

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORTAÖĞRETİM FEN ve MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ  
ANABİLİM DALI**

**ENERJİ KAVRAMININ ÜNİVERSİTE 1. SINIF SEVİYESİNDE  
ÖĞRENİM DURUMLARININ ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet Altan KURNAZ**

**AĞUSTOS 2007  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORTA ÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ  
ANA BİLİM DALI**

**ENERJİ KAVRAMININ ÜNİVERSİTE 1. SINIF SEVİYESİNDE  
ÖĞRENİM DURUMLARININ ANALİZİ**

**Mehmet Altan KURNAZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Yüksek Lisans (Fizik Eğitimi)”  
Unvanı Verilmesi için Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.07.2007**

**Tezin Savunma Tarihi : 02.08.2007**

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

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Haluk ÖZMEN**

**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT**

**Trabzon 2007**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans Tezi" olarak hazırlanmıştır. Çalışma, üniversite 1. sınıf seviyesinde enerji kavramının öğretim ve öğrenim durumlarının tespit edilmesi üzerine gerçekleştirilmiştir.

Bu tezin hazırlanması aşamasında karşılaştığım bütün güçlüklerin aşılmasında, her türlü desteği ve imkânı sağlayarak beni yönlendiren, engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım saygı değer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ayşegül SAĞLAM ARSLAN'na saygı ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans yapmama teşvik ederek geleceğe dair ufkumu açan değerli hocalarım Doç. Dr. Ahmet Zeki SAKA'ya ve Yrd. Doç. Dr. Nevzat YİĞİT'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimin boyunca öğrencisi olduğum KTÜ Fatih Eğitim Bilimleri Fakültesi Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Maddi ve manevi destekleriyle daima yanımda olan ve bugün bulunduğum yerde olmamda sonsuz katkıları olan aileme ve eşim Aslı KURNAZ Hanımefendi'ye şükranlarımı sunarım.

Mehmet Altan KURNAZ

Trabzon 2007

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Araştırmanın Problemi.....	2
1.3. Araştırmanın Amacı.....	3
1.4. Araştırmanın Önemi.....	3
1.5. Araştırmanın Sayıltıları.....	5
1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	5
1.7. İlgili Literatür.....	5
1.7.1. Enerji Kavramı.....	6
1.7.1.1. Enerji Kavramının Tarihsel Gelişimi.....	6
1.7.1.2. Enerji Nedir?.....	8
1.7.1.3. Enerji Formları.....	10
1.7.1.4. Enerji Transferi ve Dönüşümü.....	13
1.7.1.5. Enerjinin Korunumu.....	14
1.7.2. Enerji Kavramı ile İlgili Eğitim Alanında Yapılan Çalışmalar.....	16
1.8. Çalışmanın Teorik Çerçevesi - Didaktiğin Antropolojik Kuramı.....	22
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	28
2.1. Yöntem.....	28
2.1.1. Evren ve Örneklem.....	28
2.1.2. Veri Toplama Araçları.....	29
2.1.2.1. Ölçme Aracının Geliştirilmesi.....	29
2.1.2.2. Ölçme Aracının Tanıtımı.....	30
2.1.2.3. Verilerin Elde Edilme Süreci.....	38

2.1.2.4.	Verilerin Analizi.....	40
2.1.2.4.1.	Ekolojik Yaklaşım.....	40
2.1.2.4.2.	Prakseolojik Yaklaşım.....	42
2.1.2.5.	Çalışmada İzlenecek Uygulama Adımlarının Belirlenmesi.....	44
3.	BULGULAR ve TARTIŞMA.....	45
3.1.	Enerji Kavramına İlişkin Üniversite 1. Sınıf Öğrencilerinin Kurumsal Tanımları .....	45
3.1.1.	Ekolojik Analiz Sonucu Elde Edilen Bulgular.....	45
3.1.2.	Prakseolojik Analiz Sonucu Elde Edilen Bulgular.....	46
3.1.2.1.	Talep Tiplerinin Belirlenmesi.....	46
3.1.2.2.	Talep Tiplerine Ait Prakseolojik Bileşenlerin Belirlenmesi.....	53
3.2.	Enerji Kavramı İlişkin Üniversite 1. Sınıf Öğrencilerinin Bireysel Tanımlarının Analizi.....	62
4.	SONUÇLAR.....	113
5.	ÖNERİLER.....	118
6.	KAYNAKLAR.....	119

## ÖZET

Bu araştırma üniversite 1. sınıf seviyesinde enerji kavramının öğretim ve öğrenim durumlarını tespit etmek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Antropolojik kurama dayanarak, üniversite 1. sınıf Temel Fizik I kurumunun enerji ile ilgili kurumsal tanımları ile öğrencilerin bu kurumun etkisi altında geliştirdikleri bireysel tanımların özelliklerinin neler olduğu ve kurumsal tanımın öğrencilerin bireysel tanımları üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Örnek Olay Tarama Modeli kullanılarak gerçekleştirilen çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak öğrencilerin enerji kavramına ait kurumsal tanımlarının özellikleri belirlenmiştir. Bu süreçte ders sorumlusu tarafından seçilen kaynak kitap (Serway Fizik I) ekolojik yaklaşım ve prakseolojik yaklaşım kullanılarak analiz edilmiştir. Daha sonra öğrencilerin enerji kavramına ait bireysel tanımlarının özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla açık uçlu sorulardan oluşan bir ölçme aracı geliştirilmiş ve elde edilen veriler prakseolojik analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu kapsamda, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde Temel Fizik I dersini alan 36 öğrenci çalışmanın örneklemini oluşturmuştur.

Araştırmanın sonucunda kurumsal ve bireysel tanımların özellikleri ve kurumsal tanımların bireysel tanıma üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mevcut durumu iyileştirme yönünde önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Öğretim, Öğrenme, Antropolojik Kuram, Prakseolojik Yaklaşım, Ekolojik Yaklaşım.

## SUMMARY

### **Analysis of Learning Situations of the Energy Concept at University Year 1 Level**

This study was conducted to determine teaching and learning situations of the energy concept at the first year of university. For this purpose, based upon the Anthropological theory, the nature of the first grade Basic Physics course objectives and the students' personal understandings developed based upon the course objectives and the effect of the course objectives on the students' personal understandings were investigated.

The study was employed survey research method. Survey method based on the Anthropological Theory investigates person's relationships with her/himself and with their family and school. Data collection was carried out in two stages. Firstly, the nature of the course objectives related to the energy concept was determined. For this purpose, the course book (Serway Fizik 1) was examined using Ecological and Praxeological Approaches. Afterwards, the nature of the students' personal understandings related to the concept was determined using a test comprising of open-ended questions. The data from this test was analyzed using Praxeological Approach. The sample of the study comprised 36 first grade university students attending to the Basic Physics course at the University of Blacksea Technical University Faculty of Science and Arts.

At the end of the study, the nature of the course objectives and the students' personal understandings developed based upon the course objectives and the effect of the course objectives on the students' personal understandings were determined. Based on the study's results, suggestions for the improvement of the current situation were included.

**Key Words:** Energy, Teaching, Learning, Anthropological Theory, Praxeological Approach, Ecological Approach.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.	Atomik boyutta potansiyel enerji dönüşüm durumlarına örnekler.....	10
Şekil 2.	Atomik boyutta elektriksel enerji örneği.....	11
Şekil 3.	Enerji türlerinin kategorize edilmesi.....	11
Şekil 4.	Enerji transferi.....	13
Şekil 5.	Bir O'ya ait kurumsal tanıma/bireysel tanıma ilişkisi.....	24
Şekil 6.	Bireysel tanımayı ortaya çıkaran kurumsal tanımlar kümesinin oluşumu örneği.....	25
Şekil 7.	Kurumsal analiz çerçevesinde izlenen uygulama adımları.....	44



## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.	Veri toplama aracında enerjinin statüsü ve uygulanma temalarının tanıtımı....	30
Tablo 2.	Soruların aktivite durumlarına göre tanıtımı.....	31
Tablo 3.	Talep tipleri tablosu .....	47
Tablo 4.	Talep tiplerinde enerjinin araç veya obje olma durumlarına göre sınıflanması.....	48
Tablo 5.	Talep tiplerinin uygulanma temasına göre sınıflanması.....	49
Tablo 6.	Talep tiplerinin aktivite durumlarına göre sınıflandırılması.....	51
Tablo 7.	Hesaplama gerektiren talep tiplerinin konularına göre sınıflandırılması.....	51
Tablo 8.	Talep tiplerinin gerçekleştirilme durumlarına göre sınıflandırılması.....	52
Tablo 9.	İpucu veya yönlendirme verilen taleplerin konularına göre sınıflandırılması....	52
Tablo 10.	Kaynak kitapta en sık karşılaşılan talep tipleri .....	53
Tablo 11.	Öğrencilerin 1. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması.....	64
Tablo 12.	1. soruda teknik 1'i kullanan öğrencilerin cevaplarının sınıflandırılması.....	66
Tablo 13.	1. soruda teknik 3'ü kullanan öğrencilerin cevaplarının sınıflandırılması.....	67
Tablo 14.	Öğrencilerin 2. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması.....	68
Tablo 15.	Öğrencilerin 2. soruya ait diğer cevaplarının sınıflandırılması.....	69
Tablo 16.	Öğrencilerin 3. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması.....	71
Tablo 17.	Öğrencilerin 4. soru A durumuna ait cevaplarının sınıflandırılması.....	75
Tablo 18.	Öğrencilerin 4. soru B durumuna ait cevaplarının sınıflandırılması.....	79
Tablo 19.	Öğrencilerin 4. soru C durumuna ait cevaplarının sınıflandırılması.....	81
Tablo 20.	Öğrencilerin 5. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması.....	86
Tablo 21.	Öğrencilerin 6. soru A şikkına ait cevaplarının sınıflandırılması.....	93
Tablo 22.	Öğrencilerin yer çekimi kuvvetinin yaptığı iş ait cevaplarının sınıflandırılması.....	94
Tablo 23.	Öğrencilerin sürtünme kuvvetinin yaptığı iş ait cevaplarının sınıflandırılması.....	94
Tablo 24.	Öğrencilerin normal kuvvetinin yaptığı işe ait cevaplarının sınıflandırılması.....	96
Tablo 25.	Öğrencilerin T gerilme kuvvetinin yaptığı işe ait cevaplarının sınıflandırılması.....	96
Tablo 26.	Öğrencilerin 7. soru B şikkına ait cevaplarının sınıflandırılması.....	99

Tablo 27. Öğrencilerin 6. soruda B şıkkının teknik 1'e ait cevaplarının sınıflandırılması.....	99
Tablo 28. Öğrencilerin 6. soruda B şıkkının teknik 2'ye ait cevaplarının sınıflandırılması.....	100
Tablo 29. Öğrencilerin 8. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması.....	101
Tablo 30. Öğrencilerin 8. soru A şıkkına ait cevaplarının sınıflandırılması.....	105
Tablo 31. Öğrencilerin 8. soru A şıkkının teknik 2'sine ait cevaplarının sınıflandırılması.....	106
Tablo 32. Öğrencilerin 8. soru B şıkkına ait öğrenci cevaplarının sınıflandırılması.....	108
Tablo 33. Öğrencilerin 8. soru B şıkkına ait cevaplarının gerekçelerinin sınıflandırılması.....	109
Tablo 34. Öğrencilerin 8. soru C şıkkına ait cevaplarının sınıflandırılması.....	110

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Bilim, insanların deneysel yöntemlere ve gerçekliğe dayalı olarak doğa ile olan etkileşiminden elde ettiği sistematik bilgi elde etme sürecidir. Temelde bilimin uğraşı alanı doğa olaylarıdır. Doğa olayları en genel anlamıyla psikolojik, sosyolojik, kültürel, ekonomik, fiziksel vb. bilgi alanlarını içerir. Bilimin bu uğraşı alanından elde ettiği bilgi, aynı zamanda insanların doğa ile ilişkisini de yönlendirmektedir. İnsanların doğa ile olan bu ilişkisi ise temelde insanların yaşam düzenlerini kolaylaştırmak için gereklidir. Bu durumun devamlılığı da elde edilen bilgilerin yeni nesillere doğru bir şekilde iletilmesine bağlıdır. Bilindiği gibi bu sadece nitelikli bir eğitim anlayışı ile gerçekleştirilebilmektedir ki, bu durum ülkelerin güçlü bir gelecek hazırlama hedefleri arasında önceliklidir.

Ülkeler, günümüzde yaşanan hızlı ekonomik, sosyal, bilimsel ve teknolojik gelişmeler karşısında her vatandaşın fen ve teknoloji okuryazarı olarak yetişmesi gerektiğinin bilincindedir (MEB, 2005). Bu bilinç çerçevesinde fen eğitimi insanlar tarafından bilinmeyenleri öğretmede kullanılan bir harita gibi düşünülebilir. Böyle bir durumda bu harita, insanlar için aradıklarını bulmalarında bir araç olacaktır. Bununla beraber insanlar için gerekli olmayan bilgilerde bu haritanın ölçeğinde kaybolacaktır. Öğretme amacı güden bu haritada, diğer tüm haritalarda olduğu gibi, eğitim sistemimizin farklı disiplinlerini sembolize eden adresler olacaktır ki bunlar, bilginin öğretildiği fizik, kimya, matematik vb. derslerdir. Bu adreslerde bilgiye giden ayrı bir harita gibi değerlendirilmelidir. Haritanın önemi ise istenilen bilgiye kolayca ulaştırıp ulaştırmaması ile ilgilidir. Burada dikkat edilmesi gereken noktaysa, bu adreslerin benzerlikleri, ne öğrettikleri hakkında benzeyen ve benzemeyen yanları ve bilgiye ulaştırma yollarıdır. Örneğin enerji gibi bazı kavramlar farklı disiplinlerde farklı anlam ve kullanımlara sahip olabilmektedir. Bu durumda disiplinlerin bireyleri enerji bilgisine ulaştıran yol gösterici harita özelliği ve enerjinin bu disiplinlerde haritalanma ve bireylerce algılanma biçimi önem kazanmaktadır.

Enerji kavramı karmaşık bir kavramdır (Gürdal ve ark., 1999). Böylesi karmaşık kavramların düşünülen bir eğitim haritasında çok farklı adreslerle ilişkisi ve bu adresler arasında ne kadar fazla bağlantı yolları olabileceği düşünüldüğünde, anlamlı bir öğrenme

için haritanın bir bütünlük içersinde algılanması kaçınılmazdır. Ancak enerjinin aynı adres içinde de farklı formlarda bulunabilmesi, iyi bir eğitim haritasının oluşturulmasının yanı sıra, böylesi bir haritanın okunmasını da güçleştirmektedir. Enerjinin kavram olarak karmaşıklığı ise bu yönde hazırlanmış haritaların özelliklerinin ve bu özelliklerin öğrenci algılamaları üzerindeki etkilerinin incelenmesini gerekli kılmaktadır.

Enerjinin karmaşık bir kavram olmasının yanı sıra Martinas (2005), enerjinin tüm bilim dallarını belirli noktalarda birleştirici bir özelliği ve çevre ve yakıt kaynakları gibi sosyal içerikli konularda ise temel bir öneminin olduğunu belirtmektedir. Düşünülen eğitim haritalarının farklı adresler arasındaki bağlantılarıyla temsil edilebilecek bu durumun, öğrencilerce iyi anlaşılabilir bir sadelikte sunulması gerekmektedir. Ancak pek çok öğretmenin de enerji kavramını öğretmekte zorlandıkları görülmektedir (Kirwan, 1985). Bu durumun oluşturulan eğitim haritalarının algılanmasında ve devamı olarak aktarılmasında bazı problemlerin olduğunu göstermesi, enerji kavramının öğretildiği bu haritaların yani öğretim ortamlarının öğrenim durumları üzerine etkilerinin incelenmesini anlamlı kılmaktadır.

## 1.2. Araştırmanın Problemi

Enerji kavramı ile ilgili olarak Watts (1983), Warren (1983), Kemp (1984), Kirwan (1985), Nicholls ve Ogborn (1993), Odell (1997), Dumanoğlu (1997) gibi bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar, enerji kavramının öğretimi ve öğrenimi konusunda bir takım problemlerin olduğunu göstermektedir. Buna göre çoğunlukla öğrencilerin enerjinin doğasını anlama ile ilgili ciddi yanlış algılamalara sahip olduğu, bu yanlış algılamaların ise çoğunlukla Domenech ve ark. (2007) tarafından enerji kavramını tanımlama üzerine odaklandığı belirtilmektedir. Ancak söz konusu çalışmalarda öğrenci algılamalarının belirlenmesi noktasında öğretim durumlarının öğrenim durumları üzerindeki etkilerinin yeterince irdelenmemiş olması bu anlamda yapılacak çalışmalara da ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda, “Enerji kavramının öğretim durumlarının öğrenim durumları üzerindeki etkileri nelerdir?” sorusu bu araştırmanın problemini oluşturmaktadır.

Bu problem durumu Didaktiğin Antropolojik Kuramı çerçevesinde araştırılmıştır. Temel yapı taşları “birey, kurum ve nesne” olan ve bu kavramların aralarındaki tanıma/bilme ilişkilerini etkin ve detaylı olarak irdelemeye imkân veren Didaktiğin

Antropolojik Kuramı (çalışmanın ilerleyen bölümlerinde detaylı olarak tanıtılacaktır, bkz. 1.8.1.) çerçevesinde aşağıdaki gibi yeniden yazılmıştır.

Enerji kavramı ile ilgili kurumsal tanımların öğrencilerin aynı kavrama ait bireysel tanımları üzerindeki etkileri nelerdir?

### **Araştırmanın Alt Problemleri**

1. Üniversite 1. sınıf Temel Fizik I kurumunun enerji ile ilgili kurumsal tanımlarının özellikleri nelerdir?
2. Temel Fizik I kurumunun etkisi altında Üniversite 1. sınıf öğrencilerinin geliştirdikleri bireysel tanımların özellikleri nelerdir?
3. Üniversite 1. sınıf Temel Fizik I kurumunun enerji ile ilgili kurumsal tanımının öğrencilerin bireysel tanımları üzerindeki etkileri nelerdir?

### **1.3. Araştırmanın Amacı**

Öğrencilerin algılama güçlüklerinin, yanılgılarının veya eksikliklerinin tek nedeninin öğrencinin kendisinden kaynaklanmayabileceği gerçeği göz önüne alınarak bu çalışmada, enerji kavramının öğretiminde Fizik I kurumunun enerji ile ilgili kurumsal tanımının özellikleri ve buna bağlı olarak gelişen öğrenci tanımlarının özelliklerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

### **1.4. Araştırmanın Önemi**

İnsanoğlu gelişen kültürel birikimi ve teknolojisi ile birlikte yaşam standartlarını son derece yükseltmiştir. Yaşamımızın her alanına giren değişik makineler, araçlar veya taşıtlar bunun göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsanlık adına bu değişim ve gelişim aynı zamanda bir takım gereksinimleri de (temelde mecburiyetleri) beraberinde getirmiştir. Hiç şüphesiz bu gereksinimler arasında dikkati çeken, enerjiye olan ihtiyaçtır. Enerji günümüz insanının yaşamına öylesine girmiştir ki, sadece elektrik enerjisinin tükendiğini düşünmek bile insanlık için sonu tarif edilemez bir durumdur.

Anlaşıldığı gibi çağımız, enerjiye olan ihtiyacın hiç olmadığı kadar çok olduğu ve bu ihtiyacın giderek arttığı bir çağdır. Toplumlar bu duruma bağlı olarak geleceklerini planlamalıdır. Kuşkusuz bu, yeni nesillerin enerji kaynakları, kullanımı veya tasarrufu konularında eksiksiz yetiştirilmelerini zorunlu kılmaktadır. Ancak günümüze kadar biriken enerji kavramı ile ilgili çevresel sorunlar, bu konuda yeterli eğitimin verilemediğinin göstergelerindedir.

