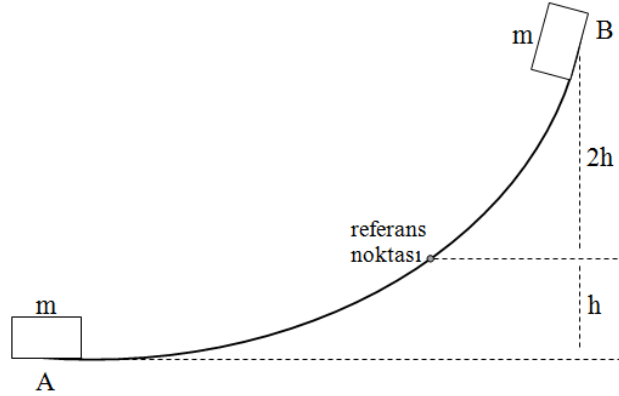
Ek 6'nın devamı

- A ve B durumlarında cismin ve yayın enerji türlerini belirleyerek yanda verilen grafik üzerinde gösteriniz.
- Çizdiğiniz grafiği dikkate alarak cisim-yay sisteminin enerjisinin korunup korunmadığını açıklayınız.
- yay kuvvetinin değerini hesaplayınız.
- cismin A konumunda sahip olduğu enerji türünün süreçteki değişimine ait enerji-yükseklik (E-h) grafiğini çiziniz. Açıklayınız.
- cisim yayın üzerine düştükten sonra yayın sahip olduğu enerji çeşidine ait enerji-yükseklik (E-h) grafiklerini çiziniz. Açıklayınız.
- cisim-yay sisteminin toplam enerji-yükseklik grafiğini çiziniz. Açıklayınız.



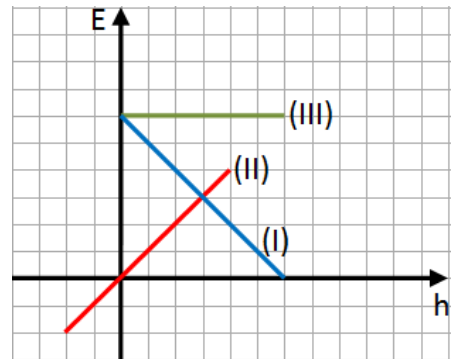
4.

Şekilde görüldüğü gibi M kütleli bir cisim A konumundan B konumuna çıkmakta ve bir an için durmaktadır. Bu süreçte sıcaklık değişimi olmadığını dikkate alarak;



- $M=1$ kg, $h=1$ m olursa enerji çeşitlerinin değeri hesaplayınız.
- M cisminin A-B noktaları arasındaki enerji çeşitlerini yanda verilen E-h grafiğinden hareketle belirleyiniz.

- (I) Niçin? Açıklayınız.
(II) Niçin? Açıklayınız.
(III) Niçin? Açıklayınız.



Ek 6'nın devamı

5. Ali ve Can 10 kg kütleli bir bavulu 1 m yüksekliğindeki masanın üzerine kaldırma yarışı yaparlar. Ali 1 dakikada 10 kez kaldırıp indirirken Can bavulu 30 saniyede 10 kez kaldırıp indirmektedir. Buna göre bu süreçte iş yapılmış mıdır?
- bavulu masanın üzerine kaldırmakla hangisi daha fazla iş yapmıştır? Açıklayınız?
 - hangisinin daha güçlü olduğu söylenebilir? Niçin?
6. Kum torbasına yumruk atan sporcunun vuruşu sürecinde iş yapılmış mıdır?



- Sporcunun vuruşu esnasında kum torbasına uyguladığı kuvvetin 5N, bu süreçte kum torbasının yer değiştirmesinin 20cm ve geçen zamanın 0,5s olduğu bilgisinden hareketle yapılan işi hesaplayınız.
- Sporcunun gücünü hesaplayınız.

Ek 7. Enerji ve ilişkili kavramlar için ön ve son başarı sınavları cevaplarının nitelikleri

Teorik anlama ön başarı sınavı

		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Tanımlama	Öğrenci No	36	1, 3, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 26, 27, 31, 32, 46, 47, 51, 52, 56, 57, 58, 59, 63, 67, 69, 72	4, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 48, 50, 53, 55, 60, 61, 62, 65, 66, 71	2, 8, 18, 20, 25, 28, 30, 43, 68, 70
	Toplam	1	28	29	10
İlişkili kavramlardan ayırt etme	Öğrenci No	5, 6, 7	4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 36, 40, 42, 45, 50, 51, 52, 53, 56, 58, 59, 60, 67, 69, 71	2, 3, 16, 35, 37, 38, 39, 41, 44, 46, 47, 48, 55, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 70	1, 8, 18, 28, 30, 43, 57, 72
	Toplam	3	37	21	7
İlişkili kavramlarla ilişkilendirme	Öğrenci No	-	19, 53, 63, 67	4, 11, 12, 16, 20, 21, 22, 25, 27, 31, 32, 33, 36, 39, 41, 42, 46, 48, 51, 57, 61, 62, 68, 69, 71	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 23, 24, 26, 28, 30, 34, 35, 37, 38, 40, 43, 44, 45, 47, 50, 52, 55, 56, 58, 59, 60, 65, 66, 70, 72
	Toplam	-	4	25	39