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren dünyamız çok önemli enerji ve çevre sorunları ile karşılaşmaktadır. Bunun temelinde dünya nüfusunun artışına bağlı enerji ihtiyacının artması yatmakta ve sonucunda ise sera gazlarının atmosferdeki yoğunlaşmasına bağlı artış küresel ısınmaya neden olmaktadır (Kakaç, 2005). Anlaşıldığı üzere enerji yalnız bir toplumun gelişmesine bağlı ihtiyaçları ile ilgili değil, aynı zamanda tüm toplumların geleceği ile ilgili önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkeler, enerjinin önemi ile ilgili bilinçli bir şekilde hareket etmekte ve enerjiyi kavram olarak öğretim müfredatlarına taşımaktadırlar. Ancak yukarıda belirtildiği gibi (bkz. 1. 2.) bazı araştırmacılar tarafından günümüze kadar yapılan pek çok çalışmada öğrencilerin enerjinin algılanması ve tanımlaması üzerine eksikliklerinin olduğu bilinmektedir. Diğer taraftan pek çok öğretmeninde enerji konularını öğretmekte zorlandığı bilinmektedir (Kirwan, 1985).

İlgili literatürde bu problem durumlarının analizi ve çözüm yollarına dair pek çok çalışma olduğu görülmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmalar arasında Kemp (1984), Warren (1986), Solomon (1986), Brook ve Wells (1988), Trumper (1990), Viglietta (1990) ve Huis ve Berg (1993) gibi araştırmacıların enerjinin ne zaman ve/veya nasıl öğretilmesi gerektiğini tartıştıkları çalışmaları, Carr ve Kirkwood (1988), Kruger (1990), Gürdal ve ark. (1999), Köse ve ark. (2006), Trumper (1998) gibi bazı araştırmacıların öğretmen veya öğretmen adaylarının enerjiyi algılamaları ile ilgili çalışmaları ve Duit (1984), Goldring ve Osborne (1994), Domenech ve ark., (2001) gibi bazı araştırmacıların enerji kavramının öğretimi veya öğrenimini inceledikleri çalışmaları dikkat çekmektedir.

Ancak bu anlamda yapılan çalışmalar, fizik, kimya, biyoloji gibi disiplinlerin öğrencilerin algılamaları üzerindeki etkisini, bilgilerin hazırlanış ve okuldaki işleyiş boyutunu doğrudan ele almamaktadırlar. Buda göstermektedir ki bu bağlamda yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen durumlar ışığında, enerji kavramının öğretiminde kurumların enerji ile ilgili tanımlarının özellikleri ve buna bağlı olarak gelişen öğrenci

tanımlarının özelliklerinin incelenmesinin amaçlanması ve bu durumun ilgili literatürde yer alan çalışmalarda yeterince dikkate alınmamış olması çalışmanın önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Bununla beraber ilgili literatürde enerjinin öğretimi ve öğrenimi ile ilgili çalışmaların çoğunlukla ilk ve orta öğretim seviyesinde gerçekleştirilmesi, bu çalışmanın yüksek öğretim seviyesinde gerçekleştirilmesine temel oluşturmakla birlikte çalışmanın gerekçesini ve önemini farklı bir yönden ortaya koymaktadır.

### **1.5. Araştırmanın Sayıtları**

1. Araştırma örnekleminin çalışma evrenini temsil ettiği kabul edilmektedir.
2. Araştırmada veri toplama aracı olarak kullanılan başarı testinin öğrencilerin Temel Fizik 1 kurumu altında geliştirdikleri bireysel tanımların özelliklerini tespit edilebilir nitelikte olduğu kabul edilmektedir.
3. Araştırmada kullanılan başarı testinin bireysel tanımlarının belirlenmesi noktasında amaca uygunluğunun tespitinde, pilot uygulaması sonuçları ve uzman görüşleri yeterli olduğu kabul edilmektedir.
4. Dersi veren ilgili öğretim üyesinin dersi kaynak kitap doğrultusunda işlediği ve kaynak kitapta, enerji kavramını içeren ünitelerin analizinin öğretim ortamını yansıttığı kabul edilmektedir.

### **1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları**

1. Bu araştırma, 2006–2007 eğitim-öğretim yılı güz döneminde verilen Temel Fizik 1 dersini alan 36 öğrenci ile sınırlıdır.
2. Araştırma, Temel Fizik 1 dersi konuları arasında yer alan enerji kavramı ile sınırlıdır.

## 1.7. İlgili Literatür

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle enerjinin ne olduğu, kavramsal gelişimi, transferi ve dönüşümü gibi temel teorik bilgiler ve devamında eğitim alanında enerji ile ilgili yapılan çalışmalar sunulacaktır.

### 1.7.1. Enerji Kavramı

Çalışmada enerji kavramının irdeleniyor olması enerji ile ilgili kavramsal bir tanımlamanın yapılmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Böyle bir tanımlamanın bu çalışmada yapılan analizlerin bir bütün olarak algılanmasında ve yorumlanmasında katkı sağlayacağı açıktır. Bununla birlikte bugüne kadar ülkemizde enerji ile ilgili yapılan çalışmalarda enerjinin kavramsal doğasının sunulmamış olması, enerji ile ilgili kavramsal bir araştırmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

#### 1.7.1.1. Enerji Kavramının Tarihsel Gelişimi

Köken olarak enerji kelimesi, Yunancada gerçek, gerçek durum, uygulama anlamlarına sahip “ἐνεργεια (energeia)” kelimesinden gelmektedir. İş, çalışma anlamalarına gelen “εν (en)” ve “ἐργόν (ergon)” kelimelerinin birleşimi olan bu kelime, Yunan destanında “tanrısal eylem” veya “sihirli işlem” anlamlarına gelmekte iken Aristoteles tarafından “aktivite, işlem” veya “kuvvet, dinçlik”, Plinytorus Siculus tarafındansa “bir makinenin gücü” anlamlarında kullanılarak bugün kullandığımız enerji kelimesinin kökenleri oluşturulmuştur (Martinas, 2005; URL-1 ve URL-2, 2006). Akarsu (1975) felsefi terimler sözlüğünde, enerji kelimesinin Türkçe karşılığı olarak erke kelimesini vermekte ve Aristoteles’in bakış açısını “*bir olanağın gerçekleşmesi; gerçek duruma gelmesi*” şeklinde açıklamaktadır.

Günlük yaşamımızdaki “Daha sağlıklı beslenmeye başladığımdan beri kendimi daha enerji dolu hissediyorum, bu şiir (veya resim) çok tutku ve enerji dolu, tüm enerjimi bu tezi yazmaya harcıyorum, tatilden döndüğümde beri kendimi oldukça enerjik hissediyorum.” Gibi kullanımlar aslında Aristoteles’in bakış açısından kaynaklanmaktadır. Bu ise Aristoteles’in enerji kelimesine yüklediği anlamın, günümüzde kullanılan bilimsel anlamla



örtüşmediği sonucunu ortaya koymaktadır. Aslında Aristoteles'in enerji kavramı ile günümüz bilimsel anlamındaki enerji kavramları, aralarında sadece mecazi bağlar bulunan ancak birbirinden farklı kavramlardır (Martinas, 2005).

Enerjinin ilgili literatürde kavramsal olarak ilk kez 16. yüzyılın başlarında “ifade gücü veya kuvveti” anlamında kullanıldığı görülmektedir (Trumper, 1990; Millar, 2005; Martinas, 2005; URL-3). 1650'li yıllardan 1850'li yıllara kadar ise özellikle metafizikçiler tarafından enerji, güç egzersizi anlamında kullanılmıştır (Elkana, 1974). Magie'ye (1965; aktaran Warren, 1983) göre ise enerji açıkça formüle edilinceye kadar pek çok değişik tanımlamalarla kullanılmıştır. Enerji kelimesinin günümüz anlamıyla ifade edildiği çalışmaların 18. yüzyılın sonlarından itibaren yoğunluk kazandığı görülmektedir.

1780 ve 1850 yılları arasında enerji kelimesi bilim adamlarınca ısı ve mekanik iş arasında nicel bir eşitliğin ifadesi olarak düşünülmüştür (Elkana, 1974; Millar, 2005). Bu süreçte enerjinin kelime anlamı olarak kullanımındaki yanılsamalar, 1807'de, Vis Viva olarak adlandırılan sayısal niceliğe ( $mV^2$ ) Thomas Young tarafından enerji adı verilmesi ile netleşmiştir (Warren, 1983; Trumper, 1990; Crowell, 2006; URL-1 ve URL-2, 2006). Ancak Thomas Young'un enerji tanımı günümüzdeki anlamı ile aynı olmayıp sadece Vis Viva olarak bilinen ifadeye yeni bir isim olarak karşımıza çıkmaktadır. Kavramın günümüz anlamındaki eksikliği mekanik ve matematik mühendisliği alanlarında çalışan Gustave-Gaspard Coriolis'in 1829'da 'iş' ve “kinetik enerjisi” modern anlamda tanımlamasıyla tamamlanmıştır (Martinas, 2005; URL-2, 2006). Bu çalışmalara 1853'te William Rankine “potansiyel enerji” terimini ekleyerek katkıda bulunmuştur (URL-2, 2006).

18. yüzyılın sonlarından itibaren buhar makinesi ve diğer teknik aletlerin gelişimini sağlayan mühendis ve bilim adamları, kendi sistemlerinin mekaniksel ve ısıl yararlarını tanımlarken enerji kavramının ve formülünün gelişmesine katkıda bulunmuşlardır (Robert, 2003; URL-2, 2006). Özellikle Sadi Carnot, James Prescott Joule, Hermann Von Helmholtz, Julius Robert Von Mayer gibi bilim adamları, “enerji, iş yapabilme yeteneğidir” tanımlamasının yapılmasında önemli katkılarda bulunmuşlardır (URL-2, 2006). Bu tanımlama günümüzde de pek çok ders kitabında halen kullanılmaktadır.

Isı makinesinin çalışma ilkeleri üzerinde çalışan Carnot, buhar makinesinin kuramsal verimini hesaplarken ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşme koşullarını incelemiş ve termodinamiğin ikinci kanununu bularak enerji kavramının kavramsal algılanmasına önemli bir katkı sağlamıştır (Lufburrow, 1974).

19. yüzyılın başlarında bilim insanları artık enerjinin, kinetik ve potansiyel enerji formlarında bulunduğunu ve bunların birbirlerine dönüşebildiğini fark etmişlerdi. Bu süreç enerji, mekanik, elektrik ve sıcaklık kavramları arasındaki ilişkiler üzerine çalışan Helmholtz, Mayer ve Joule'ün, bugün termodinamiğin I. yasası olarak bildiğimiz enerjinin korunumu yasasını formüle etmesi ile devam etmiştir.

### 1.7.1.2. Enerji Nedir?

Evrenin oluşumunun başlangıcı olarak bilinen büyük bir patlama (Big Bang) ile ortaya çıkan enerjinin başlangıçta son derece yüksek bir sıcaklığa sahip olan evrenin genişlemesi ve soğuması ile bir kısmı maddeye dönüşmüştür (URL-4, 2006). Enerjinin insanlar tarafından ilk elde edilmesi, kullanılması ve kontrol edilmesi ise yaklaşık dört yüz bin yıl önce ateş yakmasını öğrenmesi ile başlamıştır (Dumanoğlu, 1997). Fiziksel olmayan enerjinin fiziksel enerjiye değişimi olan bu keşif, insanlar için başlarda yemek pişirmek ve ısınmak amaçlı olarak kullanılmış iken, sonraları insan gücü yerine işin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır (Logan, 1983). Bu kullanımın etkileri ise teknolojinin gelişimi ile daha da artmıştır.

Kavramsal olarak ilgili literatüre göre ilk defa 1599 yılından itibaren kullanılmaya başlanan enerji kelimesi günümüzde daha geniş durumları açıklamak için kullanılmaktadır. Crowell (2006) enerjinin bu denli geniş kullanımını "*Bazı fikirleri ifade etmek için ortaya çıkan enerji kavramının sonradan nükleer reaksiyonlar örneğinde olduğu gibi farklı durumları açıklamak için genelleştirilmiştir.*" Şeklinde ifade etmektedir. Bu genellemeler, enerjinin tüm bilim dallarında özellikle pek çok doğa olayının açıklanmasında önemli bir değer kazanmasını sağlamıştır. Bunun sonucu olarak ise enerji kavramının günümüzde, farklı disiplinlerde, hatta aynı disiplin içinde farklı sınıflamalarla, değişik anlamlar veya kullanımlar kazandığı görülmektedir. Örneğin günümüzde enerji; nükleer enerji, bağlanma enerjisi, kimyasal enerji, ısı enerjisi, güneş enerjisi, elektrik enerjisi, öteleme enerjisi, dönme enerjisi, titreşim enerjisi, rüzgâr enerjisi, mekanik enerji vb. formlarda farklı tanım veya kullanımlarla düşünülmektedir. Hatta enerjinin günlük konuşma dilinde de farklı kullanımlara sahip olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Bu durum Martinas'a (2005) göre enerjinin herkes tarafından değişik olarak, büyük çoğunlukla doğru olarak, anlaşılmaya müsait serbest bir kavram olmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde Sefton (2004) enerjiyi kaygan bir kavram olarak tanımlamaktadır. Ona göre tek, somut veya evrensel bir

enerji kavramı ve beraberinde basit bir tanımı yoktur. Sefton (2004) bunu “*Kaldı ki sabit bir enerji kavramı olsaydı fizik tarihi bu düşünce değişimini gösterirdi.*” Şeklinde ifade ederek düşüncesini doğrulamaktadır.

Bazı araştırmacılar tarafından ise enerji, bir çeşit materyalimsi bir madde olarak algılanmış (Schmid, 1982; Duit, 1984), ancak bu tanımlamanın enerjinin günlük yaşamdaki kullanımına uymasına karşın bilimsel tanımlamayı tam olarak yansıtmaması nedeniyle öğrencilerin algılamalarına bir engel teşkil ettiği belirtilmiştir (Duit, 1987; Domenech ve ark., 2007). Bu materyalist bakış açısının aksine Warren (1986) enerjinin fizikçiler tarafından ‘iş’ kavramından elde edilen bir nicelik olması ve ‘iş’inde kuvvet kavramına bağlı bir nicelik olması sebebiyle, enerji öğretiminin iş ve kuvvet kavramları ile başlaması gerektiğini belirtmektedir. Diğer bir söyleyle Warren (1986), iş ve beraberinde kuvvet kavramlarına dayanan bir enerji tanımlaması üzerinde durmaktadır. Fakat Sexl (1981) ve Kemp (1984) bir sisteme ait iç enerjinin tamamen işe transfer olamayacağı için bu tanımlamanın termodinamikte geçerli olamayacağını; Duit (1986) bu tanımlamanın kimyasal reaksiyonlar örneğinde olduğu gibi mekanik olmayan ortamlarda geçerli olamayacağını belirtmektedirler. Farklı bir bakış açısı ile Hicks (1983), enerji ‘iş yapabilme kapasitesidir’ tanımlamasının yetersiz olmasına karşın kısa ve kolay hatırlanabilir olması ve bunun diğer öğrenmeleri kısıtlaması nedeniyle öğrencilere ilk olarak verilecek tanımlamalar arasında yer almaması gerektiğini belirtmektedir. Lehrman (1973) enerji ile ilgili yapılacak bir tanımlamanın termodinamiğin I. ve II. yasaları çerçevesinde yapılması gerektiğini belirtirken, Trumper (1990) enerjinin başlıca özelliğinin farklı formları arasında korunması olması sebebiyle buna dayalı bir tanımlama yapılması gerektiğini belirtmektedir.

Enerjinin tanımlanması ile ilgili yukarıda verilen yaklaşımların hepsinin bir takım dezavantajlarının olması sebebiyle, bazı araştırmacılar tarafından enerji operasyonel bir yolla tanımlanmaktadır (Domenech ve ark., 2007). Örneğin, yüzyılımız önemli fizikçilerinden Richard Feynman (1965 aktaran Beynon, 1994) enerji ile ilgili olarak “*enerjinin ne olduğu ile ilgili bilgimiz yoktur*” şeklinde açıklama yaparak, aslında enerjiyi algılanabilir olarak düşünmemekte, bunun yerine hesaplanabilen bir nicelik olarak düşünmektedir. Bu durumu ise enerjinin korunumu ile ilgili şu açıklamayı yaparak belirtmektedir: “*Doğal olaylarla ilgili bir gerçek, kanun vardır. Bu kanunun bizim tarafımızdan bilinen bir alternatifi yoktur. Bu kanun enerji korunumudur. Bu soyut bir düşüncedir. Çünkü bir şeyler gerçekleştiğinde değişmeyen sayısal bir niceliği olan*

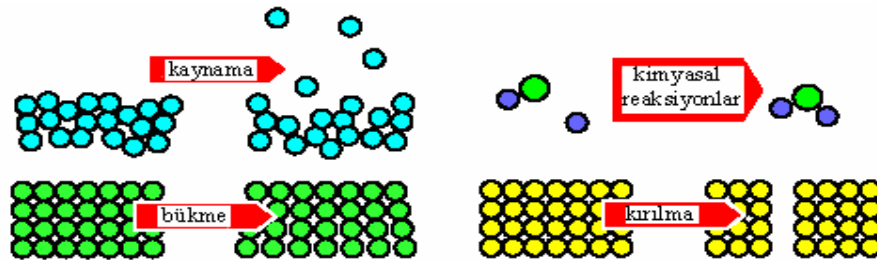
*matematiksel bir prensiptir. Herhangi somut veya mekaniksel bir tanımlama değildir. Sadece bazı sayılarla hesaplayabildiğimiz ve doğadaki değişimleri gözlemlememiz sonunda yapılan tekrar hesaplamalarında da değişmeyen gizemli bir gerçekliktir*” (Beynon,1990; Sefton, 2004; URL–2, 2006). Beynon (1994), Feynman’ın ifade ettiği bu durumların aslında enerji olarak isimlendirilen niceliğin miktarını belirlemek ile ilgili olduğunu belirtmektedir.

Görüldüğü gibi gerçekte enerjinin ne olduğu ile ilgili kesin bir tanımlama halen yapılamamıştır. Bunun yerine, enerjinin kullanıldığı kurum içinde tanımlanması benimsenen yöntemlerden biridir. Örneğin enerji kimyada, ‘kimyasal bileşenlerin bağlarında depolanır ve maddelerdeki moleküllerin düzenlenmesine bağlı ortaya çıkar’ şeklinde, fizikte ‘iş yapabilme kapasitesi’ olarak, jeolojide, ‘sıra dağların, volkanların, depremlerin ve kıtasal sürüklenme gibi doğal olayların nedeni’ vb. olarak algılanmaktadır.

### 1.7.1.3. Enerji Formları

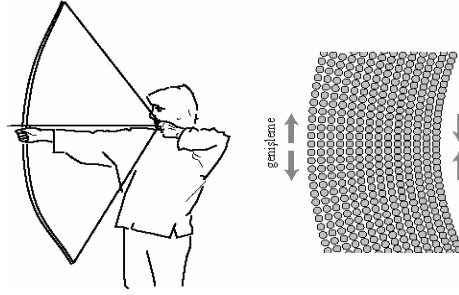
Enerjinin; ışık, ısı, ses, kimyasal, mekanik, elektrik, atomik enerji gibi farklı formları bulunmaktadır. Enerjinin çeşitli formlarının olmasına karşın, bu formların tamamı temelde kinetik ve potansiyel olmak üzere iki kategoriye dâhildirler. Diğer bir söyleyle tüm enerji çeşitleri gerçekte potansiyel veya kinetiktir (Crowell, 2006a; Crowell, 2006b; URL–5, URL–6, URL–7 ve URL–8, 2006).

Değişik sistemlerin kendine has yöntemlerle saklayabildikleri enerji türleri doğada mevcuttur ve bunlar genel olarak potansiyel enerji başlığı altında incelenir (Şahan ve ark., 1999). Potansiyel enerji, depo edilen ve durum enerjisi olarak tanımlanan bir enerjidir. Crowell’a (2006a) göre günlük hayatta karşılaştığımız tüm depolanmış enerji formları Şekil 1’de verilen örnek durumlarda görüldüğü gibi aslında atomik boyutta potansiyel enerjinin bir formudur.



Şekil 1. Atomik boyutta potansiyel enerji dönüşüm durumlarına örnekler (Crowell, 2006a).

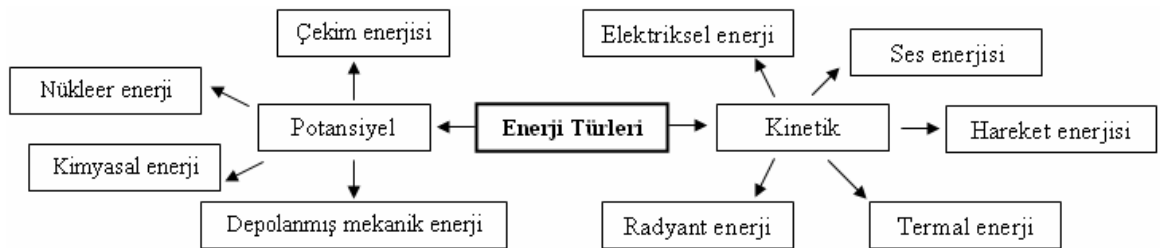
Örneğin; kaynama atomların çarpışması anlamındadır. Çarpışmalar öncesinde, herhangi iki atom arasında maddeyi katı veya sıvı olma durumlarına sevk eden net bir çekici kuvvet vardır. Bu kuvvet ancak yeterince potansiyel enerji uygulanınca aşılabılır. Potansiyel enerji ise suya ısıtma yolu ile aktarılan güçle oluşturulur. Çünkü ısıtma yolu ile aktarılan güç kinetik enerjiden ziyade öncelikle potansiyel enerjiye dönüşür. Atomlar arasındaki kuvvetlerin elektriksel ve manyetik kuvvetler olması sebebiyle gerçekte elektriksel ve manyetik potansiyel enerjiden söz edilmektedir. Crowell (2006b) atomik boyutta elektriksel potansiyel enerjiyi Şekil 2’de görülen gerilmiş yay örneğiyle açıklamaktadır.



Şekil 2. Atomik boyutta elektriksel enerji örneği (Crowell, 2006b).

Bir atomun başka bir atomla olan mesafesine bağlı az veya çok elektriksel enerjisi vardır. Yayıdaki bu enerjide sıkışma ve gerilme ile etkileşen atomların elektriksel enerjisidir. Bu enerji diğer enerji formlarına dönüşebilir. Örneğin yayın serbest bırakılması ile okun kinetik enerji kazandığı gözlenebilir.

Sonuç olarak kinetik, çekim potansiyel, elektriksel ve manyetik potansiyel ve nükleer potansiyel enerji olmak üzere, 4 temel enerji tipinin varlığından söz edilebilir. Daha özele inildiğinde ise enerji tipleri Şekil 3’te görüldüğü gibi kinetik ve potansiyel olmak üzere iki kategoride incelenebilir (Crowell, 2006a; Crowell, 2006b; URL-5, URL-6, URL-7 ve URL-8, 2006).



Şekil 3. Enerji türlerinin kategorize edilmesi

**Potansiyel Enerjinin** Şekil 3’te adı geçen değişik formları kimyasal enerji, nükleer enerji, depolanmış mekanik enerji ve çekim enerjisidir. İlgili literatürden hareketle bu enerji formları aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

*Kimyasal enerji*, atomların bağlarında depo edilen enerjidir. Petrol doğal gaz, kömür depolanmış kimyasal enerji örnekleridir.

*Nükleer enerji*, bir atomun çekirdeğinde depolanan enerjidir. Bu enerji bir çekirdeğin bölünmesi veya birleşmesi ile açığa çıkmaktadır. Bir uranyum atomunun çekirdeği nükleer enerjiye örnek olarak verilebilir.

*Depolanmış mekanik enerji*, elastik potansiyel enerjisi olarak da bilinen depolanmış mekanik enerji, bir kuvvet uygulanması sonucunda cisimde depolanan enerjidir. Sıkıştırılmış bir yay, gerginleştirilen bir lastik depolanmış mekanik enerjiye örnektir.

*Çekim potansiyel enerjisi*, iki cisim arasındaki mesafeye veya yakınlığa bağlı etkileşim enerjisidir. Yer veya konum enerjisi olarak da tanımlanmaktadır. Bir barajda biriktirilen su, bir tepenin başında duran kaya çekim potansiyel enerjisine örnektir.

**Kinetik Enerji** terimi ise 18. yy. sonlarından itibaren “canlı kuvvet” deyimini yerine kullanılmaya başlanmıştır (Şahan ve ark., 1999). Kinetik enerji cisimlerin, elektronların, dalganın, atomun ve moleküllerin hareketinden kaynaklanan enerjidir. Kinetik enerjinin Şekil 3’de görüldüğü gibi radyant, termal, hareket, ses ve elektriksel enerji türleri vardır ve bunların ilgili literatürden hareketle açıklamaları aşağıdaki gibidir.

*Radyant enerji*, enlemesine dalgalarda hareket eden elektromagnetik enerjidir. Işık radyant enerjinin bir tipi, güneş enerjisi ise radyant enerjiye örnektir.

*Termal enerji (veya ısı)*, maddenin içinde molekül ve atomların sahip olduğu iç enerjidir. Maddenin içindeki atom ve moleküllerin titreşim ve hareketi söz konusu olması sebebiyle kinetik enerjinin bir formudur.

*Hareket enerjisi*, cisim veya maddeciğin bir noktadan başka bir noktaya olan hareketinin enerjisidir. Rüzgâr hareket enerjisinin bir örneğidir.

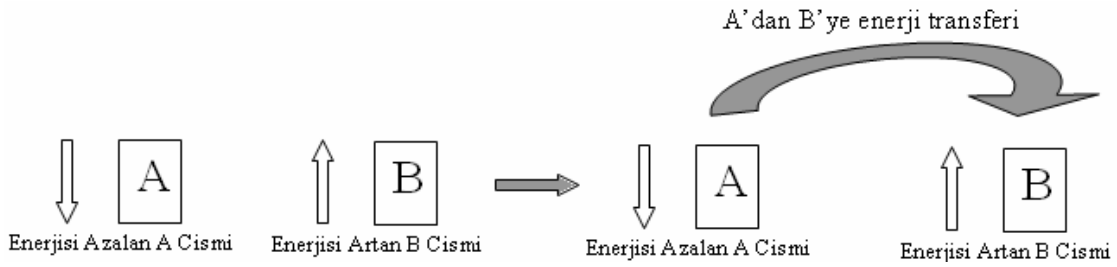
*Ses*, uzunlamasına bir dalga boyunca maddecikler arasında enerjinin hareketidir. Cisim veya maddelere bir kuvvet etki ettiğinde titreşerek ses üretirlerken, enerji maddecikler arasında transfer olur.

*Elektriksel enerji*, elektriksel yüklerin hareketidir. Her şey atomlardan ve atomlarda elektron, proton ve nötronlardan oluşur. Uygulanan bir kuvvetle elektronlar hareket ettirilebilir. Elektrik yüklerinin bir tel boyunca hareketine elektrik denir. Şimşek elektrik enerjisine bir örnek olarak verilebilir.

#### 1.7.1.4. Enerji Transferi ve Dönüşümü

Enerji, Güneş enerjisinin uzay boyunca yolculuk ederek Dünya'ya gelmesinde olduğu gibi, bir noktadan bir başka noktaya doğru transfer olur. Pek çok ders kitabında da yer alan enerji ile ilgili bu şekildeki bir tanımlama Warren (1982) tarafından, enerjinin görünmez, soyut bir maddecik gibi algılanmasına sebep olduğu düşünülürken, Duit'e (1987) göre ise soyut ve zor olan bir düşüncenin anlatılmasında kullanılmaya uygun bir yöntemdir. Millar (2005) ise enerjinin bir yerden bir başka yere nasıl transfer olduğunu veya akan bir cisim gibi düşünmenin, enerji gibi soyut bir kavramı sayısal değerlerle kodlanmış olarak düşünmekten daha kolay olduğunu söylemektedir.

Millar (2005) bu durumu belirli bir süreç için birbirleriyle etkileşimde olan A ve B gibi iki obje ile açıklamaktadır. Aşağıdaki şekilde verildiği gibi, A objesinin enerjisindeki azalış ile aynı anda B objesinin enerjisinde artış meydana gelir ki, bu A objesinden B objesine bir şeylerin transfer olduğunu gösterir. Bu enerji transferidir.



Şekil 4. Enerji transferi

Millar yukarıda görüldüğü gibi, enerjinin bir yerden bir başka yere akan soyut bir maddecik gibi düşünüldüğü bir model oluşturmaktadır. Ona göre bu modelin bilimsel bir gerçekliği olmamasına karşın, zihinde oluşturulacak bir canlandırma için yararlı olacaktır.

Domenech ve ark. (2007), bir sistemden diğer bir sisteme olan enerji transferini, diğer bir söyleyle başka bir sistemle etkileşim içinde bulunan bir sisteme ait enerji değişimini ( $\Delta E$ ), makroskobik aşamada işle ( $W$ ) ve mikroskobik aşamada ısı ( $Q$ ) ile gerçekleştiğini söylemektedirler. İş sisteme dışardan bir kuvvetin etkimesi ile gerçekleşirken, mikroskobik aşamadaki iş ise sistemin farklı sıcaklık değerindeki başka sistemlerle teması halinde gerçekleşecektir. Sonuç olarak bir sistemdeki enerji değişimi,  $\Delta E$ ,  $W+Q$  şeklinde ifade edilebilecektir.

Bir sistemdeki ısı değişimi veya iş yapma yolu ile olan değişiklik, enerji transferi ile sonuçlanabileceği gibi bir enerji türünden başka bir enerji türüne dönüşüm ile de sonuçlanabilir.

Warren (1976) enerji dönüşümünü “X’in Y’ye dönüşümünde önce X vardır; Y yoktur. Sonuçta ise X vardır; Y yoktur.” modellemesini kullanarak enerji dönüşümünü açıklamaktadır. Enerji dönüşümü, enerjinin bir formundan başka bir formuna (örneğin çekim potansiyel enerjisinden kinetik enerjiye) geçmesi veya enerjinin bir sistemden bir başka sisteme transferi demektir. Bir pildeki kimyasal enerjinin elektriksel enerjiye, barajdan aşağıya doğru akan bir suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşmesi açıklayıcı birer örnektir.

#### 1.7.1.5. Enerjinin Korunumu

Pek çok doğa olayını açıklamakta temel bir yeri olan enerji kavramının anlamlılığı Elkana’ya (1974) göre, enerji korunumu yasasının ortaya çıkarılmasından sonra önem kazanmıştır. Enerji korunumu kanunu gerçekte Thales ve Galileo gibi materyalistler tarafından felsefik bir formül ile maddenin değişmezliği olarak kabul edilmiştir (URL–1, 2006).

Thales her şeyin temelinde olan ve korunan su gibi bir maddeciğin varlığına inanmış, Galileo ise sarkacın hareketini içeren analizinde, potansiyel enerjinin kinetik enerjiye ve kinetik enerjinin tekrar potansiyel enerjiye dönüşebildiğini belirtmesine karşın, modern anlamda bir tanımlama yapmamıştır (URL–2, 2006). Enerji korunumunun bugünkü anlamdaki tanımlanması James Prescott Joule’ün (1840–1843) ısının mekaniksel değerini tanımlamasının ardından Julius Robert Mayer tarafından 1842’de tanımlanmıştır. William John Macquorn Rankine ise 1855’te enerjinin değişebilirliği ve korunumu hakkında iki aksiyom olduğu açıklamaktadır (Elkana, 1974). Elkana’ya göre (1974) Rankine, 1. aksiyomunu Joule’ün çalışmalarından hareketle formülize etmiştir. Buna göre:

- *Tüm enerji türleri homojendir.*
- *Herhangi bir enerji türü herhangi bir işi yapabilme kapasitesi anlamında kullanılabilir.*
- *Enerji transfer edilebilir ve dönüştürülebilirdir.*

Rankine, 2. aksiyomunda:



▪ *Bir maddenin toplam enerjisinin, kendisine ait parçacıklarının karşılıklı hareketleri ile değiştirilemez*

olduğunu belirtmektedir. Rankine 2. aksiyomun devamında, aslında tüm işlerin enerji transferi ve dönüşümü çerçevesinde gerçekleştiğini belirtmektedir (Elkana, 1974). Bu ise her iki aksiyomun temelde bir olduğunu göstergesidir. Bu durum mekanik enerjinin bir iç enerji olarak depolanmasının irdelenmesi ile daha iyi algılanabilir. Pürüzlü bir yüzey üzerinde hareket eden bir cisimde kaybolan mekanik enerji cisimde geçici bir iç enerjiye dönüşecektir. Bu iç enerji, atomların denge konumları etrafındaki titreşime bağlı olan iç atomik hareketle ilişkilidir. Bu ise kinetik ve potansiyel enerjiler ile ilgilidir. Özetle mekanik enerji, kayıp iç enerjideki artış ile dengelenerek, enerji korunmaktadır. Görüldüğü gibi, atomik boyuttaki karşılıklı kinetik ve potansiyel enerji dönüşümü Rankine'nin 2. aksiyomu ile mekanik enerjinin iç enerjiye dönüşümü 1. aksiyom ile örtüşerek bu iki aksiyomun temelde bir olduğunu doğrulamaktadır.

Rankine'nin çalışmaları ile aynı yıllarda Hermann von Helmholtz enerji korunumu konusuna, Newton'un hareket kanunlarından yola çıkıp, matematiksel açıdan yaklaşarak mekanik, ısı, ışık, elektrik ve manyetizma arasında bir ilişki olduğunu belirtmiştir (URL-1 ve URL-2, 2006).

Sonuç olarak günümüzde pek çok fiziksel teori için ortak bir özellik olan enerji korunumu kanunu, kapalı sistemlerde, enerjinin bir formdan başka bir forma dönüşebileceğini ancak sistemin toplam enerjisinin daima sabit kalacağı anlamını taşımaktadır. Örneğin, kapalı bir sistemde, potansiyel enerjinin kinetik enerjiye veya kinetik enerjinin potansiyel enerjiye dönüşümünde, her birindeki artış diğerindeki azalmaya eşit olacaktır. Bu, kapalı sistemlerde enerji değişiminin sifıra eşit olacağı anlamına gelmektedir. Bu durum, kinetik enerjiyi K, potansiyel enerjiyi P ile sembolize ettiğimizde aşağıda verildiği gibi açıklanabilir.

$$\Delta E = \Delta K + \Delta P = 0$$

$$\Delta K = -\Delta P \quad (\text{diğer bir gösterimle})$$

$$K_2 - K_1 = P_1 - P_2$$

$$P_1 + K_1 = P_2 + K_2$$

Bu yasa, yalıtılmış herhangi bir sistemde enerjinin tüm formlarının dikkate alınması koşulu ile enerjinin vardan yok edilemeyeceği, yoktan ise var edilemeyeceği anlamını taşır. Bu

duruma evrensel bir bakış açısı ile bakıldığında ise evrenin toplam enerjisinin daima sabit kaldığı ortaya çıkar. Dolayısıyla, enerji korunumu yasası evrenin herhangi bir noktasındaki enerji azalmasının başka bir noktasında enerji artışı ile dengeleneceği anlamını da taşımaktadır.

### **1.7.2. Enerji Kavramı ile İlgili Eğitim Alanında Yapılan Çalışmalar**

Kavram olarak enerjinin fen bilimlerinin tüm alanlarına yayılmış olması, günümüze kadar enerji eğitimiyle ilgili pek çok araştırmanın yapılmasına neden olmuştur. Enerji kavramı ile ilgili öğrenci algılamalarını araştıran bu çalışmaların 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle bu sürecin 1980'li yıllarında yapılan çalışmalarda, çoğunlukla enerji ile ilgili ne öğretilmesi gerektiğinin ve ne zaman öğretilmesi gerektiğinin tartışıldığı ve bunların sonucu olarak sınıflarda enerji öğretimi ile ilgili öneriler getirildiği görülmektedir (Mann, 2003). Çalışmanın bu bölümünde, ilgili literatürdeki çalışmalarda enerji kavramı ile ilgili öğrenci algılamalarını araştıran ve enerjinin nerede, ne zaman, nasıl öğretilmesi gerektiği gibi konuları temel alan çalışmalar sunulacaktır.

Enerji ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalardaki tartışmalara Viennot (1979), formal öğretimin her zaman öğrencilerin enerji ile ilgili düşüncelerini değiştirmede başarılı olmadığını belirterek taraf olmuştur. Warren (1983) ise enerji ve ilişkili olduğu kavramların öğretim ve öğrenimlerini irdelediği çalışmasında, fizik eğitiminde köklü reformların gerektiğini belirtmektedir. Ona göre değişim için ilk adım, yeni müfredatlar geliştirmeyi bırakıp temel düşünceleri gözden geçirmek ve niçin bu kadar kötü bir eğitim verdiğimizizi araştırmaktır. Bunun için Warren, öğretmenlerin çalışmalarının, ders kitaplarının içeriklerinin ve diğer bilgi kaynaklarının dikkatlice gözden geçirilmesi gerektiğini söylemektedir. Watts ise (1983) enerji öğretimi ile ilgili tartışmaların yeni olmadığını, asıl yapılması gerekenin öğrencilerin bilimsel bir bakış açısı çerçevesinde kavramsal gelişimleri için fen eğitiminin içerik ve pratiklerinin gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Bu amaçla yapılan çalışmalar arasında Solomon (1986), Brook ve Wells (1988), Viglietta (1990) ve Warren (1986) gibi araştırmacıların enerjinin ne zaman ve nasıl öğretilmesi ile ilgili çalışmaları dikkat çekmektedir. Bu çalışmalar aşağıda sırasıyla özetlenmektedir.

Solomon (1986) çalışmasında, bilim insanlarının gözlem ve teori arasındaki karmaşık bağlantıyı çözmek için çaba sarf ederken, bilgi ve deneyim arasındaki organik bağ ve bunların etkileşimi olarak dikkat çeken iki nokta üzerinde durduklarını belirtmektedir. Bu anlamdaki tartışmaların neticesi olarak ise enerji ortamları ile ilgili deneyimlerin enerji öğretiminden önce gelmesi gerektiği önerilmektedir. Bu nedenle Solomon'a göre soyut enerji kavramının öğretiminden önce, öğrencilerin makineler veya enerjiyi içeren sistemler hakkında ön bilgiye sahip olması gerekmektedir. Öğrencilerin hangi yaş seviyesinde bu donanıma sahip olduklarını belirlemek amacıyla Solomon, iki farklı okuldan seçilen öğrencilerle çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda öğrencilerin 13–14 yaşlarda (ilköğretimin 7–8. sınıflarında) enerji ile ilgili ön bilgilerinin olduğunu tespit etmiş ve soyut enerji kavramının öğretimine bu yaşlardan sonra, orta öğretim seviyesinde, başlanması gerektiğini önermiştir.

Benzer bir açıklama Brook ve Wells (1988) tarafından yapılmaktadır. Brook ve Wells çalışmalarında, öğrencilerin enerji kavramı ve enerji korunumu ile ilgili anlama problemlerinin pek çok araştırmacı tarafından detaylıca çalışıldığını belirtmektedir. Araştırmacılar, bu araştırmaların sonuçlarına göre öğrenciler enerjiyi, yaşayan canlı ve hareket eden objeler tarafından hareket esnasında kullanılan maddeye benzer bir yakıt olarak zihinlerinde canlandırdıkları söylemektedir. Onlara göre bu durum ile bilimsel tanımlama arasında farklılıklar mevcuttur. Bu nedenle Brook ve Wells fen öğretiminde enerji kelimesinin temel seviyede kaldırılması gerektiğini belirtmektedirler.