Pratik anlama ön başarı sınavı

		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	Alternatif Fikir İçeren
İşi kullanma	İşaretini belirleme	5, 23	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 70, 71, 72	-	3, 9, 12, 14, 15, 28, 36, 37, 44, 45, 57, 65, 66, 68, 69	-
		2	51	-	15	-
	İşaretini açıklama	5, 23	20, 25, 38, 39, 40, 43, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 62, 63, 70, 72	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 18, 19, 21, 22, 26, 30, 31, 35, 41, 46, 47, 51, 53, 56, 61, 67, 68, 71	3, 9, 12, 14, 15, 16, 17, 24, 27, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 42, 44, 45, 57, 59, 65, 66, 69	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 18, 19, 21, 22, 26, 30, 31, 35, 40, 43, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 55, 56, 58, 61, 62, 63, 67, 70, 71, 72
	2	16	27	23	35	

Ek 7'nin devamı

Pratik anlama ön başarı sınavı

	İşi yorumlama	10, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 31, 32, 33, 35,	1, 3, 5, 9, 12, 41, 44, 46, 47, 48, 51, 60, 61, 63, 66, 70, 71, 72	4, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 26, 34, 38, 40, 56, 58, 62, 68	2, 28, 30, 36, 37, 39, 42, 43, 45, 50, 52, 53, 55, 57, 59, 65, 67, 69	21, 23, 34
		12	18	20	18	3
	İşi hesaplama	1, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 22, 30, 50, 51, 60, 61, 63, 66, 69	7, 8, 12, 16, 17, 18, 19, 27, 34, 38, 39, 41, 42, 43, 47, 52, 55, 67, 70, 72	9, 13, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 31, 33, 35, 53, 56, 57, 58, 59, 62	2, 28, 32, 36, 37, 40, 44, 45, 46, 48, 65, 68, 71	34, 39, 43, 59
		16	20	19	13	4
	Isıyı kullanma	1	47	35, 41, 42, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 60, 63, 67, 68, 69, 70, 71	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 72	41, 48
		1	1	16	50	2
	Gücü kullanma	2, 10, 12, 13, 16, 21, 22, 26, 27, 35, 41, 43, 44, 60, 61, 66	63	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 19, 23, 24, 31, 34, 40, 42, 47, 48, 50, 52, 53, 67, 68, 69, 70, 71, 72	9, 15, 17, 18, 20, 25, 28, 30, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 65	6, 7, 14, 23, 24, 31, 34
		16	1	27	24	7
	Aktarım hızını hesaplama	1, 2, 8, 14, 15, 16, 22, 24, 31,	3, 5, 7, 17, 18, 21, 26, 27, 33, 34, 35, 41, 44, 60, 67, 72	4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 19, 23, 25, 32, 38, 48, 53, 63, 68, 69, 71	20, 28, 30, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 70	38, 12, 21
		9	16	18	25	3

Ek 7'nin devamı

Teorik anlama son başarı sınavı

		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	Alternatif Fikir İçeren
Tanımlama	Öğrenci No	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 57, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71	35, 41, 43, 44, 45, 46, 55, 56, 58, 59, 70, 72	-	-	-
	Toplam	56	12	-	-	-
İlişkili kavramlardan ayırt etme	Öğrenci No	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	30, 32, 35, 42, 43, 46,	-	-	30, 35
	Toplam	60	6	-	-	2
İlişkili kavramlarla ilişkilendirme	Öğrenci No	1, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 36, 37, 39, 40, 47, 48, 50, 51, 56, 57, 59, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 72	2, 5, 7, 10, 11, 19, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 42, 43, 44, 46, 52, 53, 58, 60, 70	35	14, 16, 25, 41, 45, 55, 61, 62, 71	30, 42
	Toplam	32	24	1	9	2

Pratik anlama son başarı sınavı

		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	Alternatif Fikir İçeren
İşi kullanma	İşaretini belirleme 15	4, 6, 7, 8, 11, 15, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 34, 42, 44, 47, 50, 51, 60, 65, 66	2, 3, 5, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 48, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 67, 68, 70, 71, 72	-	1, 10, 56, 69	-
		21	43	-	4	-
	İşaretini açıklama	6, 7, 8, 23, 26, 27, 28, 34, 47, 50, 51, 60, 65, 66	2, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 30, 31, 32, 33, 35, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 48, 52, 53, 55, 58, 59, 61, 63, 67, 68, 70, 71, 72	-	1, 3, 4, 10, 36, 37, 41, 44, 45, 56, 57, 62, 69,	24
	14	41	-	13	1	

Ek 7'nin devamı

	İşi yorumlama	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 71	27	9, 12, 13, 17, 21, 30, 40, 43, 68, 69, 70, 72	4, 26, 28	-
		52	1	12	3	-
	İşi hesaplama	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 57, 61, 63, 66, 67, 69, 70, 71, 72	2, 35, 38, 42, 46, 53, 56, 60, 62, 68,	31	40, 58, 59, 65	31
		53	10	1	4	1
	Isıyı kullanma	1, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 40, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 66	3, 7, 15, 17, 18, 25, 30, 34, 36, 38, 39, 42, 44, 46, 47, 50, 53, 55, 56, 63, 65, 67, 69, 70, 71, 72	-	2, 4, 5, 14, 19, 24, 26, 31, 32, 33, 35, 37, 41, 43, 45, 48, 61, 62, 68	-
		23	26	-	19	-
Gücü kullanma	Gücü yorumlama	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 27, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67	-	9, 12, 13, 17, 21, 24, 30, 43, 68, 69, 70, 71, 72	4, 6, 26, 28, 40	
		50	-	13	5	
	Aktarım hızını hesaplama	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 44, 47, 48, 50, 51, 60, 63, 65, 66, 68, 72	1, 9, 15, 17, 24, 39, 45, 46, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 67, 71	41, 55, 70	36, 42, 43, 69	
		43	18	3	4	

Ek 8. Enerji türleri için ön ve son başarı sınavları cevaplarının nitelikleri**Teorik anlama ön başarı sınavı**

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	Alternatif Fikir İçeren
Belirleme	-	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 31, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 60, 61, 65, 67, 71, 72	58	2, 6, 18, 22, 25, 30, 32, 37, 39, 40, 45, 55, 62, 63, 66, 68, 69, 70	7, 11, 12, 14, 16, 29, 33, 38, 41, 42, 43, 52, 58, 61, 70
Toplam	-	49	1	18	15
Açıklama	-	1, 3, 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 26, 27, 33, 35, 36, 38, 41, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 56, 57, 60, 65, 67, 71, 72	8, 12, 31, 33, 55, 58, 59, 70	2, 4, 6, 7, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 34, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 52, 61, 62, 63, 66, 68, 69	3, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 23, 33, 35, 38, 41, 44, 46, 53, 57, 58, 67, 71, 72
Toplam	-	36	8	25	25
Örnekleme	-	4, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 31, 36, 38, 41, 44, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 59, 60, 67, 71	27, 33, 35, 70, 72	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 18, 19, 22, 25, 30, 32, 34, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 47, 55, 57, 58, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69	16, 38, 41, 59, 67, 71
Toplam	-	29	5	34	6
Sınıflama	-	4, 5, 16, 28, 33, 34, 48, 61, 67, 72	1, 10, 12, 21, 38, 41, 44, 47, 52, 55, 57	2, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 50, 51, 53, 56, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71	7, 10, 12, 38, 41, 44, 47, 52, 57
		10	11	47	9

Ön başarı sınavında öğrenciler tarafından belirtilen enerji çeşitleri

Enerji Çeşidi	Öğrenci	Toplam
Kinetik Enerji	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 33, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72	54
Potansiyel Enerji	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 71, 72	53
Isı Enerjisi	1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 26, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 59, 61, 67, 68, 69, 71, 72	43
Mekanik Enerji	3, 5, 6, 8, 11, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 26, 34, 35, 36, 41, 43, 44, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 60, 61, 65, 67, 69, 71	32
Elektrik Enerjisi	4, 8, 9, 10, 11, 16, 22, 25, 27, 28, 31, 34, 35, 41, 50, 52, 53, 58, 59, 61, 68	23
Güneş Enerjisi	4, 8, 9, 11, 12, 16, 22, 23, 25, 26, 35, 36, 38, 40, 43, 57, 71	17
Işık Enerjisi	12, 15, 17, 26, 27, 28, 34, 39, 44, 46, 51, 52, 56, 61, 67	15
Kimyasal Enerji	3, 4, 5, 23, 31, 40, 52, 61, 67	9
Nükleer Enerji	3, 5, 9, 23, 31, 41, 43, 70, 72	9
Rüzgar Enerjisi	4, 8, 9, 12, 26, 31, 43, 53	8

Ek 8'in devamı

Ön başarı sınavında öğrenciler tarafından belirtilen enerji çeşitleri

Hareket Enerjisi	1, 7, 11, 34, 40	5
Sürtünme Enerjisi	14, 34, 35	3
Jeotermal Enerji	16, 22, 41	3
Ses Enerjisi	12, 52, 61	3
Biyoenerji	16, 43	2
Su Enerjisi	4, 43	2
Termik Enerji	12, 70	2
Fiziksel Enerji	52, 61	2
Sürtünme Enerjisi	38, 42	2
Hidroelektrik Enerji	26, 70	2
Yerçekimi Potansiyel Enerjisi	51, 60	2
Yenilenebilir Enerji	31	1
Manyetik Enerji	31	1
Statik Enerji	14	1
Radyoaktif Enerji	40	1
Sabit Enerji	7	1
Bor Enerjisi	58	1
Kömür Enerjisi	58	1
Petrol Enerjisi	58	1
Doğal Gaz Enerjisi	53	1
Yaydaki Sıkışma Enerjisi	42	1
Serbest Düşmeyle Kazanılan Enerji	24	1

Pratik anlama ön başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Enerji türünü belirleme	-	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	-	44, 48, 51
Toplam	-	65	-	3
D konumunda PE olduğunu belirtenler: 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 47, 49, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73 Sarı boyalılar D konumunda sadece PE yi dikkate almaktalar. KE yi yok saymaktalar.				
G konumunda KE olduğunu belirtenler: 16, 21, 27, 33, 42, 47, 57, 62, 63 Tüm öğrenciler YPE yerine PE yi kullanıyor.				
Suyun kinetik enerjisi olduğunu belirtenler: A konumu: 58; B konumu: 1, 13, 15, 17, 19, 23, 27, 29, 33, 42, 49, 56, 57, 58, 62, 67; C konumu: 1, 13, 23, 27, 29, 33, 35, 47, 49, 50, 57, 62, 67, 71				
Enerji türünü yorumlama	-	35	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 31, 33, 34, 37, 38, 40, 41, 42, 45, 47, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 66, 67, 69, 70, 72	2, 12, 26, 28, 29, 30, 32, 36, 39, 43, 44, 46, 48, 50, 56, 60, 62, 65, 68, 71
Toplam	-	1	48	20
a diyenler: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 34, 38, 40, 41, 42, 45, 47, 49, 52, 53, 55, 57, 58, 61, 64, 66, 67, 69; b diyenler: 59; c diyenler: 23, 73; d diyenler: 8, 11, 31, 33, 37, 51, 63, 70, 72				
Referans noktasını bilmeyenler yada dikkate almayanlar: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, Bu anlamdaki sorulara cevap vermeyenler: 2, 8, 13, 26, 32, 44, 46, 48, 50, 51, 70				