Bunun yanı sıra Viglietta (1990) enerjinin etkin kullanımı ile ilgili bir çalışmanın, okullardaki öğretimi de içine alan önemli bir sosyal sorun olduğunu, ancak bu kullanımın okullardaki öğretimde hak ettiği değeri bulmadığını belirtmektedir. Viglietta'ya göre böylesi önemli bir meselenin, ilköğretimin ikinci kademesindeki fen konularında tanımlanması gerekmektedir. Araştırmacı çalışmasında, enerjinin etkin kullanımıyla ilgili bu durumun aynı zamanda kavram olarak enerjiye bakış açısını da değiştireceğini ve açıklayıcı tam bir değerlendirme için yeni çalışmaların yapılmasının zorunlu olduğunu belirtmektedir.

Warren'a (1986) göre ise bir kişinin, fizikçilerin nicel çalışmasından gelen ve soyut bir kavram olan enerjiyi öğrenmesi iş kavramını anlaması ile başlar. Bu bakış açısına göre, enerjinin iş ve işe bağlı olan kuvvet ve mesafe kavramları ile olan ilişkisi, üçgen ile açının sinüs ve kosinüs kavramlarıyla arasındaki ilişkiye benzemektedir. Üçgen ve açı

kavramlarını öğrenmeden sinüs ve kosinüsün öğrenilemeyeceği gibi iş ve işin ilişkili olduğu kavramlar öğrenilmeden enerji öğrenilemez.

Özetle, araştırmacılar soyut bir nicelik olarak enerji kavramının öğretimine 13–14 yaşlarından sonra iş ve iş ile ilişkili kavramların öğretilmesiyle başlanması gerektiğini belirtmektedirler.

Ancak enerjinin şaşırtıcı ve zor bir kavram olması kelime olarak enerjinin öğrencilerin kafasında, yakıt, ısı, korunum, enerji krizi, güneş enerjisi,  $E=mc^2$  gibi değişik çağrıştırmalı kodlamalardan hareketle oluşmasına neden olmaktadır. Bu ise öğrencilerin enerjiyi algılamaları üzerine pek çok çalışma yapılması ile sonuçlanmaktadır. Bu anlamda yapılan çalışmaların sonuçları da göstermiştir ki, öğrenciler bu çağrıştırmalı kavramlarla enerjiyi eşdeğer düşünmektedir ve hatta öğretmenler ve ders kitabı yazarları da enerji ile ilgili tutarlı bir bakış açısına sahip değildirler (Huis ve Berg, 1993). Bu bakış açısından hareketle Huis ve Berg (1993), enerji kavramının öğretiminde Warren'ın yaklaşımından daha farklı olarak bir sistem yaklaşımı modelini önermektedirler. Bu yaklaşım, sınırları ile beraber bir sistem belirlemek ve termodinamiğin I. yasasını bu sisteme uygulamak üzerine kurulmuştur. Burada sisteme giren enerji ile çıkan enerjinin farkları, sistemin toplam iç enerji değişimine eşit olacaktır. Huis ve Berg'e göre böylesi bir sistemin şema halinde modellenmesi öğrencilerin algılamalarını olumlu olarak etkileyecektir. Araştırmacılar, öğrencilere sundukları çalışma yaprakları, ev ödevleri, testler ve öğrencilerle yapılan mülakatlardan elde ettikleri bulgulardan hareketle, bu yaklaşımın pek çok alanda uygulanabileceği sonucuna varmıştır.

Enerji kavramının öğretimindeki yaklaşım tartışmalarına Kemp (1984), 'ısı veya iş olmadan enerji kavramı' adlı çalışması ile katılmaktadır. Kemp, enerji öğretimine iş kavramının öğretimi ile başlanmasını benimseyenler ile termodinamiğin I. yasası çerçevesinde sunumları benimseyenlerin aksine bir yaklaşımın daha doğru olacağını belirtmektedir. Kemp, ilgili literatürde enerji ile ilgili yapılan ortak genel tanımlamanın "enerji, iş yapabilme kapasitesidir" şeklinde olduğunu, ancak bu tanımlamanın yüksek sıcaklığa sahip bir maddeciğin soğutulması ile ilgili bir işte, yapılabilecek maksimum işin termodinamiğin II. yasası gereğince sınırlandırılacağını söylemektedir. Ona göre bu sınırlandırma, enerjinin bu tanımlamasının eksiklikleri olduğunu göstermektedir. Buradan hareketle Kemp, iş ve ısı gibi kavramlarla enerji öğretiminin bir takım güçlükleri de beraberinde getirdiğini göstermekte ve bu iki kavram olmadan enerji öğretiminin gerçekleştirilmesi üzerinde durmaktadır. Bunu ise mantıksal bir sıralama (kinetik enerji,

potansiyel enerji, iç enerji ve toplam enerji tanımlamaları) üzerine oturarak gerçekleştirmektedir. Kemp, çalışmasında son olarak bu tanımlamaların devamında termodinamiğin I. yasasının verilerek enerji öğretiminin pekiştirilmesi gerektiğini açıklamaktadır.

Solomon ise (1985) öğrencilerin enerji hakkındaki ön bilgilerinin öğretimde başlangıç ölçütü olarak ele alınması gerektiğini savunmaktadır. Benzer yaklaşımla Trumper (1990) enerji öğretiminde öğrencilerin ön bilgilerinden hareketle bir öğretim yolu belirlenebileceğini söylemektedir. Bunun için Trumper, öğrencilerin ön bilgileri ile verilen yeni bilgileri mantıklı bir çerçevede sentezleyebilecekleri yapılandırmacı yaklaşımı önermektedir. Trumper, 35 öğrenci ile yapılandırmacı yaklaşım kullanarak gerçekleştirdiği özel durum çalışmasından elde ettiği verilerle önerisini desteklemektedir. Bu araştırmaya göre öğrenciler başlangıçta enerji ile ilgili alternatif düşüncelere sahipken, 4 ay süren bir çalışmanın sonunda % 80'inin enerji kavramı ile ilgili bilimsel açıklamalar yaptıklarını gözlemlemiştir. Aydın ve Balım (2005) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada da yapılandırmacı yaklaşımın enerji öğretimi üzerindeki olumlu etkileri ortaya koyulmuştur.

Enerjinin anlaşılması zor bir kavram olması nedeniyle bazı araştırmacılar tarafından bireylerin enerji ile algılamalarının irdelenmesi enerji ile ilgili çalışmalara farklı bir bakış açısı getirilmiştir. Bu çalışmalardan biri Watts (1983) tarafından gerçekleştirilmiştir. Watts, fen öğretmenlerinin ve öğrencilerin enerji kavramına olan bakış açılarından hareketle, enerji ile ilgili karmaşık durumları tanımlama ve analiz etmede faydalı olacağını belirttiği bir sınıflama yapmıştır. Bu sınıflamaya göre enerji öğretiminde faydalanılabilecek 7 farklı bakış açısı (enerji insan merkezlidir, enerji depo edilebilirdir, enerji oluşumdaki bileşenlerden biridir, enerji açık bir aktivitedir, enerji bir sonuçtur, enerji işlevseldir, enerji akışkandır) bulunmaktadır.

Watts'ın (1983) bu çalışması, sonraki yıllarda enerji öğretimi ile ilgili çalışma yapan pek çok araştırmacıya kaynak olmuştur. Bu araştırmacılardan biri olan Beynon (1990), enerji ile ilgili bazı söylencelerden yola çıkarak gerçekleştirdiği çalışmasında, enerjiyi soyut bir nicelik olarak değerlendirmekte ve enerji öğretiminde uygunsuz bir dil kullanımının etkilerini tartışmaktadır. Bu çalışmada Beynon, Watts'ın öğrencilerin bakış açılarını belirleyerek bunlar üzerine öğrenmenin inşa edilmesi gerektiği düşüncesinin nasıl yapılması gerektiği sorgulamaktadır. Acaba bu bakış açıları öğrencilere çok geniş deneyimler, aktiviteler ve tartışmalar sunularak mı belirlenmelidir? Eğer öyleyse bu öğretme pratikleri anlamına gelecektir. Bu pratikler içinde enerjinin kelime olarak

kullanımı ve algılanması yanlışlıklarla dolu olduğu takdirde ne yapılacaktır? Beynon'a göre enerji öğretimi ile ilgili bu sorun, öğretmenlerin enerji kavramı ile ilgili kendi algılamalarını düzeltinceye kadar çözülemez.

Anlaşıldığı gibi Beynon'a göre enerji öğretimi ile ilgili asıl sorun, eğitimcilerin kavramı tam olarak algılamamalarıdır. Bu durum Carr ve Kirkwood (1988), Kruger (1990) gibi bazı araştırmacıların da dikkatini çekmiştir.

Kruger (1990), öğretmenlerle gerçekleştirmiş olduğu araştırmada, öğretmenlerin enerji kavramı hakkındaki düşüncelerini belirlemeye çalışmıştır. Kruger, öğretmenlerin değişik sorulara verdiği cevaplardan yola çıkarak bilimsel düşüncelerden ziyade onların enerji ile ilgili olarak kafasındaki kişisel düşüncelerini ortaya koymuştur. Çalışması sonucunda ise öğretmenlerin enerji kavramını müfredat çerçevesinde uygulamada başarısız olduklarını belirlemiştir.

Öğretmenlerin enerji kavramı ile ilgili algılamaları konusunda Carr ve Kirkwood (1988) ilköğretim okullarında enerji kavramının öğretim ve öğrenimini inceledikleri 3 yıl süren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında biyoloji, kimya ve fizik derslerinde, 3 öğretmenin enerji konusu ile ilgili öğretim faaliyetleri gözlenmiş ve çalışma sonucunda öğretmenlerin enerjiyi kendi alanları ile sınırlı olarak işlediği belirlenmiştir.

Benzer bir çalışma Gürdal ve ark. (1999) tarafından geleceğin öğretmenleri olacak fizik, kimya ve biyoloji bölümleri son sınıf aday öğretmenleri ile gerçekleştirilmiştir. Aday öğretmenlerle gerçekleştiren uygulamalar sonucunda, aday öğretmenlerin enerji kavramını fizik, kimya veya biyoloji gibi belirli bir alan içerisinde düşünerek öğretim faaliyetlerini gerçekleştirdikleri, disiplinler arası kavramsal ilişkiyi kuramadıkları belirlenmiştir.

Diğer taraftan Gürdal ve ark.(1998) tarafından enerjinin bütünleştirilerek öğretilmesini konu alan bir başka çalışmada, bütünleştirme ile öğretimin fen derslerinde başarıyı artırdığı tespit edilmiştir.

Şüphesiz nitelikli bir öğretim için öğretmen adaylarının enerjiyi algılamalarının gelişim süreci de önemlidir. Fizik öğretmen adaylarının üniversite öğrenimleri sürecinde enerji kavramı ile ilgili bilgileri nasıl gelişmektedir? Fizik dersleri öğrencilerin algılamalarını nasıl etkilemektedir? Acaba öğretmen adayları etkin bir öğretim için enerji ile ilgili yeterli bilimsel bakış açısı kazanıyorlar mı?

Trumper (1998) bu soruların cevaplarını 4 yıl süren bir araştırma ile irdelemektedir. Çalışma süreci sonunda enerji ile ilgili öğretmen adaylarının algılamalarının arttığı ancak, enerji ile ilgili alternatif düşüncelere sahip oldukları da belirlenmiştir. Trumper'a göre

bunlar arasında dikkati çeken en önemli bulgu, öğretmen adaylarının enerjiyi soyut olmayan, somut bir varlık gibi algılaması ve enerji ile kuvvet kavramlarının karıştırılmasıdır.

Öğretmenlerin enerji kavramını algılamaları ile ilgili eksiklikleri Özmen ve ark. (2000) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada da ortaya konmuştur. Araştırmacılar, kimya dersinde enerji kavramının öğretime ilişkin okullarda karşılaşılan yetersizlik ve problemleri ortaya çıkarmak amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, öğretmenlerin enerji kavramını kavratma güçlüğü çektiklerini belirlemişlerdir. Bu durum ise enerji kavramının soyut bir kavram olması ile açıklamışlardır. Beynon'a göre ise (1994) enerji kavramının anlaşılmasındaki temel sorunlar arasında tartışılması gereken enerjinin soyutluk özelliği değildir. Beynon, öğrencilerin fizik dünyasının çalışmalarını açıklamadaki çoğu zorlukların temelinde enerjinin madde gibi nitel özelliklere sahip bir kavram olduğu fikrinin yattığını düşünmektedir

Beynon'nın yukarıdaki düşüncelerinden bağımsız olarak, McClelland (1989) benzer düşüncelerle enerjiyi açıklamadaki zorlukları farklı bir çalışma ile irdelemektedir. McClelland, Beynon'ın yukarıda belirtilen düşüncelerinde olduğu gibi enerjiyi öğretme ve öğrenme zorluklarında detaya girmeye gerek olmadığını, öğrencilerin enerjiyi algılama problemlerinin olduğu ve öğretmenlerinde enerjiyi zor bir kavram olarak gördüğünün bilindiğini belirtmektedir. Ona göre, bu durumların tartışılmasının bir kenara bırakılarak, enerjinin günlük yaşamdaki anlamı ile bilimsel anlamının okuldaki öğrenmeye etkisi üzerinde durulmalıdır.

Benzer açıklamalar Duit (1984) tarafından da dile getirilmektedir. Duit üç farklı ülkeden 6., 7., 8., 9. ve 10. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirdiği çalışması sonucunda enerji kavramının öğrenimi konusunda yeterince başarılı olunmadığı sonucuna ulaşmaktadır. Çalışmada eğitim öğretim sisteminde enerji öğretiminin daha çok iş kavramı ile ilişkili olarak yapıldığına dikkat çekilmekte ve öğrencilere mekanik süreçlerle ilgili sorular sorulduğunda başarısız olduğu vurgulanmaktadır. Bu başarısızlıkların temelinde ise, fizik ile ilişkili kavramlarla cevap vermek yerine günlük deneyimleri içeren cevapların tercih edilmesinin yattığı belirtilmektedir.

Öğrencilerin algılamalarını hedefleyen diğer bir çalışma Goldring ve Osborne (1994) tarafından yapılmıştır. Goldring ve Osborne, öğrencilerin enerji ve enerji ile ilişkili temel kavramları anlama zorluklarını ve öğrencilerin nitel ve nicel sebepleri kullanma becerileri arasındaki farklılıkları incelemiştir. Çalışma sonunda araştırmacılar öğrencilerin büyük

bir çoğunluğunun enerji ve enerjinin ilişkili olduğu kavramları anlamada önemli zorluklara sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Bu çalışma aynı zamanda öğrencilerin, sayısal işlemler gerektiren problemleri çözebildiklerini ancak kavramı algılamaya dönük problemleri çözemediklerini de göstermektedir. Diğer bir söyleyle, öğrencilerin sözel beceri gerektiren etkinliklerde başarısız oldukları belirlenmiştir.

### **1.8. Çalışmanın Teorik Çerçevesi**

Didaktiğin Antropolojik Kuramı (Anthropological Theory of Didactic) bu çalışmanın teorik çerçevesi olarak benimsenmiştir.

#### **Didaktiğin Antropolojik Kuramı**

Didaktik biliminin temellerinin atıldığı 1970’li yıllarda didaktikçiler Piaget tarafından anlaşıldığı şekliyle genetik psikolojisinin öğrenme zorluklarını açıklamada bir referans olabileceğini kabullenmişler ve bazı didaktik teorilerinin ilk temellerini atmışlardır (Örn: Kavramsal alan kuramı; Gerard Vergnaud). 1980’li yılların başlarına kadar öğrenenin sosyal boyutu dikkate alınmamış ve öğrenen sosyo-kültürel boyutundan ayrık ve ailesinin sosyo-profesyonel yaşantısından uzak düşünülmüştür. Bu nedenle ilk çalışmalarda öğrenenin özel durumları (cinsiyeti, kültürel seviyesi,...) göz önünde bulundurulmayarak bilgiyi öğrenmekle yükümlü bir birey olarak düşünülmüştür. Dolayısıyla o dönemlerde gerçekleştirilen çalışmalar, öğrenmeden önce ve öğrenmeden sonraki öğrenci algılamalarını ve kavram yanılgılarını tespit etmeyi ve buradan da verilen eğitimin kalitesini ölçmeyi amaçlamaktaydı. Analitik bir yaklaşımla bakıldığında kavram yanılgılarının tek nedeninin öğrencilerin öğrenme zorlukları olmayabileceği ve kavram yanılgılarının diğer bir nedeninin de bilginin sınıfta öğrencilere sunulduğu olabileceği gerçeği kendini göstermektedir. Bu gerçek Fransız didaktikçilerinden Yves Chevallard’i harekete geçirmiş ve Didaktiğin Antropolojik Kuramını ortaya atıp yapılandırmasını sağlamıştır (Sağlam Aslan, 2005).

Bu kuramın eğitim araştırmalarında kullanılan diğer yaklaşımlardan farkı, herhangi bir bilginin (kavramın) öğretim durumlarının o bilginin öğrenim durumları üzerinde bir etkisinin olduğunu vurgulaması ve bu durumu etkin ve detaylı olarak incelenme imkânı



vermesidir. Diğer bir söyleyle Antropolojik Kuram, öğrenci ile bilgi arasındaki ilişkiyi aydınlatmak için, bilginin hazırlanış ve okuldaki işleniş boyutunun doğrudan ele alınması gerektiğini vurgulamakta ve incelenmesine olanak sunmaktadır.

### **Didaktiğin Antropolojik Kuramında Birey, Kurum ve Nesne**

Didaktiğin Antropolojik kuramı üç temel kavram üzerine bina edilmektedir: birey (X), kurum (I), nesne/obje (O).

**Birey** (personne, person)<sup>1</sup>: İnceleme veya çalışma aşamasındaki her insanı tanımlamak için kullanılır ve X ile sembolize edilir. Öğrenci, öğretmen, müdür vb. örnek olarak verilebilir.

**Kurum** (Institution, Institution): Bireylere kendine has fikirleri ve bilgileri öğreten ve kendine özgü metotları olan düzene denir ve I ile sembolize edilir. Okul, aile, takım, fizik, günlük hayat, vb. örnek olarak verilebilir.

**Nesne** (Objet, Object): Herhangi bir şeyi ifade edebilmesine karşın bu kuramda bir konu veya kavramı nitelendirir ve O ile sembolize edilir. Nesneye örnek olarak ivme, hız, kuvvet, logaritma, fonksiyon, mercek vb. verilebilir.

Bu noktada açıklanması gereken, evrende her şeyin nesne olduğu düşünüldüğünde X bireyleri ve I kurumlarının da bir çeşit nesne olabileceğidir. Ancak anlambilimi açısından bakıldığında her şeyin nesne olamayacağı, bir X bireyinin veya I kurumunun bu nesneyi tanıdığı takdirde nesneden bahsedilebileceği açıktır (Chevallard, 1992).

“*Tanıma*” kavramı, birey, kurum ve nesne kavramları arasındaki ilişkileri ifade etmek için kullanılır. Kavram, Sağlam-Arslan (2005) tarafından kuramın doğduğu dil olan Fransızca “*rapport*” kelimesinden Türkçeleştirilmiştir. Buna göre; nesnenin bir birey veya bir kurum tarafından tanınması antropolojik yaklaşımda aşağıdaki gibi formülize edilir.

$R(X,O) \rightarrow$  Bireyin nesneyle olan bireysel tanınması

$R_1(O) \rightarrow$  Kurumun nesneyle olan kurumsal tanınması

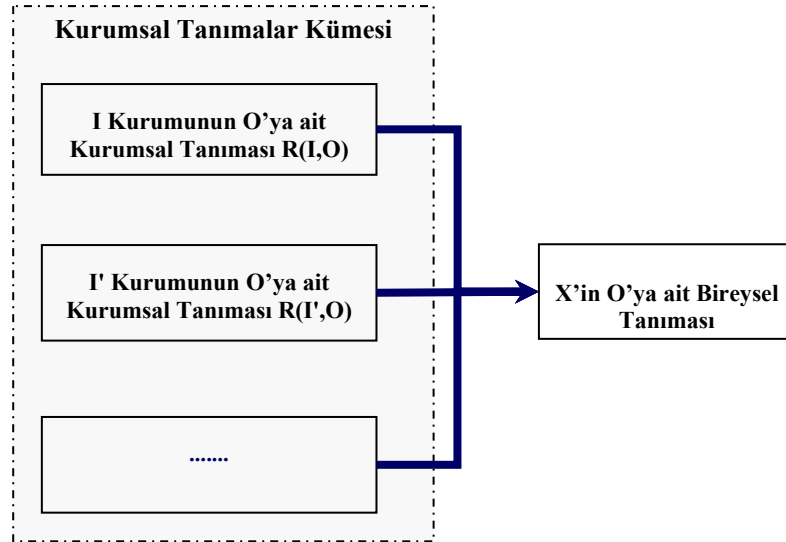
<sup>1</sup> Parantez içinde verilen birinci kelimeler kullanılan kelimenin Fransızca, ikinci kelime İngilizce karşılığıdır.

Eğer bir nesne varsa ve bu O nesnesi X bireyi veya I kurumu için mevcutsa, sırasıyla bunlar  $R(X,O)$  ve  $R_I(O)$  şeklinde gösterilir ve X'in O ile bireysel tanınması ve I'nın O ile kurumsal tanınması olarak anlandırılır.

Chevallard (1992) bu durumu bilme/tanım (acquaintance) kavramı ile açıklamaktadır. Bu kuram çerçevesinde, bir nesneden haberdar olmak bir kurum veya birey için nesne ile ilişkili olmaktır. Kişi veya kurum için eğer  $R(X,O)$  ve  $R_I(O)$  varsa, söz konusu kişi veya kurum nesneden haberdardır. Bu durumda bir nesne en az bir kişi veya kurum tarafından tanınıyorsa vardır şeklinde açıklanır.

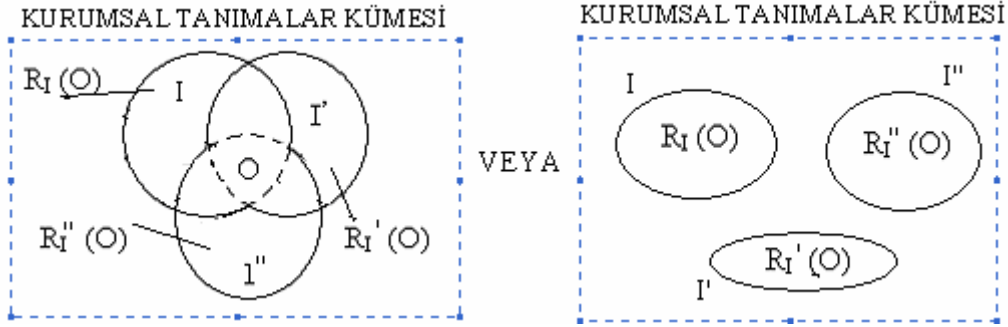
Kurumsal tanıma (Rapport institutionnel, Institutional relation), bilgiyle neler yapıldığını, bilginin ne işe yaradığını, bilginin nasıl işlendiğini vs. tanımlar (Chevallard, 1989). Başka bir ifade ile bir bilginin bir kurumda sürdürdüğü hayatın bütünüdür.

Bireysel tanıma (Rapport personnel, Personal relation), bireyin bir konu hakkındaki bilgi, beceri, algılama ve yeteneklerinin tümü olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, bireyle bilgi arasındaki ilişkinin bütünüdür (Chevallard (1992), aktaran Sağlam Arslan, 2005). Kurumsal tanıma ile bireysel tanıma arasındaki bağlantı ise, X'in O ile olan bireysel tanınmasının, X bireyinin O objesini tanıyan kurumlarla etkileşime girmesi sonucu oluşması ile ilişkilidir. Dikkat edilmesi gereken nokta ise X bireyinin bireysel tanınmasının bir kurumsal tanımlar kümesinin etkisi altında oluşacağıdır.



Şekil 5. Bir O'ya ait kurumsal tanıma/bireysel tanıma ilişkisi (Sağlam Arslan, 2005).

Özetle, X bireyinin O'ya ait bireysel tanınması farklı kurumsal tanımların kesişiminden kaynaklanabileceği gibi birleşiminden de kaynaklanabilir. Bu durum üç farklı kurum<sup>2</sup> için aşağıdaki gibi örneklenebilir.



Şekil 6. Bireysel tanımayı ortaya çıkaran kurumsal tanımlar kümesinin oluşumu örneği

### Bireysel Tanıma ve Öğrenme

Herhangi bir O nesnesi herhangi bir I kurumu tarafından tanındığında, O nesnesi I kurumunun nesnesi olur. Başka bir ifade ile I kurumu için bir bilgi konumuna gelir. Aynı şekilde herhangi bir X bireyi de bu I kurumuna girdiğinde, bu kurumun elemanı olur. X bireyi I kurumunun elemanı olması gereği O bilgisinden (nesnesinden) sorumlu olacaktır.

X bireyinin I kurumuna girişinde (girmeden önce) X'in O bilgisi ile ilgili iki durumu söz konusu olabilir. Bunlar;  $R(X,O) = \emptyset$  veya  $R(X,O) \neq \emptyset$  olma durumlarıdır.

Eğer  $R(X,O) = \emptyset$  ise X bireyinin O bilgisine ilişkin tanınması,  $R_I(O)$  etkisi ile X bireyinde yaşam bulacaktır. Eğer  $R(X,O) \neq \emptyset$  ise X bireyinin O ile olan bireysel tanınması, kurumun O ile olan kurumsal tanınmasının şartları altında değişecek ve şekillenecektir.

$R(X,O)$ ,  $R_I(O)$ 'nun etkisiyle X bireyinde yaşam bulduğunda veya yeniden inşa edilip değiştiğinde, X bireyi için O nesnesi ile ilgili öğrenmenin varlığından söz edilebilir. Eğer  $R(X,O)$ 'daki değişiklikler  $R_I(O)$ 'ya benzemiyor ise bu durumda X bireyinin O bilgisini I kurumunun beklentileri doğrultusunda öğrenemediği sonucuna varılır. Bu süreçte X bireyinin bilişsel olarak gelişebilmesi için, X bireyinin O bilgisi ile olan bireysel tanınmasını kurumun beklentilerine paralel olarak değiştirme veya geliştirme isteğinde ve çabasında olması gerekir. Bu durum X bireyini I kurumunun “iyi bir öznesi” yapar.

<sup>2</sup> Kurum sayısındaki değişiklikler diyagramı değiştirecektir.

Buraya kadar anlatılanların ışığında bir I kurumunda yer alan birden fazla öznenin var olduğu var olduğu ve öznelerin özel kategorilerinin olduğu söylenebilir. Chevallard (1992) bunu I kurumunun içindeki “pozisyonlar” olarak isimlendirmiş ve  $P_I$  olarak göstermiştir. Bu durum verilen herhangi bir O nesnesi ile ilgili tek bir kurumsal tanıma  $R_I(O)$  yoktur şeklinde açıklanabilir.

I kurumunun içindeki her bir p pozisyonu için, O nesnesine ait bir kurumsal tanıma vardır ve  $R_I(p,O)$  şeklinde gösterilir. Öğretmen ve öğrenci, sınıf kurumunun belirli pozisyonlarına sahip bireyleri olarak; öğrenci, öğretmen, müdür, hizmetli vb. okul kurumunun belirli pozisyonlarına sahip bireyleri olarak düşünüldüğünde, “öznelerin pozisyonu” kavramı daha iyi anlaşılacaktır.

Yukarıda bahsedilen tanımada eğer  $R_I(p,O) \neq \emptyset$  ise, I kurumu O nesnesini tanıyor ve p konumundaki X bireyi de O nesnesinden sorumludur. Eğer  $R_I(p,O) = \emptyset$  ise I kurumu O nesnesini tanımıyor ve p konumundaki X bireyi de O nesnesini bilmekle yükümlü değildir. Buradan da anlaşıldığı gibi bireyin pozisyonu, ilişkinin şeklini direk olarak etkilemektedir. Örneğin I kurumunun p pozisyonundaki bir öğrenci ile p' pozisyonundaki öğretmenin O ile etkileşimi farklı olacaktır (Sağlam Arslan, 2005).

$$R_I(p,O) \neq R_I(p',O)$$

Ayrıca burada dikkat edilmesi gereken nokta,  $R_I(p,O)$ 'nin hiç kimsenin bireysel tanımı olmadığıdır. Daha ayrıntılı olarak ifade edilecek olursa, I kurumunun p pozisyonu için O nesnesi ile X bireyinin bireysel tanımı,  $R_I(p,O)$  çerçevesinde şekilleneceğinden  $R_I(p,O)=R(X,O)$  gibi düşünülemez.  $R_I(p,O)$ , bu p pozisyonundaki X bireyinin bireysel tanımını  $[R(X,O)$ , bu I kurumu için geçerli olmak üzere] belirleyen bir etkendir. Her bireyin bir veya birden fazla kurumun farklı pozisyonlarına sahip bir üyesi olduğu düşünüldüğünde herhangi bir bireyin bireysel tanımalarının nasıl oluştuğu, yani “bireyin bilişsel evreninin” nasıl oluştuğu anlaşılabilir.

Didaktığın antropolojik kuramındaki herhangi bir I didaktik kurumunda, p pozisyonunda olan bir X öğrencisinin bilişsel evreninin gelişiminin (yani öğrenmesinin) değerlendirilmesi, p' pozisyonunda olan ve sınıftaki çalışma sürecinin yöneticisi olarak düşünülen öğretmen tarafından gerçekleştirilir (Barbe & ark., 2005; Artaud, 2004; Bolea, Bosch ve Gascon, 1999). Öğretmeden beklenen öğrencinin bilgisini kurumsal ilişkiye yani  $R_I(p,O)$ 'ye göre değerlendirmesi ve bu ilişkinin uygunluğunu ölçmesidir.

Buraya kadar anlatılanların ışığında Chevallard (1992) didaktik olsun veya olmasın, verilen bir I kurumuna girerek onun öznesi olmuş bir bireyin bir nesneye ilişkin bireysel tanınmasının  $R(X,O)$  değişimine etki eden etkenler kümesine kurumsal eğitim adını vermiştir. Bu I kurumunun p pozisyonundaki birey için ise kurumsal eğitimden söz edilebileceğini vurgulamıştır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Yöntem**

Çalışmada araştırma yöntemi olarak betimleyici araştırma yöntemlerinden tarama yöntemi benimsenmiştir. Betimleyici araştırma yöntemleri, inceleme sürecinde var olan doğal şartları bozmadan ve inceleme yapılan ortamda her hangi bir değişiklik yapmadan araştırma yapmaya imkân tanır (Çepni, 2005). Bu çalışmada üniversite 1. sınıf seviyesinde enerji kavramının öğretim ve öğrenim durumlarının analiz ediliyor olması ve araştırma sürecince doğal şartlarda değişiklik yapılmaması çalışmanın doğasının betimleyici araştırmalarla örtüştüğünü göstermektedir.

Bu çalışmada enerji kavramının öğretiminde kurumların enerji ile ilgili tanımlarının ve buna bağlı olarak gelişen öğrenci tanımlarının özelliklerinin incelenmesi, bir başka deyişle var olan belirli bir durumun betimlemesi amaçladığından araştırma modeli olarak, tarama modellerinden biri olan “Örnek Olay Tarama Modeli” seçilmiştir. Karasar (2005) genel olarak nitelik araştırmaları olarak değerlendirdiği örnek olay tarama modellerini, birey, aile, okul, gibi belli bir ünitenin derinliğine ve genişliğine, kendisi ve çevresi ile olan ilişkilerini belirlemede ve o ünite hakkında bir yargıya varmada etkin tarama düzenlemeleri olarak tanımlamaktadır. Bununla birlikte, Karasar örnek olay tarama modelleri ile yapılan araştırmaların genel tarama modelleri ile yapılan araştırmalara kıyasla daha ayrıntılı ve gerçeğe yakın bilgiler verdiğini belirtmektedir.

#### **2.1.1. Evren ve Örneklem**

Araştırmada çalışma evrenini Fen Edebiyat Fakültesi Fizik I dersini alan öğrenciler oluşturmaktadır.

Gerçekçi bir değerlendirme için gerekli olan nitelikli verileri elde etmek için ise çalışma evreni küçültülerek örneklem seçimine gidilmiştir. Bu doğrultuda amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme yolu izlenmiştir. Amaçlı örnekleme yöntemleri zengin bilgilere sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine çalışılmasına (Yıldırım ve Şimşek, 2006) ve araştırmacının işine en çok yarayacak bilgileri alabileceği

örnekleme kendisinin tayin etmesine (Akdur 1996) izin vermesi nedeniyle tercih edilmiştir. Bu çerçeve doğrultusunda araştırmanın örneklem seçiminde kullanılacak iki ölçüt belirlenmiştir:

1. Enerji ile ilgili ünitelerin kurum tarafından işlenmiş olması,
2. Öğrencilerin derse devamlılığının olması.<sup>3</sup>

Belirlenen çerçeveler doğrultusunda Temel Fizik I dersini alan 36 öğrenci (16 fizik bölümü, 20 fizik öğretmen adayı) bu araştırmanın örnekleme olarak seçilmiştir. Bu öğrenciler, ilgili fakültenin yukarıdaki ölçütler doğrultusunda belirlenen iki şubesinde, uygulamanın gerçekleştirildiği derse gelen öğrencilerin tamamını temsil etmektedir.

### **2.1.2. Veri Toplama Araçları**

Cohen ve Manion (1994) ve Verma ve Mallick (1999) gibi araştırmacılar, tarama yönteminde bilgi toplamak için bir veri toplama tekniğinin yeterli olabileceğini belirtirken, Yıldırım ve Şimşek'te (2006) benzer bir tanımlama ile nitel araştırmalarda yazılı doküman ve belgelerden elde edilecek verilerin tek başına yeterli olabileceğini belirtmektedirler. Bu araştırmada ise veriler, doküman analizi yapılarak ve öğrencilerin enerji ile ilgili bireysel tanımlarını belirlemek için geliştirilen ölçme aracından faydalanılarak elde edilmiştir.

#### **2.1.2.1. Ölçme Aracının Geliştirilmesi**

Çalışmanın amacına bağlı olarak öncelikle doküman analizi yöntemiyle Temel Fizik 1 kurumunun enerji kavramına ait kurumsal tanınması ve devamında geliştirilen açık uçlu sorulardan oluşan bir ölçme aracı kullanılarak öğrencilerin bu kavramla ilgili bireysel tanımları belirlenmiştir. Bu ölçme aracı kurumsal tanınmanın özellikleri çerçevesinde üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir: İlk aşamada, kurumsal analizden elde edilen bulgular doğrultusunda öğrencilere sorulacak soruların belirlenmiş ve uzman görüşü alınarak düzenlenmiştir. İkinci aşamada hazırlanan ölçme aracının pilot uygulaması, İlköğretim Matematik Öğretmenliğinde bölümünde okuyan ve Temel Fizik 1 dersini almakta olan 32 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Bu pilot uygulama, öğrenci cevaplarının güvenilirliğini

---

<sup>3</sup> İlgili fakültede 4 farklı şubede Temel Fizik I dersi verildiği belirlenmiştir. Devamsız öğrencilerin kurumsal tanımadan etkilenmeme ihtimali göz önüne alınarak, devamlılığın üst düzeyde olduğu iki şube öğrencileri tercih edilmiştir.

artırmak için sanal bir sınav (öğrenciler uygulama öncesinde uygulamayı sınav olarak bilmekteydiler) ortamında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda sorular yeniden düzenlenmiştir. Son aşamada ise, ölçme aracı bir kez daha uzman görüşüne sunulmuş soruların son şekli belirlenmiştir.

### 2.1.2.2. Ölçme Aracının Tanıtımı

Kurumsal tanımlardan elde edilen bulgular doğrultusunda toplam sekiz sorudan oluşan bir veri toplama aracı geliştirilmiştir. Bu araçta yer alan sorular, bulgular bölümde sunulacak (bkz. sayfa, 45) enerji kavramına ilişkin kurumsal tanımın özellikleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Ayrıca, hazırlanan soruların kapsam geçerliliğine de dikkat edilmiştir. Bu durum, veri toplama aracında yer alan taleplerin uygulanma temaları ve bu temalarda enerjinin statüsüne göre yapılan sınıflandırmada görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Veri toplama aracında enerjinin statüsü ve uygulanma temalarının tanıtımı

Enerji	Uygulama teması			Soru	
Araç durumunda	1	Yavaşlama ivmesini hesaplama		1	
Obje durumunda	1	İş	1	Cismin yaptığı işi açıklama	2
			2	Kuvvetin cisim üzerinde yaptığı işi yorumlama	5
			3	Kuvvetin cisim üzerinde yaptığı işi hesaplama	6a
	2	Enerji	1	Enerjiyi açıklama	8a, 8b
			2	Enerjiyi sınıflama	8c
			3	Potansiyel enerji değişkenini yorumlama	3
			4	Kütle ve enerjinin korunumunu açıklama	7
	3	Enerji diyagramlarını görselleştirme		4	
	4	Grafiksel öğelerden sonuç çıkarma		5, 6a	
	5	Gücü hesaplama		6b	

Tablo 1’de görüldüğü gibi enerji araç ve obje olmak üzere iki şekilde sınıflanmıştır. Bu sınıflamalar (araç/obje) uygulama sorularında enerjinin statüsü ile ilgilidir. Bu durum kurumsal tanımların özellikleri belirlenmesinde daha detaylı olarak sunulacaktır. Çalışma kapsamında öğrencilere yöneltilen soruların tamamı, içinde buldukları kurum tarafından sunulan kurumsal tanıma özelliklerine göre cevaplandırılabilir niteliktedir. Bazı sorular öğrencilerin sıklıkla karşılaştığı talepler üzerine yoğunlaşırken bazıları kaynak kitapta yer almayan talepleri içermektedir. Buna göre veri toplama aracı aşağıda verilen aktiviteleri gerçekleştirmeyi gerektirmektedir (Tablo 2).



Tablo 2. Soruların aktivite durumlarına göre tanıtımı

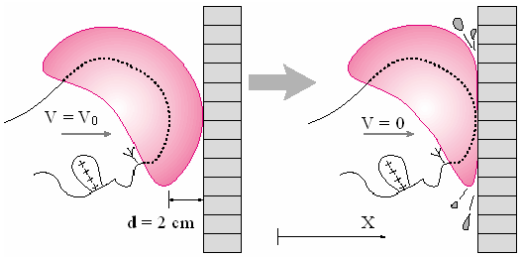
No	Aktivite durumları	Soru
1	Hesaplama	1, 6a, 6b
2	Açıklama - yorumlama	2, 3, 4, 5, 6a, 7, 8a, 8b
3	Gösterim değişimi	4
4	Sınıflama yapma	8c
5	Doğrulama	1, 8a, 8b, 8c, 3, 2, 7
6	Grafiği veya görseli yorumlama	5, 6a

Enerji kavramına ilişkin kurumsal tanımının özellikleri dikkate alınarak öğrencilerin enerji kavramına ilişkin bireysel tanımlarının özellikleri en iyi şekilde belirleyebilmek amacıyla Tablo 2’de görülen altı farklı aktivite durumu öğrencilere sunulmuştur. Bunlar kendi aralarında üç farklı grupta incelenebilir:

- ▶ Sıklıkla karşılaşılanlar: analiz edilen kitapta belirgin bir öneme sahip olan hesaplama gerektiren talep tipleri,
- ▶ Nadiren karşılaşılanlar: kaynak kitaptan farklı olarak, veri toplama aracında daha çok yorumlama yapmayı veya yapılan herhangi bir işlemi doğrulamayı gerektiren talep tipleri,
- ▶ Hiç karşılaşılmayanlar: kaynak kitabın içeriğinde sunulan, ancak taleplerde sorgulanmayan herhangi bir konuyu destekleyici ve gösterim değişimine yönelik talep tipleri.