Ek 8'in devamı

Teorik anlama son başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Belirleme	1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 57, 60, 62, 65, 68, 69, 70, 71, 72	3, 4, 7, 14, 25, 30, 31, 32, 35, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 55, 56, 58, 59, 61, 63, 66, 67	-	-
	45	23	-	-
Açıklama	5, 6, 10, 12, 13, 15, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 33, 36, 39, 48, 50, 51, 52, 65, 69, 71, 72	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 19, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70	-	38, 45
	24	42	-	2
Örnekleme	5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 36, 39, 46, 52, 65, 69, 72	1, 2, 3, 4, 7, 8, 14, 15, 16, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71	-	17, 38, 42, 45, 55, 56
	21	41	-	6
Sınıflama	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 42, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 57, 60, 61, 62, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72	3, 4, 30, 31, 32, 38, 44, 45, 55, 56, 58, 59, 63, 66	25, 41	14, 35, 43
	49	14	2	3

Son başarı sınavında öğrenciler tarafından belirtilen enerji çeşitleri

Enerji Çeşidi	Öğrenci	Toplam
Kinetik Enerji	67, 61, 56, 45, 43, 42, 41, 38, 44, 55, 63, 32, 31, 28, 25, 14, 7, 4, 3, 35, 30, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	65
Termal Enerji	67, 61, 59, 58, 56, 45, 43, 42, 38, 44, 55, 63, 66, 31, 28, 25, 14, 7, 4, 3, 30, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	65
Ses Enerjisi	61, 45, 42, 38, 44, 55, 63, 28, 25, 7, 3, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	55
Yerçekimi Potansiyel Enerji	67, 61, 59, 58, 56, 45, 43, 42, 41, 38, 44, 55, 63, 66, 32, 31, 28, 25, 14, 7, 4, 3, 35, 30, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	68
Esneklik Potansiyel Enerjisi	67, 61, 59, 58, 56, 45, 42, 38, 63, 66, 28, 25, 14, 7, 4, 3, 35, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	61
Nükleer Potansiyel Enerji	67, 56, 43, 44, 63, 66, 31, 28, 25, 14, 7, 4, 3, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	58
Radyan Potansiyel Enerji	67, 61, 59, 58, 45, 42, 55, 63, 66, 28, 7, 4, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	56
Elektriksel Potansiyel Enerji	67, 59, 58, 45, 42, 44, 31, 28, 25, 4, 3, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	55

Ek 8'in devamı

Son başarı sınavında öğrenciler tarafından belirtilen enerji çeşitleri

Kimyasal Potansiyel Enerji	67, 61, 42, 44, 63, 32, 31, 28, 4, 3, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	54
Manyetik Potansiyel Enerji	56, 42, 32, 28, 25, 72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	49
Mekanik Enerji	59, 58, 45, 41, 30, 44, 55, 31, 14	9
Isı Enerjisi	44, 45, 35	3
Radyoaktif Enerji	44	1
Işık Enerjisi	44	1
Tam cevap verenler	72, 70, 69, 68, 65, 60, 53, 52, 51, 50, 48, 47, 46, 39, 37, 36, 40, 57, 71, 62, 33, 28, 26, 24, 23, 21, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 9, 8, 6, 5, 2, 10, 17, 19, 20, 22, 27, 34	44

Pratik anlama son başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Enerji türünü belirleme	4, 13, 26, 27, 28, 38, 48, 50, 60, 66, 67	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72	-	-
Toplam	11	57		
Enerji türünü yorumlama	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72	-	5, 7, 30, 55,	36, 56, 69
Toplam	61	-	4	3

Ek 9. Enerji sistem ilişkisi için ön ve son başarı sınavları cevaplarının nitelikleri

Teorik anlama ön başarı sınavı

İnceleme Konusu	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Enerji sistem ilişkisini kurma	-	4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 20, 24, 25, 32, 34, 39, 43, 44, 46, 47, 56, 57, 58, 62, 63, 67	3, 5, 7, 17, 19, 21, 22, 27, 50, 51, 52, 61, 71	1, 2, 6, 14, 15, 18, 23, 26, 28, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 45, 48, 53, 55, 59, 60, 65, 66, 68, 69, 70, 72
Toplam	-	24	13	31

Pratik anlama ön başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Sistemi görselleme	1, 10, 31	42, 53	3, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 55, 56, 58, 63, 67, 70, 71, 72	2, 4, 6, 7, 15, 17, 22, 24, 28, 30, 33, 44, 52, 57, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 68, 69
Toplam	3	2	39	24
Sistemin enerji değişimini gösterme	Yandaki boyalılar 'Sistemin enerji değişimini göstermede' kısmen doğru cevap vermiş olsalar da cevapları aynı zamanda yanlışlarda içermektedir.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72	18, 20, 26, 68	14, 40, 44, 62
Toplam	-	60	4	4
Sistemin enerji değerini hesaplama	-	2, 3, 10	1, 6, 7, 9, 12, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 31, 34, 36, 37, 38, 41, 51, 60, 61, 65, 67, 68, 71, 72	4, 5, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 27, 30, 32, 33, 35, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 66, 69, 70
Toplam	-	3	28	37

Teorik anlama son başarı sınavı

İnceleme Konusu	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Enerji sistem ilişkisini kurma	2, 12, 18, 22, 50, 56, 69	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 70, 72	11, 33, 71	7, 24, 40, 57
Toplam	7	54	3	4