Yukarıda belirtilen doğrultularda hazırlanan uygulama soruları aşağıda sırasıyla tanıtılacak ve her bir sorunun uygulamaya alınma gerekçeleri verilecektir.

### Soru 1



(Ruina ve Pratap, 2002)

Bir bisikletçinin kafasını 20 m/s’lik bir hızla tuğladan bir duvara çarptığını ve kafasının, şekilde görüldüğü gibi, 2cm mesafede (kaskın kalınlığında) sabit bir ivme ile yavaşlayarak durduğunu kabul edelim. Yavaşlama ivmesini hesaplayarak yaptığımız işlemleri tercih etme nedeninizi veya nedenlerinizi açıklayınız.

1. soruda öğrencilerden ilk hıza sahip bir bisikletçinin 2cm'lik mesafedeki yavaşlama ivmesini hesaplamalarını ve beraberinde bu soruyu çözmek için kullandıkları tekniği, kullanma nedenlerini açıklamaları istenmektedir.

Bu sorunun sorulması ile irdelenmek istenen durumlar, diğer bir söyleyle uygulamada yer alma gerekçeleri ise aşağıda verildiği gibidir:

- Herhangi bir talebin gerçekleştirilmesinde öğrencilerin enerjiden faydalanabilme durumlarını tespit etmek: Kurumda genellikle enerjinin araç olarak kullanılmasını gerektiren taleplerin yer aldığı düşünülürse, bu soruya verilen cevaplar öğrencilerin bireysel tanımlarının kurumun beklentileriyle, bu noktada, ne kadar uyum içerisinde olduğunu gösterecektir.
- Enerji'nin araç statüsünde olduğu herhangi bir talebin gerçekleştirilmesinde öğrencilerin tercih ettiği tekniği ve tercih etme nedenlerini belirlemek: Öğrencilerin bu soruya verdikleri cevaplar, bir taraftan, bir talebe yönelik var olan birden fazla tekniğin öğrenciler tarafından tanınıp tanınmadığını ortaya koyacak, diğer taraftan da kullanılan tekniğe ait teorik bilgiye öğrencilerin sahip olma durumları hakkında bilgi verecektir.
- Kurumun belirgin olarak önem verdiği matematiksel işlem gerektiren talep tipini öğrencilerin gerçekleştirme durumlarını tespit etmek;
- Kurumda var olan farklı tekniklerin doğrulanmasında yer alan "iş, kinetik enerji değişimine eşittir" tanımlamasını öğrencilerin yorumlama becerilerini görebilmek.

Bu soruya verilen cevaplar, öğrencilerin iş ile kinetik enerji arasındaki ilişkiyi net olarak algılama durumlarını ortaya koyacaktır.

## Soru 2



'İş, enerji transferidir.' tanımına göre, aynı ve sabit süratle yürüyüş halinde olan bir at sürüsündeki atlar iş yapıyor mudur? Açıklayınız.

Sabit hızla hareket halinde olan bir at sürüsünün iş yapıp yapmadığını gerekçeleri ile birlikte açıklamayı gerektiren veri toplama aracının 2. sorusu yukarıda görüldüğü gibidir.

Bu soruda gerçekleştirmesi gereken talep ‘*cismin yaptığı işi açıklama*’ olarak adlandırılmıştır. Bu sorunun sorulma gerekçeleri aşağıdaki gibidir:

- Öğrencilerin kuvvete ve yola bağlı yapılan iş, kinetik enerji ve potansiyel enerji hakkındaki algılamalarına dair bazı bilgiler edinme,
- Öğrencilerin açıklama ve yorum yapma becerilerini tespit etme,
- Soruya verilen cevaplar at sürüsünün (veya sorudan bağımsız olarak herhangi bir cisimde düşünülebilir) hareketinde, öğrenciler için kinetik ve potansiyel enerji değişimi olup olmadığını tespit etme.

Öğrencilerin probleme dair kullanacakları çözümler, öğrencilerin bireysel tanımlarının kurumsal tanıma ile örtüşüp örtüşmediğini görmemizde yardımcı olacaktır. Öğrencilerin enerji ile ilgili algılamalarının yanı sıra, kurumda daha az sıklıkta yer alan açıklama-yorumlama aktivite durumları karşısında öğrencilerin bireysel becerilerini görme ve bunun sonuçlarına bağlı olarak kurumsal tanıma hakkında irdeleme fırsatı da bu problem çerçevesinde yakalanacaktır.

### Soru 3

Bu soru, dünya ve bir cisimden oluştuğu düşünülen bir sistemde potansiyel enerjinin hesaplanmasını gerektirmektedir. Ancak, bu soruda esas hedeflenen potansiyel enerjinin hesaplanmasında bir referans noktası tayininin dikkate alınıp alınmadığıdır. Öğrencilerden cevaplamaları istenen soru aşağıda verildiği gibidir.

Dünya ve dünyaya düşen bir göktaşından oluşan bir sistemde potansiyel enerji değişimi hesaplanırken dikkate alınması gereken mesafe aşağıdakilerden hangisidir? Açıklayınız.

- a) Göktaşı ile dünya yüzeyi arasındaki mesafe.
- b) Göktaşı ile dünya merkezi arasındaki mesafe.

Yukarıda verilen sorunun sorulmasındaki öncelikli amaç; öğrencilerin potansiyel enerjii algılamalarını ve yorumlama becerilerini ölçmektir. Referans noktası kavramına

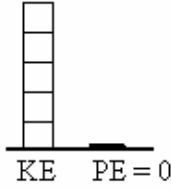
kurumsal olarak yeterince değinilmemiş olmasının öğrenci pratikleri üzerindeki etkilerini tespit etmekte bu sorunun amaçları arasında yer almaktadır.<sup>4</sup>

Ayrıca, soruda öğrencilere verilen her iki seçeneğinde doğru olması, öğrencilerin soru durumlarına karşı geliştirmiş olabilecekleri şartlanmışlıkları görme fırsatı sunacaktır. Soru durumu bu anlamda kurumda yer alan soru türlerinden farklılık arz etmektedir.

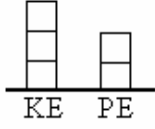
#### Soru 4

Aşağıda ucuna  $m$  kütleli bir cisim bağlı her hangi bir yayın kinetik ve potansiyel enerjilerini gösteren enerji diyagramları verilmiştir. Bu diyagramları açıklayıcı uygun birer yay şekli çiziniz.

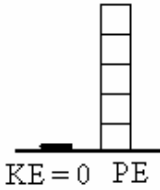
A



B



C



Yukarıda verilen soru, verilen cisim-yay sistemlerinde kinetik ve potansiyel enerji diyagramlarını yorumlamayı ve buradan hareketle bu sistemi görselleşen şekilleri çizmeyi gerektirmektedir.

Kurumsal olarak kullanılan kaynak kitabın analizi kurumda 5 farklı aktivite durumunun olduğunu ve genellikle hesaplama gerektiren aktivitelerin var olduğunu göstermektedir<sup>5</sup>. Bu durumun öğrencilerin bireysel tanımlarına etkilerini irdelemek amacıyla kurumda yer almayan bir talep tipi yöneltilecek öğrencilerin buna karşı geliştirecekleri pratikleri irdelenecektir.

Bununla beraber bu soru öğrencilerin enerji ile ilgili olarak farklı görselleri yorumlama ve tekrar görselleme becerilerini görme imkânı sağlayacaktır. Kurumsal olarak, genellikle öğrencilere görseller verilmekte ve buradan hareketle enerji ile ilgili durumları analiz etmeleri istenmektedir. Ancak, tam tersi durumlarla ilgili olarak öğrencilerin gelişimleri göz ardı edilmektedir. Bu soruya verilecek cevapların analizi ile öğrencilerin edindikleri

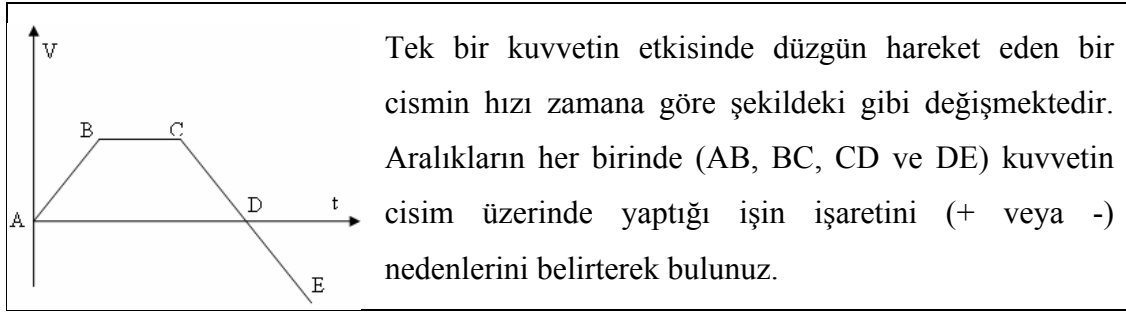
<sup>4</sup> Kurumsal tanınmanın özellikleri ile ilgili yapılan analiz, kurumun referans noktasının tercihe bağlı bir değer olduğuna dikkat çekmediğini göstermiştir. Bu konu ile ilgili sorularda genellikle yerin yüzeyi referans noktası olarak düşünülmektedir. Bakınız, Ek Tablo 2, Sayfa, 132.

<sup>5</sup> Bakınız talep tiplerinin aktivite durumlarına göre sınıflandırılması, Tablo 6, sayfa 51.

bilgileri farklı şekillerde gösterebilme becerileri tespit edilecektir. Buda öğrenmenin ne düzeyde gerçekleştiğini belirleme yolunda önemli bir gösterge olarak kullanılacaktır.

### Soru 5

Soru 5 tek bir kuvvetin etkisinde hareket eden bir cismin yapmış olduğu işi yorumlamayı gerektirmektedir. Aşağıda verilen bu soru, incelenen kitapta yer alan bir tanımlamadan<sup>6</sup> hareketle hazırlanmıştır.



Öğrencilerin hıza bağlı olarak enerji değişimini yorumlama becerilerini görmek amacıyla hazırlanan bu soru aynı zamanda kurumun hız kavramını etkin bir şekilde kullanımının öğrenci pratikleri üzerindeki etkilerini görmeyi de amaçlamaktadır.

Ayrıca, bu soru kurumsal olarak sık karşılaşılmayan ve ‘verilen herhangi bir grafiği yorumlama’ olarak adlandırılabilir bir talep tipini öğrencilerin gerçekleştirebilme becerilerini görme fırsatı sağlayacaktır. Buradan elde edilen sonuçlar kurumda yer alan talep tiplerinin aktivite çeşitliliğinin yeterliliği tartışmasına yeni bir boyut kazandıracaktır.

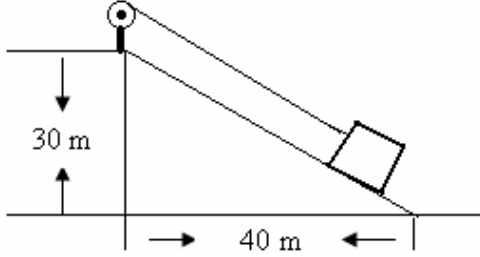
Son olarak, sorulan sorunun iki farklı çözüm yolunun olması, öğrencilerin tercihlerini belirleme imkânı tanıyacak ve böylece enerji kavramının öğrenciler tarafından işlevsel olarak kullanılıp kullanılmadığı tespit edilecektir.

### Soru 6

Aşağıda tanıtılan soru, öğrencilerden ilk olarak bir cisim üzerine etkiyen kuvvetlerin yapmış oldukları işleri belirlemeleri ve daha sonra cismin hareket etmesini sağlayan vinci gücünü hesaplamalarını gerektirmektedir.

<sup>6</sup> Bu tanımlama “İşin bir enerji aktarımı olduğunu belirtmek önemlidir; sisteme (cisme) enerji aktarırsa W pozitif; sistemden enerji aktarırsa W negatif olur (Serway Fizik, s. 184)” şeklindedir.

400 kg'lık granit blok, bir vinç yardımıyla şekilde görüldüğü gibi eğik düzlem üzerinde yukarıya doğru 1m/s'lik sabit hızla çekiliyor. Blok ile düzlem arasındaki kinetik sürtünme kat sayısı 0,5'dür.



a) Blok düzlem boyunca 6 m yukarıya çekildiği zaman üzerine etkiyen **kuvvetlerin her birinin** yaptığı iş nedir?

b) Vinç tarafından sağlanan güç nedir?

$$(g = 10 \text{ m/s}^2)$$

Bu soru ile öğrencilerin bir cisim üzerine birden fazla kuvvet etki ettiği bir durumda, farklı türden kuvvetlerin yaptığı işi içermesi nedeniyle tercih edilmiştir. Böylelikle öğrencilerin bir cisme etki eden kuvvetleri belirleme ve işi hesaplama becerileri irdelenebilecektir.

Sorunun çözümünde kullanılması gereken tekniğin ( $W = F.d$ ) kurumda enerjinin anlatımında temel alınmış olması nedeniyle, bu soru öğrencilerin kuvvete bağlı yapılan iş ile ilgili bireysel tanımlarını belirlemek üzere hazırlanmıştır.

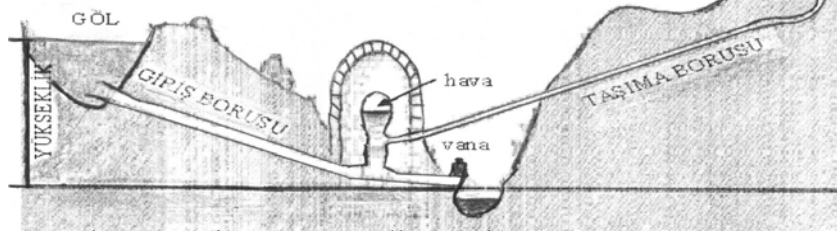
Öğrencilerden ayrıca gücün hesaplanmasının istenmiş olması ve bir tanesinin iş ile doğrudan ilişkili olan iki çözüm yolunun olması öğrencilerin algılamalarını görme fırsatı sağlayacaktır.

### Soru 7

Bu soruda öğrenciler günlük yaşamdan bir durum ile karşı karşıya bırakılmakta ve bu durumu açıklamaları istenmektedir.

Resimdeki düzeneğe göre su, gölden su tankına herhangi bir dinamo kullanılmaksızın taşınmaktadır. Giriş borusu suya yeterince hız vermeye ve alttaki kapalı vanaya kuvvet uygulamasına izin vermektedir. Bu düzeneğin çalışmasını hangi fizik yasası ile nasıl açıklarsınız?

(Kütlenin korunduğunu unutmayınız.)



(Millikan ve Gale, 1920 aktaran Crowell, 2006b)

Kurumsal tanımaya ait bulgular incelendiğinde enerjinin korunumu yasasını konu alan soru sayısının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Genellikle enerjinin korunumu yasasından korunumlu bir sistemde uzanım, ilk hız, son hız ve kuvvet hesaplamalarında faydalanılmaktadır. Buradan hareketle bu soru öğrencilerin enerjinin ve kütlenin korunumunu anlama ve yorumlama becerilerini görme amacıyla sorulmuştur.

Diğer taraftan bu soru aracılığı ile öğrencilerin kütle ve yükseklik arasındaki ilişkiyi algılamalarını ve dolayısıyla öğrencilerin potansiyel enerji değişimini algılamalarını irdeleme fırsatı elde edilecektir.

Bununla beraber, 3. soruda verilen potansiyel enerjinin nicel değerinin belirlenmesinde alınacak referans noktası ile ilgili olarak tartışma bu soru aracılığı ile derinleştirilebilecektir. Şöyle ki; kurumda yer alan pek çok talep tipinde referans noktası alınmasına dikkat çekilmemekte, ancak bu bilgi öğrencilere dolaylı yoldan verilmektedir. Bu durum, incelenen soruda vana seviyesinin referans noktası alınarak potansiyel enerjinin düşünülmesi ile örneklenebilir. Bu beceriyi, bu soruda gösteren öğrencilerin 3. soru ile ilgili cevapları kurumun bu noktadaki etkilerini doğrudan gösterecektir.

## 8. Soru

Bu soru öğrencilerin, günlük yaşamda ve öğrenim süreçlerinde karşılaştıkları enerji kavramı ile ilgili genel bilgilerini sorgulamaktadır. Bu sorgulama enerji ile ilgili aşağıda verilen üç soru yardımı ile gerçekleştirilmektedir.

Hayatımızın farklı evrelerinde enerji kavramı çok değişik anlamlarda karşımıza çıkabilmektedir. Buradan ve bugüne kadar almış olduğunuz eğitimden hareketle aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

- A. Size göre enerji nedir? Açıklayınız.
- B. Ne tür varlıklar enerjiye sahiptir? Niçin?
- C. Bildiğiniz enerji türlerini yazarak açıklayınız.

Bu soru Enerji'nin kavramsal (tanımlama, sınıflama vb.) olarak öğrenciler tarafından nasıl algılandığını tespit etmeyi amaçlamaktadır.

### **2.1.2.3. Verilerin Elde Edilme Süreci**

Bu başlık altında, çalışmada benimsenen teorik çerçeveye bağlı olarak enerji kavramına ilişkin kurumsal ve bireysel tanımların özelliklerinin belirlenmesinde verilerin nereden, nasıl ve hangi doğrultuda elde edildiği açıklanacaktır.

### **Üniversite 1. Öğrencilerinin Enerji Kavramına İlişkin Kurumsal Tanımlarına Dair Bulguların Elde Edilmesi**

Bu çalışmanın birinci bölümünde de ifade edildiği gibi, çalışmanın çıkış noktasından hareketle araştırma problemi formüle edilirken antropolojik bir perspektif benimsenmiş ve bu perspektif çerçevesinde asıl amaç üniversite 1. sınıf öğrencilerinin enerji kavramına ait kurumsal ve bireysel tanımlarına belirlemek olarak tanımlanmıştır. Chevillard'ın çalışmalarına da dayanarak bu iki tip tanıma arasında sıkı bir ilişkinin var olduğu ve öğrencilerin herhangi bir kavrama ilişkin algılamalarının o kavramın ilgili kurumlar tarafından öğretilme durumlarına bağlı olarak değişiklik göstereceği söylenebilir.

Bu durumda ilk olarak kurumsal tanımların belirlenmesinde ne tür verilerin kullanılabileceğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Chaachoua'ya (1997 aktaran Sağlam, 2004) göre herhangi bir kavrama ait kurumsal tanıma belirlenirken öğretim programı, ders kitabı ve/veya sınıfta işlenenler analiz edilmelidir. Öğretim programları öğretilecek konular hakkında ve kurumsal beklentiler hakkında en doğru bilgileri verir. Ancak tek başına öğretim programları kurumsal tanıma için yeterli değildir. Bu nedenle detaylı bir kurumsal tanıma analizi için ders kitapları vazgeçilmezdir (Mensouri, 1994 aktaran Sağlam, 2004).

Bilindiği gibi üniversite seviyesinde ülke genelinde sistematik olarak kullanılan öğretim programları mevcut değildir. Bu nedenle kurumsal tanımayı tespit etmek amacıyla çalışmanın yürütüldüğü üniversitede Temel Fizik I dersinde kullanılan "Fen ve Mühendislik için Serway Fizik 1" kitabı analiz edilmiştir.

### **Üniversite 1. Sınıf Öğrencilerinin Enerji Kavramı ile İlgili Bireysel Tanımlarının Dair Bulguların Elde Edilmesi**

Çalışmanın 1. 8. başlığında verildiği gibi Chevillard'a göre bireysel tanıma, bireyin bir konu hakkındaki bilgi, beceri, algılama ve yeteneklerinin tümü; özetle, bireyle bilgi



arasındaki ilişkinin bütünüdür. Bir X bireyinin bir I (Fizik) kurumu tarafından tanınan O (Enerji) objesine ait bireysel tanınması, I kurumunun O' ya ait kurumsal tanınması çerçevesinde değişecek ve gelişecektir. Herhangi bir O objesi bir kurum tarafından tanınmaya başladığında ancak var olmaya başlar ve o kurumun kurumsal tercihlerine bağlı olarak yeni özellikler kazanır. Bu tercihler genellikle bir talep sistemi kapsamında tanımlanır (Sağlam, 2004). Bireysel tanınmanın tüm özelliklerini tek bir çalışma ile tespit etmek mümkün olmayacağı için bu araştırma da özellikle iki nokta üzerinde duracaktır:

- ▶ Enerji kavramının algılanma durumları,
- ▶ Kurumsal olarak tanınması öngörülen tekniklerin kullanılma durumları.

Öğrencilerin bireysel tanımları ile ilgili olarak aşağıdaki soruların cevaplanması amaçlanmaktadır:

- ▶ Öğrencilerin enerji kavramına ait bireysel tanımlarının en önemli özellikleri nelerdir?
- ▶ Aynı kavrama ait bireysel tanımlar ile kurumsal tanımlar ne derece örtüşmektedir?
- ▶ Kurumsal tercihlere bağlı olarak öğrencilerde ne tür anlama güçlükleri bulunmaktadır?

Bir X bireyinin herhangi bir O objesine ait bireysel tanınmasının tespiti, X'in O objesi hakkında bildiklerini ortaya koyabileceği bir ortamın varlığını gerektirmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında seçilen örnekleme sunulmak üzere açık uçlu sorulardan oluşan bir veri toplama aracı geliştirilerek uygulanmıştır (bkz., 2.1.2.2.).

### **Uygulamanın Gerçekleştirilmesi**

Uygulama, Fen Edebiyat Fakültesinde Temel Fizik I dersi alan 36 öğrenci (16 fizik bölümü öğrencisi, 20 fizik öğretmen adayı) ile 2006–2007 eğitim öğretim yılı güz yarıyılında gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere 8 adet açık uçlu problem den oluşan ölçme aracı, 90 dakikalık sanal bir sınav<sup>7</sup> formatında sunulmuştur. Uygulama öğrencilerin 2. ara sınavından bir gün önce gerçekleştirilerek öğrencilerin konuyla ilgili hazırlıklı olmalarına dikkat edilmiştir.

---

<sup>7</sup> İlgili öğretim üyesince uygulamanın notla değerlendirileceği öğrencilere söylenerek gerçekleştirilmiştir. İnandırıcılığın artırılması için araştırma görevlileri sınavda gözetmen olarak bulunmuşlardır.

Öğrencilerin sorulara özenle cevaplar vermelerini sağlamak amacıyla uygulama sınav formatında gerçekleştirilmiştir. Bu durum araştırmacıya detaylı ve güvenilir veri elde etme fırsatı sağlamıştır.

#### 2.1.2.4. Verilerin Analizi

Bu çalışmada kurumsal tanımayı belirlemek için kullanılacak veri kaynaklarının analizinde Didaktiğin Antropolojik Teorisi kapsamında yer alan Ekolojik Yaklaşım (Ecological Approach) ve Prakseolojik Yaklaşım (Praxeological Approach) kullanılmıştır. Bireysel tanımlar belirlenirken ise her problem durumu Prakseolojik Yaklaşım kullanılarak analiz edilmiştir. Aşağıda sırasıyla Ekolojik ve Prakseolojik Yaklaşımlar tanıtılacaktır.

##### 2.1.2.4.1. Ekolojik Yaklaşım

Ekoloji, çevre bilimi, sözlük anlamıyla canlıların hem kendi aralarındaki hem de çevreleriyle olan ilişkilerini tek tek veya birlikte inceleyen bir bilim dalıdır. Bir canlının varlığını ve davranışlarını etkileyen ve birincil faktör olan “çevre” biyolojik ekolojinin temel konusudur. Çünkü “*biotik bir topluluk açık ve net bir şekilde biyotik olmayan çevresinden ayrılamaz*” (Linderman, 1942 aktaran Sağlam Arslan, 2005).

Çevre kavramı bağlamında bir ekolojik sistem ile ilgili olarak ‘hangi canlının var olduğu ve niçin var olduğu, hangi canlının var olmadığı ve niçin olmadığı, hangi canlılara yaşam hakkı tanındığı veya tanınmadığı, hangi canlıların var olabileceği ve bunun neler gerektirdiği...’ gibi algılama soruları biyolojik ekolojinin odağını oluşturmaktadır. Buda göstermektedir ki ekolojinin araştırma konusu gerçeği sorgulamaktır.

Dikkat edildiği üzere canlılar, bu sorgulamaların merkezinde yer almaktadır. Bilginde bir didaktik ekolojik sistemde doğduğu, geliştiği ve değiştiği göz önüne alındığında, canlılar gibi var olma şartlarının incelenmesi uygun ve gereklidir. Bu bağlamda, Sağlam-Arslan (2005) didaktikte 4 farklı ekolojik sistem olduğunu bildirmektedir:

- ▶ Bilginin üretildiği, bilimsel ekolojik sistem,
- ▶ Bilginin öğretildiği, kurumsal (okul) ekolojik sistem,

- ▶ Bilginin bazı ‘görevleri/talepleri’ gerçekleştirmek üzere kullanıldığı, mesleki ekolojik sistem,
- ▶ Bilginin aktarılma (transfer edilmek) üzere işlendiği Noosfere ait ekolojik sistem.

Bir objenin (bilginin) bir sistemde var olabilmesi için de söz konusu objenin bir çevre’ye sahip olması gerekir. Bu çevrenin görevi söz konusu objenin yaşamı için gerekli şartları yaratmak ve objenin kavramsal bir bütünlük içinde yer almasını sağlamaktır. Buda göstermektedir ki, bu çevrede objenin etkileşime girebileceği bir objeler kümesi vardır.

Sonuç olarak didaktikte ekolojik yaklaşımın amacı, yukarıda anlatılanlar çerçevesinde bilginin var olma şartlarını sorgulamaktır. Bu sorgulama iki kavram temelinde gerçekleşmektedir: *habitat* ve *işlev*.

Rajonson (1988 akt. Sağlam 2004) *habitat* ve *işlev* kavramlarını aşağıda görüldüğü gibi tanımlamaktadır:

- ▶ *Habitat (bulunma yeri): bir objenin (bilgi,kavram,...) bulunabildiği farklı yerler o objenin habitatı olarak adlandırılır. Diğer bir ifadeyle habitat ele alınan objenin adresidir.*
- ▶ *İşlev (görev) ekolojik; herhangi bir objenin bulunduğu habitatta sahip olduğu görevi tanımlar. Bir başka deyişle işlev o objenin “mesleği”, “yaşamı sürdürme şekli”dir.*

Yukarıda anlatılanların çerçevesinde, bir objenin (bilginin, kavramın ...) yaşam bulduğu bir kurumdaki var olma şartlarının incelenmesinde ekolojik yaklaşımın kullanılması anlamlı ve gereklidir. Bu bakış açısı ile ekolojik yaklaşımla ilişkili olarak bu bölüm kapsamında aşağıda sıralanan sorular sorulmuştur:

- ▶ Kurumsal olarak enerji kavramı nerelerde bulunmaktadır?
- ▶ Enerji kavramının bulunduğu yerlerdeki görevleri nelerdir?

Herhangi bir I kurumunun bir O nesnesine ilişkin kurumsal tanımının belirlenmesinde ekolojik analiz genel bilgilere ulaşmak için gereklidir. Ancak ekolojik yaklaşımın tek başına kullanılması kurumsal tanımayı tam olarak yansıtmada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada prakseolojik analiz yaklaşımı da kullanılacaktır.

#### 2.1.2.4.2. Prakseolojik Yaklaşım

Antropolojik yaklaşımın temel düşüncesi olan, kelime olarak *pratik* (praxis) ve *bilgi* (logos) kelimelerinin birleşimden oluşan prakseolojik yaklaşım (Timermann, 2005), matematiksel ve diğer insan aktivitelerinin teoriksel yapısını modellemektedir (Winslow, 2006).

İnsan aktiviteleri özelde bir talebe/isteğe karşılık gelir. Yani bir talebin sonuçlandırılması aktiviteyi gerektirir. Kuramda, matematik didaktiğinin temelleri içinde gelişen bu aktiviteler, diğer disiplinlerce de uygulanabilir; yani bu durum tüm disiplinlere genellenebilir (Rump ve Winslow, 2007). Diğer bir ifade ile prakseolojik yaklaşımın objesi, kurumsallaşmış insan aktiviteleridir. Bu aktivitelerse yukarıda belirtildiği gibi belirli taleplere karşılık olarak düşünülür.

Ginesite'ye (2006) göre “talep ve aktivite”, konu ile öğretme ve öğrenme mantığı arasındaki etkileşimi karakterize eder. Ona göre konu, bilgi organizasyonundan kaynaklanır ve epistemolojik bir çalışmayı gerektirir. Öğretme, öğretmenin profesyonel aktivitelerini, stilini, yapma tarzını, geliştirdiği vücut dilini içine alır. Öğrenme ise, öğrenme teorileri ile ilgilidir. Burada dikkati çeken nokta, bir konunun öğretilmesi ve öğrenilmesi çalışmalarında talebin rolünün önemidir.

1998'de Y. Chevallard tarafından ortaya atılan prakseoloji kavramına göre bir kurumda bir p pozisyonuna sahip bir bireyin tüm aktiviteleri bireyin karşılaştığı talep sistemi içerisinde şekillenir. Prakseoloji kavramının 4T olarak adlandırılan dört temel bileşeni vardır, bunlar: *Talep tipi*, *Teknik*, *Teknoloji* ve *Teori*.

Prakseolojik yaklaşımın birinci bileşeni talep tipi olarak adlandırılır ve T ile gösterilir. “Düzgün doğrusal hızlanan bir cismin belirli bir süre sonundaki hızını hesaplama”, “iki vektörün bileşkesini hesaplama” gibi. Prakseolojik yaklaşıma göre bir talep tipinin (T) varlığı, onun yerine getirilme veya gerçekleştirilme şeklinin tanımlanmasını gerektirir. Bu yapma şekline teknik denir ve  $\tau$  ile gösterilir. Teknik bir talebi gerçekleştirmek için ortaya konan düzenli ve organizeli jestlerin bütünüdür. Herhangi bir kurumda bir talep tipini yerine getirmek için bir ya da daha çok teknik (çözüm yolu) olacaktır. Talep tipleri ve tekniklerden oluşan bu bağlantılı parçalar kümesine “*pratik bloğu*” denir.

Pratik bloğunun ikinci bileşeni olan teknik, onun kullanımını sağlayacak nitelikte makul ve usa uygun açıklamalarla pekiştirilir. Söz konusu açıklamalar prakseolojik

modelin üçüncü bileşenini oluşturur, teknoloji olarak adlandırılır ve  $\theta$  ile gösterilir. Bu üçüncü bileşenin üç işlevi vardır:

- i. Teknoloji talep tipini gerçekleştirmek için belirlenen tekniği ( $\tau$ ), onun ilgili talep tipi geçerliliğini göstererek doğrular,
- ii. Teknoloji tekniği açıklar ve anlaşılır kılar,
- iii. Tekniği ispatlar ve bulunmasını sağlar.

Yine, bir veya daha fazla pratik bloklarla ilişkilendirilen teknoloji doğrulanmaya ihtiyaç duyacaktır. Teknolojiyi doğrulayıcı söylevlere ise teori adı verilip  $\Theta$  ile gösterilir. Teorinin amacı teknolojiyi açıklamak ve doğrulamaktır. Diğer bir deyişle *teori* teknolojinin *teknolojisidir*. Verilen kurumsal bir bağlamın içinde, teknoloji ve teori çifti yakından ilişkili olup “*bilgi bloğunu*” oluşturur (Chevallard, 1989).

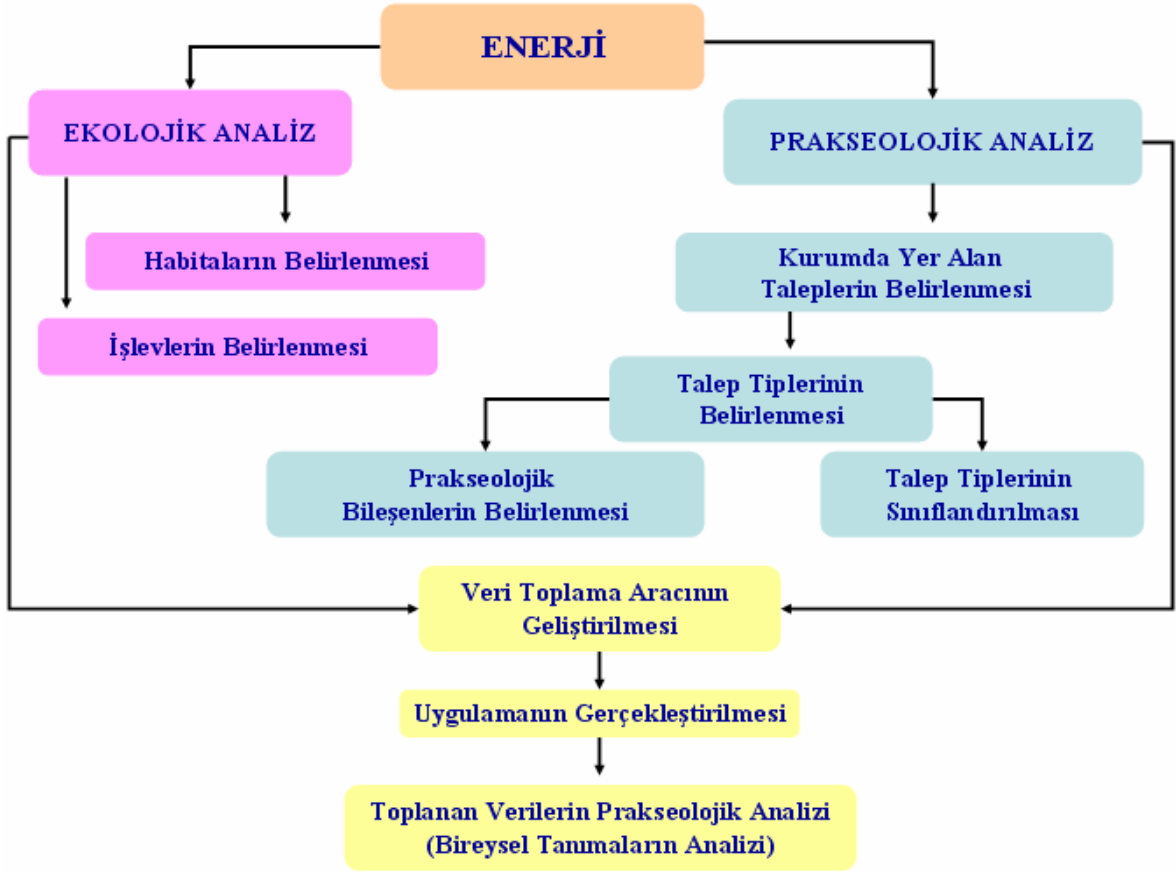
Özetle, yukarıda verilen bilgilerin sonucu olarak prakseolojinin talep tipi ve tekniği içeren pratik blok ve teknoloji ve teoriyi içeren teorik (bilgi) blok olmak üzere iki yapıdan meydana geldiği görülmektedir.

Yukarıda anlatılanların ışığında Prakseolojik yaklaşımın bir kavramın (bilginin) herhangi bir kurumda öğretilme durumlarının detaylı analizi için vazgeçilmez olduğu açıktır. Bu bakış açısı ile Prakseolojik yaklaşımla ilişkili olarak bu bölüm kapsamında aşağıda sıralanan sorular sorulmuştur:

- ▶ Kurumsal olarak enerji kavramıyla ilgili hangi talep tipleri ele alınmaktadır?
- ▶ Talep tiplerine eşlik eden ne tür teknikler bulunmaktadır?
- ▶ Teknikleri açıklayan ve doğrulayan ne tür teknolojik açıklamalar bulunmaktadır?
- ▶ Teknolojileri açıklayan teoriler mevcut mudur?

#### **2.1.2.5. Çalışmada İzlenecek Uygulama Adımlarının Belirlenmesi**

Yukarıda verilenlerin çerçevesinde çalışma aşağıda verilen aşamalar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Kurumsal analiz çerçevesinde izlenen uygulama adımları

### **3. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Bu bölümde kurumsal ve bireysel tanımların özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan analizlerden elde edilen bulgular ve tartışmaları iki ayrı başlıkta (3.1 ve 3.2) sunulacaktır.

#### **3.1. Enerji Kavramına İlişkin Üniversite 1. Sınıf Öğrencilerinin Kurumsal Tanımları**

Hatırlanacağı gibi bölüm 2’de (bkz. 2.1.2.3. ve 2.1.2.4.) kurumsal tanımların özelliklerinin ekolojik ve prakseolojik analiz yaklaşımları ile belirleneceği belirtilmişti. Bu analiz yaklaşımlarından elde edilen bulgular aşağıda sırasıyla sunulacaktır.

##### **3.1.1. Ekolojik Analiz Sonucu Elde Edilen Bulgular**

Ekolojik yaklaşım kullanılarak enerji kavramının bulunduğu habitatlar ve bu habitatlarda sahip olduğu işlevler belirlenmiştir.

Enerji analiz edilen kaynak kitapta “İş ve Kinetik Enerji” ve “Potansiyel Enerji ve Enerjinin Korunumu” isimli iki farklı ünite bulunmaktadıdır.

1. ünite kaynak kitabın mekanik enerji ile ilişkili olarak temelde iş ve kinetik enerjiyi tanıttığı ve bu bağlamda vektör, kuvvet, güç ve hız kavramları üzerine odaklandığı belirlenmiştir. 2. ünite ise, yine mekanik enerji ile ilişkili olarak potansiyel enerji ve enerjinin korunumu ilkesinin tanıtıldığı ve bu bağlamda korunumlu ve korunumsuz kuvvet kavramları ile kuantumlanma ve kütle-enerji eşdeğerliği durumlarının irdelendiği belirlenmiştir.

Yukarıda verilen ünite başlıklarına ait içerikler incelendiğinde, enerji kavramının öğretim yaklaşımında iş kavramının tanıtımı ve bu kavram üzerine inşa edilmesi ilkesinin benimsediği görülmektedir. Enerjinin işlevinin ise bu tanımlama doğrultusunda geliştirildiği görülmektedir. Buna göre enerjinin kaynak kitaptaki temel görevi, günlük yaşamda gerçekleştirilen taşıma, ısıtma, aydınlanma gibi durumların yerine getirilmesinde gerekli olan kavramın soyut varlığını açıklamaktır.

Bu doğrultuda kurumda enerji, 1. ünite içeriğinde cismin hareketi ve 2. ünite içeriğinde birbirine kuvvet uygulayan nesnelerin oluşturduğu bir sistemin düzenlenişi açıklama ile ilişkilendirilmektedir. Bu açıklamalarda ise kinetik ve potansiyel enerji formları, enerji korunumu, iş-kinetik enerji teoremi gibi temel konular dikkat çekmektedir. Bir cismin hareketinin algılanmasında kinetik enerji, nesnelerin oluşturduğu bir sistemin düzenlenişinin açıklanmasında potansiyel enerji ve enerjinin temel olarak var veya yok oluşunun algılanmasında enerjinin korunumunun irdelendiği görülmektedir. Ancak bu açıklamaların algılanmasında enerjinin dönüşümü ve transferi gibi özelliklerinin yeterince irdelenmediği, dolayısıyla enerjinin algılanmasını kolaylaştıracak bazı işlevlerin verilmediği dikkat çekmektedir.