Ek 9'un devamı

Pratik anlama son başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Sistemi görselleme	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 31, 32, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72	5, 16, 25, 42, 56	1, 3, 27, 30, 33, 35, 67	14, 38
	54	5	7	2
Sistemin enerji değişimini gösterme	4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 50, 51, 53, 57, 58, 59, 60, 63, 66, 68, 69, 71, 72	1, 2, 3, 5, 11, 14, 16, 19, 21, 27, 30, 33, 38, 42, 44, 46, 52, 55, 56, 61, 62, 65, 67, 70	-	-
	44	24		
Sistemin enerji değerini hesaplama	1, 2, 5, 9, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 31, 32, 39, 47, 50, 51, 52, 57, 60, 63, 66, 67, 69, 71, 72	3, 6, 7, 8, 11, 12, 16, 33, 34, 36, 43, 45, 46, 53, 56, 58, 59, 61, 65	44	4, 10, 13, 14, 17, 23, 27, 30, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 48, 55, 62, 68, 70
	29	19	1	19

Ek 10. Enerji aktarımı için ön ve son başarı sınavları cevaplarının nitelikleri**Teorik anlama ön başarı sınavı**

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız	
Aktarım yolunu belirtme	3, 10, 16, 23, 27, 41, 44, 45, 48, 53, 59, 61, 70, 72	-	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 30, 31, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 60, 63, 67, 68, 71	1, 17, 26, 28, 32, 35, 37, 62, 65, 66, 69	
	14	-	43	11	
Aktarım yönünün önemini bilme- açıklama	7, 61	3, 4, 5, 8, 10, 18, 20, 33, 48, 60, 62, 63, 65, 71	2, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30, 32, 34, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 67, 69, 70	1, 17, 26, 28, 31, 37, 40, 44, 59, 66, 68, 72	
Toplam	2	14	40	12	
Aktarım sürecini açıklama	-	-	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 60, 62, 63, 67	1, 17, 26, 28, 32, 35, 37, 45, 46, 53, 59, 61, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72	
Toplam	-	-	49	19	
Aktarımla ilişkili Temel Tanımlama	İş	6, 7, 9, 10, 15, 22, 36, 39, 42, 52, 60, 61, 68, 70	3, 5, 8, 21, 23, 26, 27, 34, 35, 38, 40, 41, 44, 47, 50, 53, 66, 72	2, 4, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 31, 32, 33, 37, 45, 46, 48, 51, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 67, 69, 71	1, 20, 28, 30, 43, 57, 65
	Toplam	14	18	29	7
	Isı	50, 52, 59, 61, 63, 67	2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 14, 17, 20, 23, 25, 26, 33, 47, 51, 70	7, 10, 13, 15, 16, 21, 22, 31, 34, 35, 36, 41, 42, 44, 48, 55, 56, 58, 60, 62, 68, 71	1, 6, 8, 18, 19, 24, 27, 28, 30, 32, 37, 38, 39, 40, 43, 45, 46, 57, 65, 66, 69, 72
	Toplam	6	17	22	23
	Güç	10, 11, 23, 43, 45, 55, 60, 66, 67, 70	6, 22, 25, 36	2, 3, 4, 5, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 24, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 58, 61, 65, 69, 71	1, 8, 12, 19, 20, 28, 30, 37, 38, 39, 40, 42, 44, 46, 57, 59, 62, 63, 68, 72
Toplam	10	4	34	20	

Ek 10'nun devamı

Pratik anlama ön başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Aktarılan enerjiyi hesaplama	-	1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 17, 18, 22, 27, 28, 30, 38, 39, 42, 47, 50, 51, 60, 61, 63, 66, 69, 72	7, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 43, 44, 46, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 67, 70	2, 32, 45, 48, 65, 68, 71
Toplam	-	27	34	7
Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	-	1, 47	22, 25, 35, 41, 42, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 60, 63, 67, 68, 69, 70, 71	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 72
Toplam	-	2	18	48
Enerji aktarımını yorumlama	2	3, 5, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 31, 32, 33, 35, 37, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 55, 57, 60, 61, 63, 66, 67, 69, 70, 71, 72	1, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 26, 34, 38, 40, 52, 56, 58, 59, 62, 68, 73	28, 30, 36, 39, 45, 53, 65
Toplam	-	36	25	7
Enerji aktarım hızını yorumlama	2, 12, 21, 22, 41, 44, 60	1, 5, 8, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 24, 25, 26, 27, 30, 32, 33, 35, 37, 39, 43, 46, 47, 55, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 72	3, 4, 6, 7, 9, 11, 19, 23, 28, 31, 34, 38, 40, 42, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 65, 69, 70, 71	36, 45
Toplam	7	35	24	2

Boyalılar 'kısmen doğru cevap vermiş olsalar da cevapları aynı zamanda yanlışlarda içermektedir.

Teorik anlama son başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Aktarım yolunu belirtme	3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23, 24, 25, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 55, 56, 58, 60, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72	-	-	1, 2, 8, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 40, 42, 43, 51, 53, 57, 59, 61, 62, 63, 68
Toplam	43	-	-	25
Aktarım yönünün önemini bilme-açıklama	7, 9, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 34, 36, 37, 39, 48, 50, 51, 52, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71	2, 3, 4, 8, 20, 32, 33, 38, 43, 45, 46, 47, 53, 55, 58, 70, 72	10, 30, 31, 44	1, 5, 6, 12, 14, 16, 21, 35, 40, 41, 42
Toplam	36	17	4	11
Aktarım sürecini açıklama	6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 23, 24, 25, 27, 28, 32, 34, 36, 37, 39, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 63, 65, 66, 69, 71	1, 2, 3, 4, 5, 8, 14, 17, 20, 22, 26, 30, 31, 33, 35, 38, 44, 45, 55, 57, 62, 67, 68, 70, 72	56	21, 40, 41, 42, 43, 46, 61
Toplam	35	25	1	7

Ek 10'nun devamı

Aktarımla İlişkili Temel Tanımlama	İş	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 34, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	5, 14, 31, 33, 36, 37, 42, 48, 50	35	32
	Toplam	57	9	1	1
	Isı	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	5, 31, 35, 41, 48, 50, 55	30	42, 43
	Toplam	58	7	1	2
	Güç	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	36, 61	-	-
Toplam	66	2	-	-	

Pratik anlama son başarı sınavı

		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Aktarılan enerjiyi hesaplama	12, 19	1, 2, 7, 8, 12, 13, 15, 18, 22, 23, 28, 32, 45, 50, 51, 60, 63, 66, 72	3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 52, 53, 55, 56, 57, 61, 62, 67, 68, 69, 70, 71	-	58, 59, 65,
Toplam	2	19	44	-	3
Makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini yorumlama-görselleme	16	1, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 40, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 66	3, 7, 15, 17, 18, 25, 30, 34, 36, 38, 39, 42, 44, 46, 47, 50, 53, 55, 56, 63, 65, 67, 69, 70, 71, 72	-	2, 4, 5, 14, 19, 24, 26, 31, 32, 33, 35, 37, 41, 43, 45, 48, 61, 62, 68
Toplam		23	26		19
Enerji aktarımını yorumlama	17a	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 71	27	9, 12, 13, 17, 21, 30, 40, 43, 68, 69, 70, 72	4, 26, 28
Toplam		52	1	12	3
Enerji aktarım hızını yorumlama	17b 18	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 14, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 27, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 44, 47, 48, 50, 51, 60, 63, 65, 66	4, 6, 9, 12, 13, 17, 21, 24, 26, 28, 30, 36, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 67, 68, 69, 71, 72	70	-
Toplam		33	34	1	-

Ek 11. Enerji korunumu için ön ve son başarı sınavları cevaplarının nitelikleri**Teorik anlama ön başarı sınavı**

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Tanımlama	40, 42, 43, 45, 47, 50, 51, 55, 59	4, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 31, 33, 35, 41, 44, 52, 67	1, 3, 7, 8, 12, 18, 23, 39, 56	2, 6, 13, 17, 19, 25, 28, 30, 32, 34, 36, 37, 38, 46, 48, 53, 61, 62, 65, 66, 68, 69, 70, 72
Toplam	9	21	9	29

Pratik anlama ön başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Korunumu belirleme	5, 12, 22, 44, 47, 67	1, 4, 6, 8, 10, 15, 19, 21, 28, 30, 33, 37, 40, 41, 48, 50, 62, 63, 69, 72, 73	2, 7, 13, 16, 17, 18, 25, 31, 32, 34, 35, 42, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 61, 70,	3, 9, 11, 14, 20, 23, 24, 26, 27, 29, 36, 38, 39, 43, 45, 49, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 66, 68, 71
Korunduğunu gösterme	-	16, 27, 42, 47, 58,	4, 7, 18, 20, 31, 33, 34, 37, 39, 40, 41, 45, 46, 57, 61, 62, 63, 68, 72, 73	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 35, 36, 38, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71
Hesaplama kullanma	-	1, 4, 5, 16, 20, 28, 30	7, 19, 34, 38, 39, 41, 42, 45, 47, 65, 68	2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 40, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73
Korunumu dikkate alma	-	1, 13, 14, 19, 21, 23, 25, 27, 28, 32, 34, 52, 58, 72, 73	3, 4, 5, 7, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 29, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 65, 67, 69, 71	2, 6, 8, 9, 12, 22, 26, 30, 36, 40, 43, 44, 48, 54, 55, 60, 64, 66, 68, 70

Teorik anlama son başarı sınavı

	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Tanımlama	4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 32, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 66, 68, 69, 70	1, 2, 3, 7, 16, 19, 27, 30, 31, 33, 38, 41, 44, 50, 61, 62	-	25, 63, 65, 67, 71, 72
	46	16	-	6

Ek 11'in devamı**Pratik anlama son başarı sınavı**

		Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Cevapsız Anlamsız
Korunumu belirleme		4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 50, 51, 53, 58, 59, 60, 65, 66, 67, 69, 71, 72	1, 2, 3, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 33, 35, 39, 40, 45, 48, 52, 55, 56, 57, 61, 62, 63, 68, 70	-	11
Toplam		48	19	-	1
Korunduğunuz gösterme		1, 3, 5, 11, 13, 15, 23, 27, 47, 59, 60, 66, 67, 69	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 61, 63, 71, 72	1, 57, 68,	56, 62, 65, 70
Toplam		14	47	3	4
Hesaplama kullanma		2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 27, 28, 31, 32, 42, 44, 45, 50, 51, 60, 63, 66, 67, 69, 71, 72	1, 4, 9, 10, 13, 21, 22, 23, 36, 39, 43, 57, 58, 59, 62, 70	17, 25, 26, 30, 33, 34, 38, 47, 48, 53, 55, 61, 68	14, 35, 37, 40, 41, 46, 52, 56, 65
Toplam		30	16	13	9
Korunumu dikkate alma		1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 22, 23, 31, 32, 37, 39, 40, 45, 51, 52, 57, 60, 66, 71	3, 4, 6, 8, 10, 11, 14, 17, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 34, 35, 36, 38, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 55, 59, 61, 62, 65, 67, 68, 70, 72	24, 30, 33, 63,	41, 56, 69
Toplam		26	35	4	3

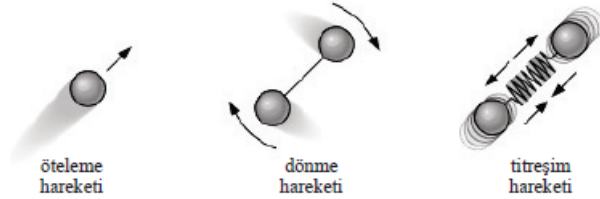
Ek 12. Dördüncü derste belirlenen öğrenme eksikliklerin giderilebilmesi için hazırlanan ek materyal

MİKRO BOYUTTA ENERJİ AKTARIMI



Sıcaklık, bir maddenin moleküllerinin ortalama kinetik enerji değerlerinin bir ölçüsüdür.

Bir bardak çayın içerisine biraz su eklersek, enerjisi daha fazla olan moleküllerden yakındaki diğer moleküllere, moleküller arasındaki etkileşim nedeniyle enerji geçişi olacaktır. Burada etkileşim, moleküllerin rastgele hareketleri sonucu çarpışmalarıyla gerçekleşmektedir. Diğer bir ifadeyle, sıvı ve gazlarda enerji geçişi moleküllerin rastgele hareketleri sonucu çarpışmalarıyla gerçekleşmektedir. Bu süreçte moleküllerin aşağıdaki hareketleri yaptıkları hatırlanacak olursa yapılan açıklamalar daha açık olacaktır. Su molekülleri ile çay molekülleri arasındaki etkileşimde aynı şekilde gerçekleşmekte ve sıcaklıkları eşitleninceye kadar devam etmektedir.



Katılarda enerji aktarımı, moleküllerin sabit düzen içerisindeki hareketleri ve serbest elektron hareketleri sonucunda gerçekleşir. Bu anlamda çaydan hava moleküllerine enerji aktarımını irdeleyelim.



Çayın sıcaklığının hava moleküllerinin sıcaklığından fazla olması nedeniyle çaydan hava moleküllerine enerji geçişi olur. Bu enerjinin kaynağı çayın termal enerjisidir. Yani çayın termal enerjisinin bir kısmı (sıcaklık dengesi sağlanıncaya kadar) hava moleküllerinin termal enerjisine aktarılır. **Aktarılan bu enerjiye ısı denir.** Buna göre;

-Isı, çayın ya da hava moleküllerinin termal enerjisi değildir. Yani, sistemlerin ısısı yoktur.

-Isı, enerji geçişini vurgular. Başka bir ifadeyle ısı sınır olgusudur. Sadece sistem sınırlarını geçişi sırasında tanımlanabilir.

-Enerji geçişi sıcaklık farkından dolayı gerçekleşmişse ısıdan söz edilebilir.

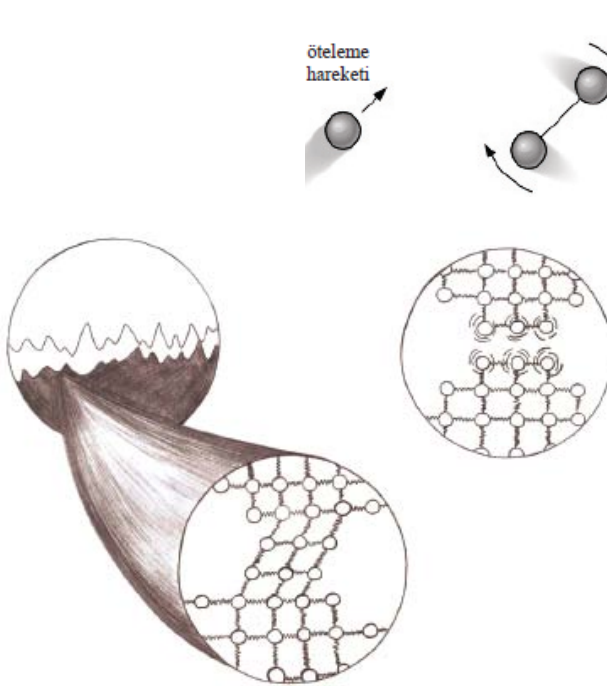
-Isı, iki sistem arasında sıcaklık farkından dolayı enerji geçişidir. Diğer bir ifadeyle ısı, mikro düzeyde enerji aktarım yoludur.

Ek 12'nin devamı

MAKRO BOYUTTAN MİKRO BOYUTA ENERJİ AKTARIMI

Termal enerjinin bileşenlerinden birinin hissedilir enerji olduğu açıklanmıştı (bkz. kaynak materyal sayfa 14-15). Bu anlamda atomların öteleme, dönme ve titreşim hareketi yaptıkları belirtilmiş ve bu hareketlerin sıcaklıkla arttığı veya azaldığı açıklanmıştı. Bu bilgiler ışığında makro boyuttan mikro boyuta enerji geçişini değerlendirmek konuyu anlamamızı kolaylaştıracaktır!

Termal Enerji	Hareket enerjisi	Hissedilir enerji
	Etkileşim enerjisi	Gizil enerji Kimyasal enerji Nükleer enerji



Yandaki şekilde görüldüğü gibi, sürtünmeli yüzeylerde hareket eden bir cisim ile zemin arasında anlık kimyasal bağlar kurulur ve termal enerjinin diğer bir bileşeni olan kimyasal enerji cisim ve zemin tarafından depolanır. Bu enerjinin kaynağı cismin makro boyutta düşünülen kinetik enerjisidir. Yani, cisim yavaşlamaktadır. Ancak bu bağlar cismin hareketi nedeniyle kopacaktır. Kopma nedeniyle atomlar titreşecek ve kimyasal enerji, termal enerjinin hissedilir enerji bileşenine dönüşecektir. Hissedilir enerjinin artması aslında sıcaklığında

artması demektir. Oluşan sıcaklık farkıysa enerji geçişini gerektirmektedir. Anlaşıldığı gibi, cisimden zemine enerji geçişi olmuştur. Bu geçiş yukarıda da belirtildiği gibi ısı yolu ile gerçekleşir.

Dikkat: Bu süreçte ısı açığa çıkmaz. Çünkü ısı iki sistem arasındaki sınır olgusudur. Daha açık ifadeyle ısı geçiş halindeki enerjinin iki sistem sınırındaki adıdır. Sınır sonrasında bu enerji sistemlerin termal enerjisi olarak tanımlanır.

Özellik	ısı	iş
Bir sistemden diğerine enerji aktarım yoludur.	+	+
Sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen enerji aktarımıdır.	+	-
Sistemler/Cisimler sahip değildir.	+	+
Sıcaklık farkından kaynaklanmayan enerji aktarım yoludur.	-	+
Makroskobik boyutta enerji aktarım yoludur.	-	+
Mikroskobik boyutta enerji aktarım yoludur.	+	-
Yer değiştirmeye neden olan kuvvetin yaptığına denir.	-	+
Sistemle çevresi arasındaki etkileşimi ifade eder.	+	+

Ek 13. Öğrenci Devamsızlık Durumu

Öğrenci no	Ders 1-2	Ders 3-4	Ders 5-6	Ders 7-8	Ders 9-10	Toplam
1	+	+	-	+	+	4
2	+	+	+	+	+	5
3	+	+	+	+	+	5
4	+	+	+	-	+	4
5	+	+	-	-	+	3
6	+	-	+	+	+	4
7	+	+	-	+	+	4
8	+	-	-	+	+	3
9	+	+	+	+	-	4
10	+	-	-	+	-	2
11	+	+	-	+	-	3
12	+	+	+	+	+	5
13	+	+	+	+	+	5
14	+	+	-	+	+	4
15	+	+	+	+	+	5
16	+	-	+	+	-	3
17	+	+	+	+	+	5
18	+	+	-	+	+	4
19	+	+	-	+	+	4
20	+	+	+	+	+	5
21	+	+	-	+	+	4
22	+	+	+	+	+	5
23	+	+	+	+	+	5
24	+	+	+	+	+	5
25	+	+	-	+	+	4
26	-	-	+	+	+	3
27	+	-	-	+	+	3
28	+	+	+	+	+	5
30	+	-	-	+	-	2
31	+	+	+	+	+	5
32	+	+	-	+	+	4
33	+	+	-	-	+	3
34	+	-	+	+	+	4
35	+	-	-	-	+	2
36	-	+	+	+	-	3
37	+	-	+	+	+	4
38	+	+	-	-	-	2
39	+	+	+	+	+	5
40	+	-	+	+	+	4
41	+	-	+	+	-	3
42	+	-	-	+	-	2
43	+	+	+	-	+	4

Ek 13'ün devamı

44	+	+	-	+	+	4
45	-	-	+	+	-	2
46	+	-	-	-	-	1
47	+	+	-	+	+	4
48	+	+	+	+	+	5
50	+	+	+	+	+	5
51	+	+	+	+	+	5
52	+	+	+	+	-	4
53	+	+	-	+	+	4
55	+	-	+	-	-	2
56	-	+	+	+	-	3
57	+	+	+	-	+	4
58	-	+	+	-	+	3
59	+	+	+	+	+	5
60	+	+	+	-	+	4
61	+	+	-	+	-	3
62	+	+	-	+	+	4
63	+	+	-	+	+	4
65	+	-	+	+	-	3
66	+	+	+	+	+	5
67	+	+	+	-	+	3
68	+	+	+	+	+	5
69	+	+	-	+	+	4
70	-	+	+	-	+	3
71	+	-	+	+	-	3
72	-	+	+	-	+	3

29, 49, 54, 64 ve 73 numaralı öğrenciler ön veya son başarı sınavından birine katılmadıkları için analizler sürecinde dikkate alınmamışlardır.

ÖZGEÇMİŞ

11.07.1978 tarihinde İzmir’de doğdu. İlk ve Ortaöğretimini Kırşehir’de tamamladı. 1997 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Öğretmenliği programına başladı ve 2001 yılında mezun oldu. 2002 yılında Milli Eğitim Bakanlığında öğretmen olarak göreve başladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi alanında yüksek lisansa başladı ve 2007 yılında mezun oldu. Aynı yıl doktora programına kayıt oldu. 2008 yılında Ortaöğretim Genel Müdürlüğü Fizik Ders Kitapları Yazım Komisyonunda fizik ders kitabı yazarı olarak görev aldı. Araştırmacı halen aynı komisyonda görev yapmakta olup yurt genelinde ders kitabı olarak kullanılmakta olan fizik ders kitaplarına ve yurt içi ve yurt dışı kaynaklı çeşitli bilimsel dergilerde yayınlara sahiptir. Araştırmacı 2009 yılında TÜBİTAK yayın teşvik ödülü almıştır. Yabancı dili İngilizcedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Araştırmacının tezden ürettiği Science Citation Index (SCI) ve diğer veri tabanları tarafından taranan dergilerde yayınlanan araştırmaları ve kitabı aşağıda sunulmuştur.

Kurnaz, M. A., ve Çalık, M. (2009). A thematic review of ‘energy’ teaching studies: focuses, needs, methods, general knowledge claims and implications. Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies, 1(1): 1-26.

Kurnaz, M. A. (2010). ENERJİ: Öğretimi ve Öğrenimi için Stratejik Bir Yaklaşım, Celepler Matbaacılık, Trabzon.

Kurnaz, M. A., ve Sağlam Arslan, A. (2011). A Thematic Review of Some Studies Investigating Students’ Alternative Conceptions about Energy. Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education, 3(1), 51-74.