### **3.1.2. Prakseolojik Analiz Sonucu Elde Edilen Bulgular**

Herhangi bir kurumda bir p pozisyonunda bulunan bir bireyin herhangi bir bilgiye ilişkin kurumsal tanımını belirlemek amacıyla prakseolojik yaklaşım kullanıldığında, öncelikle o bireyin karşı karşıya kaldığı talep tipleri belirlenmelidir. Prakseolojik yaklaşımın birinci bileşeni olan talep tipleri belirlendikten sonra bu taleplerin gerçekleştirilmesi için kullanılacak tekniklerin tespit edilmesi (genel anlamda metotların belirlenmesi) ve bu teknikleri kullanılabilir ve anlaşılabilir kılan açıklamaların belirlenmesi gerekir. Tüm bu bileşenlerin eksiksiz bir şekilde tanımlanması aslında söz konusu kurumun ilgili kavrama yönelik ele aldığı tüm içeriğin ortaya çıkarılmasını sağlamış olur.

Bu doğrultuda öncelikle kurumda yer alan taleplerden hareketle talep tipleri belirlenecektir.

#### **3.1.2.1. Talep Tiplerinin Belirlenmesi**

Üniversite 1. sınıf seviyesinde kullanılan kaynak kitapta bulunan çözülmemiş problemlerin analizi, kurumsal olarak öğrencilerin her iki ünite de 52 talep tipini oluşturan toplam 293 adet taleple karşılaştığını göstermektedir. Aşağıdaki tablo öğrencilere kurumsal olarak sunulan talep tiplerini ve tekrarlanma durumlarını özetlemektedir.



Tablo 3. Talep tipleri tablosu

TALEP TIPLERİ		Talep Sayısı
T1	Yaydaki sıkışma-gerilmeyi hesaplama	17
T2	Durma uzaklığını bulma	1
T3	Yaydaki durma uzaklığını bulma	3
T4	Gidilen uzaklığı bulma	1
T5	Yüksekliği hesaplama	9
T6	Yayın uzama miktarını hesaplama	1
T7	Kuvvetin yaptığı işi hesaplama	42
T8	Kuvvet-yer değiştirme eğrisinde işi hesaplama	8
T9	Yayı çekmekle yapılan işi hesaplama	1
T10	Yayı (ipi) germekle yapılan işi hesaplama	3
T11	Sürtünme nedeniyle kaybolan enerjiyi hesaplama	4
T12	Sürtünme kat sayısının hesaplanması	5
T13	Sürtünme kuvvetini hesaplama	3
T14	Verilen güce karşı uygulanan direnç kuvvetini hesaplama	1
T15	Kuvveti hesaplama	13
T16	İvmeli harekette kuvveti hesaplama	3
T17	Yay kuvvetini hesaplama	2
T18	Sürüklenme kuvvetini hesaplama	1
T19	Yay sabiti birimini bulma	1
T20	Birim zamanda yapılan işi (gücü) hesaplama	5
T21	İş yapma hızını (gücü) hesaplama	7
T22	İki vektörün skaler çarpımını hesaplama	5
T23	İki vektör arası açığı hesaplama	4
T24	Bir vektörün doğrultu kosinüslerini bulma	1
T25	Bir vektörün büyüklüğünü hesaplama	1
T26	Yay sabitini hesaplama	4
T27	Kuvvet sabitini hesaplama	1
T28	Kinetik enerjiyi hesaplama	14
T29	Maksimum kinetik enerjiyi hesaplama	3
T30	Korunumlu sistemlerde kinetik enerjiyi hesaplama	10
T31	Toplam işi hesaplama	6
T32	Yüksek hızlarda kinetik enerjiyi hesaplama	5
T33	Hızı hesaplama	18
T34	Korunumsuz kuvvetlerin etkilediği sistemlerde hızı hesaplama	12
T35	Korunumlu kuvvetlerin etkilediği sistemlerde hızı hesaplama	14
T36	Korunumsuz bir yay sisteminde hızı hesaplama	3
T37	Kuvvet etkisinde ivmeli hareket yapan cismin son hızını hesaplama	4
T38	Yayın oluşturduğu hızı hesaplama	3
T39	Zamanı hesaplama	2
T40	Kütle hesaplama	2
T41	İvmeyi hesaplama	2
T42	Potansiyel enerjiyi hesaplama	11
T43	Kuvvetin korunumlu-korunumsuz olduğunu açıklama	5
T44	Kuvvet-yol grafiği çizme	3
T45	Potansiyel enerji-yol grafiği çizme	3
T46	Cisimlerin enerji eşdeğerliğini bulma	1
T47	Kararlı-kararsız doğal denge durumlarını açıklama	5
T48	Açıyı hesaplama	5
T49	Kuvvet ve yola bağlı yapılan işi açıklama-yorumlama	6
T50	Kinetik enerjiyi açıklama-yorumlama	3
T51	Enerji korunumunu açıklama-yorumlama	4
T52	Potansiyel enerjiyi açıklama-yorumlama	2
52	TOPLAM	293

Tablo 3'te kurumun daha çok "T<sub>1</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>28</sub>, T<sub>33</sub>, T<sub>35</sub>, T<sub>15</sub>" gibi toplam 6 talep tipi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Kurumda yer alan talep sayısının fazlalığı ve çeşitliliği ise talep tipi sayısının yüksekliğine neden olmaktadır. Bu nedenle daha detaylı bir analiz gerçekleştirilebilmek için bu çalışmada talep tipleri ve talepler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- ▶ Talep tiplerinde enerji kavramının araç veya obje olma durumu,
- ▶ Talep tiplerinin ilişkili olduğu etkinlik türü,
- ▶ Taleplere yönelik yardım/ipucu bulunma durumu.

### **Talep Tiplerinin Enerjinin Araç veya Objeye Olma Durumlarına Göre Sınıflandırılması**

Bu sınıflandırma, enerjinin ilgili talep tipinde sahip olduğu pozisyon (obje-arac) dikkate alınarak yapılmıştır. Talep tiplerinde enerjinin araç veya obje olarak kullanılması, enerjinin talebin gerçekleştirilmesindeki kullanımı ile ilgilidir. Buna göre enerjinin herhangi bir talep tipinde obje statüsünde olması, o talep tipinin gerçekleştirilmesi sonucunda enerji ile ilgili nicel veya nitel verilere ulaşılması anlamındadır. Bir başka ifade ile talep tipine ait herhangi bir talebin gerçekleştirilmesi ile ulaşılmak istenen enerji kavramı ile ilgili bir sonuçtur. Enerjiyi açıklama ve hesaplama bu talep tiplerine örnek olarak verilebilir. Diğer taraftan enerjinin herhangi bir talep tipinde araç statüsünde olması o talep tipinin gerçekleştirilmesinde enerji kavramından yararlanılması anlamını taşımaktadır. Bu durum hızın, uzaklığın, kuvvetin, ivmenin, vb. kavramlara ait nicel değerlerin hesaplanmasında enerjinin kullanılması ile örneklenebilir. Talep tiplerinde enerjinin araç veya obje olma durumlarına göre sınıflandırılması Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Talep tiplerinde enerjinin araç veya obje olma durumlarına göre sınıflandırılması

<b>Talep Tiplerinde Enerji</b>	<b>Talep Tipi Sayısı</b>	<b>Yüzde</b>	<b>Talep Sayısı</b>	<b>Yüzde</b>
Objeye durumundadır	21	40,4	140	47,8
Araç durumundadır	20	38,5	125	42,66
Diğer talep tipleri	11	21,1	28	9,54
<b>TOPLAM</b>	<b>52</b>	<b>100</b>	<b>293</b>	<b>100</b>

Yukarıdaki tablo incelendiğinde enerjinin, 21 talep tipinde (% 40 oranla) obje durumunda olduğu, 20 talep tipinde (% 39 oranla) araç durumunda olduğu görülmektedir.

Diğer talep tiplerinin ise (% 21 oranla) enerji ile ilgili olmayan önceki ünitelere ait konularla ilgili olan talep tipleri olduğu tespit edilmiştir. İki vektör arası açının hesaplanması, ivmenin hesaplanması, yay sabitinin hesaplanması, hızın hesaplanması, vb. talepler bu durumlar için örnek olarak verilebilir.

Enerjinin obje statüsünde bulunduğu talep tiplerinin sayısına bakıldığında bu talep tiplerinin kitapta yer alan tüm talep tiplerinin yarısından daha azına denk geldiği görülmektedir. Buda göstermektedir ki kurum diğer talep tiplerinde, ders kitabının önceki ünitelerine ait kavramların taleplerine önem vermektedir. Her ne kadar bazı talep tiplerinde enerji araç statüsüne sahip olsa da bu durumun yeterliliği tartışılmalıdır. Bu tür talep tiplerinde kurum, enerji ve işlevlerini öğretme amacından ziyade kullanımı üzerinde durmaktadır.

Özetle, bu sınıflama sonucunda, ilgili ünitelerde kurumun öğretim veya kullanım amaçlı olarak enerjiyi odağına aldığı talep tipi sayısının gerçekte 41 olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu noktada enerjiyi içermeyen 11 talep tipinin (talep sayısı 28) önemli bir değerle kurumda yer alması dikkat çekmektedir.

Kurumda yer alan talep tiplerinin çeşit yeterliliğini ve hangi konularda yoğunlaştığını tespit etmek amacıyla talep tipleri uygulanma temalarına (konularına) göre yeniden sınıflandırılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Talep tiplerinin uygulanma temasına göre sınıflanması

	No	Uygulanma Teması			Talep tipi		Genel Yüzde
					Sayısı	Yüzde	
Enerji obje statüsünde	1	İş	1	Kuvvete veya yola bağlı olarak yapılan iş	6	11,54	40,4
	2	Enerji	1	Kinetik enerji	5	9,62	
			3	Potansiyel enerjiyi	2	3,83	
			4	Enerji korunumunu	1	1,92	
			5	Cisimlerin enerji eşdeğerliği	1	1,92	
			6	Kararlı-kararsız doğal denge durumları	1	1,92	
			7	Kaybolan <sup>8</sup> enerji	1	1,92	
3	Güç			3	5,77		
4	Grafiksel öğeler (ile hesaplama yapma)			1	1,92		
Enerji araç statüsünde	1	Kuvvet			6	11,54	38,5
	2	Hız			5	9,62	
	3	Uzunluk			4	7,70	
	4	İlgili sabitler			3	5,77	
	5	Kütle			1	1,92	
	6	Açı			1	1,92	

<sup>8</sup> Bu kodlama kurumda aynen yer almaktadır. Yanlışlığının vurgulanması için bu çalışmaya aynen alınmıştır.

Tablo 5'in devamı

Diğer talep tipleri	1	Vektörel işlem	4	7,70	21,1
	2	Uzunluk	2	3,83	
	3	Zaman	1	1,92	
	4	Yay sabiti	1	1,92	
	5	İvme	1	1,92	
	6	İvmeli harekette kuvvet	1	1,92	
	7	Hız	1	1,92	

Yukarıdaki tabloda sunulan veriler, okunabilirliği artırmak amacıyla, enerjinin sahip olduğu statü dikkate alınarak detaylandırılacaktır.

Enerjinin obje statüsünde olduğu talep tipleri: Tablo 5'e göre öğrenciler sıklıkla "hız, kuvvet, kuvvete veya yola bağlı olarak yapılan iş ile kinetik enerji" temalarına ait talep tipleri ile karşılaşmaktadırlar. Kurum bu temalara toplam 21 farklı talep tipi ile yer vermektedir. Bu talep tipleri arasında 6 talep tipi, "kuvvete bağlı yapılan iş", 5 talep tipi ise "kinetik enerji" ile ilgilidir. Buna göre kurumun yüzdeleri az olan diğer temalara yeterince yer vermediği söylenebilir. Diğer taraftan enerjinin transferi ve dönüşümü gibi konularla ilgili talep tiplerinin kurumda yer almadığı da açıkça görülmektedir.

Enerjinin araç statüsünde olduğu talep tipleri: Yukarıdaki tablodan enerjinin araç durumunda olduğu talep tiplerinin, daha çok "kuvvet" ve "hız" temaları ile ilgili olduğu net olarak görülmektedir. Bu temalarla ilgili toplam 11 farklı talep tipinin varlığı kurumun söz konusu temalara verdiği önemi açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca bu iki tema ilgili talep tiplerinde yer alan talep sayılarına bakıldığında 75 talep olduğu (bakınız Tablo 3, sayfa 47) görülmektedir. Bu ise tüm taleplerin % 26'sı gibi önemli bir orana denk gelmektedir. Ayrıca bu talep tiplerine ait talepler, enerjinin araç olarak kullanıldığı tüm taleplerinde % 60'ına denk gelmektedir ki, bu kurumun "kuvvet" ve "hız" ile ilgili temalara verdiği önemi daha da net bir şekilde ortaya koymaktadır.

### **Talep Tiplerinin İlişkili Oldukları Aktivitelere Göre Sınıflandırılması**

Öğrencilerin kurumda karşı karşıya kaldıkları problemlerin ve egzersizlerin niteliklerini belirlemek amacıyla talep tipleri ilişkili oldukları aktivite durumlarına göre sınıflandırılmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Talep tiplerinin aktivite durumlarına göre sınıflandırılması

Aktivite Durumları	Talep Tipi Sayısı <sup>9</sup>	Yüzdesi	Talep Sayısı	Yüzdesi
1 Hesaplama yapma	44	78,57	262	85,9
2 Açıklama-yorumlama yapma	6	10,71	25	8,19
3 Karşılaştırma yapma	3	5,36	4	1,31
4 Grafik ile gösterme	2	3,57	6	1,98
5 Grafiği çözümüleme-anlama	1	1,79	8	2,62

Kurumda yer alan talep tipleri hesaplama, açıklama-yorumlama, karşılaştırma, grafik gösterimi ve grafiğin çözümlenmesi veya anlaşılmasını gerektirenler olmak üzere 5 farklı şekilde sınıflanmaktadır.

Tablo 6’da görüldüğü gibi kurum tarafından sunulan talep tiplerinin büyük bir çoğunluğu (%79) hesaplama yapmayı gerektirmektedir. Buna göre kurumun hesaplama gerektiren aktivitelere daha çok önem verdiği söylenebilir. Buda göstermektedir ki kurum enerji kavramının öğretimi ile ilgili olarak nicel bir bakış açısına sahiptir.

Ayrıca yukarıda ki tabloda nitel düşüncelerle etkileşimi temel alan talep tipi açıklama ve yorumlama gerektiren talep tipleri olup, bu talep tiplerinin sayısı 6’dır. Bu durum açıklama ve yorumlama gerektiren talep tiplerinin kurumda yer alan tüm talep tipleri içinde oldukça düşük (%11) oranda olduğunu göstermektedir. Kurum tarafından sunulan problemlerin büyük çoğunluğunun gerektirdiği hesaplama yönelik talep tiplerinin hangi konularda yoğunlaştığını belirlemek amacıyla aşağıdaki sınıflama yapılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Hesaplama gerektiren talep tiplerinin konularına göre sınıflandırılması

	Talep Tipi Sayısı	Talep Sayısı
Hızı hesaplama	6	54
Uzaklığını bulma	6	32
Kuvveti hesaplama	6	23
İşi hesaplama	5	60
Kinetik enerjiyi hesaplama	4	32
Vektörlerle ilgili hesaplamalar	4	11
İlgili sabitleri hesaplama	4	11
Gücü hesaplama	2	12
Potansiyel enerjiyi hesaplama	1	11
Kaybolan enerjiyi hesaplama	1	4
Diğer hesaplamalar	5	12
TOPLAM	44	262

<sup>9</sup> İş tiplerine ait işlerin bazılarının birden fazla aktivite durumu ile ilgili olması sebebiyle 4 talep tipi iki defa sınıflandırılmaya dâhil edilmiştir. Buna karşın yüzdeler hesaplaması toplam 56 talep tipi üzerinden yapılmıştır.

Yukarıdaki tablo, hesaplama gerektiren talep tiplerinin daha çok iş, hız, uzaklık, kinetik enerji ve kuvvet konuları ile ilgili olduğunu ve diğer konularla ilgili olan talep tipi sayılarının düşük olduğunu göstermektedir.

### **Taleplere Yönelik Yardım/İpucu Bulunma Durumu**

Yukarıda ifade edilen sınıflamaların yanı sıra kurum tarafından verilen taleplerin bazılarında, kurumun öğrencilere talebi nasıl gerçekleştirmeleri gerektiği ile ilgili yönlendirmeler veya ipuçları verdiği tespit edilmiştir. Tablo 8’de yapılan sınıflandırma görülmektedir.

Tablo 8. Talep tiplerinin gerçekleştirilme durumlarına göre sınıflandırılması

<b>Talepler</b>	<b>Talep Sayısı</b>
Gerçekleştirilmesinde ipucu veya yönlendirme olan talepler	35
Gerçekleştirilmesinde ipucu veya yönlendirme olmayan talepler	258

Tablo 8’de görüldüğü gibi kurum tarafından sunulan taleplerin büyük çoğunluğunda (%88) talebin gerçekleştirilmesinde kullanılacak tekniğin tercihi öğrencilere bırakılmaktadır. Diğer taleplerde ise (% 12) kurum ipucu vermekte veya yönlendirmelerde bulunmaktadır. Burada, ipucundan kasıt problemin çözümü için gerekli olan (sürtünme kuvvetini ihmal ediniz gibi) bilgiler olmayıp tekniğe dair verilen (enerjinin korunumu yasasından faydalanarak gibi) bilgilerdir. Yardım veya ipucu içeren taleplerin ilişkili konular aşağıdaki gibidir;

Tablo 9. İpucu veya yönlendirme verilen taleplerin konularına göre sınıflandırılması

	<b>Talep Sayısı</b>
1 Hızı hesaplamayı içeren talepler	11
2 Kuvveti açıklama, hesaplama veya kuvvete bağlı yapılan işi hesaplamayı içeren talepler	9
3 Uzunluk hesaplamalarını içeren talepler	7
4 Kinetik enerjiyi hesaplamayı içeren talepler	3
5 Diğer talepler	5

Tablo 9’da görüldüğü gibi ipucu ve yönlendirmeler “kuvveti hesaplama ve açıklama, hızı hesaplama ve uzunluk hesaplamaları” konular üzerine yoğunlaşmaktadır.

### 3.1.2.2. Talep Tiplerine Ait Prakseolojik Bileşenlerin Belirlenmesi

Bu bölümde enerji kavramına ilişkin üniversite öğrencilerinin kurumsal tanınmalarının prakseolojik bileşenleri, pratik ve bilgi blokları, sunulacaktır. Bu aşamada öncelikle her bir talep tipine yönelik prakseolojik bileşenler belirlenmiştir. Buna göre kurumun genellikle herhangi bir talep tipine yönelik olarak bir teknik verdiği, nadiren bazı talep tipleri için alternatif teknikleri formül olarak verdiği (ancak kullanımını göstermediği) belirlenmiştir. Ayrıca incelenen kitapta yer alan tekniklerin en genel formuyla verildiği ve bu tekniklerin ilgili talep tipine uyarlama görevinin öğrencilere bırakıldığı tespit edilmiştir. Bununla beraber genellikle kurumda, enerji kavramı ile ilişkili, pratik bloklarını doğrulayacak bilgi bloklarına yer verildiği de görülmüştür. Ancak diğer talep tiplerine ait teknikleri doğrulayıcı nitelikte olan bilgi bloklarının önceki üniteler içeriğinde sunulduğu vurgulanmalıdır.

Talep tiplerinin tamamına ait yapılan prakseolojik analizin (bkz., Ek Tablo 2, sy. 130) burada sunulması çalışmanın okunmasını olumsuz yönde etkileyebileceği düşüncesiyle, aşağıda incelenen kaynak kitapta en çok karşılaşılan 5 talep tipine ait prakseolojik bileşenler sunulmuştur (Tablo 10).

Tablo 10. Kaynak kitapta en sık karşılaşılan talep tipleri

Talep Tipleri		Yüzdesi
T <sub>7</sub>	Kuvvetin yaptığı işi hesaplama	14,3
T <sub>33</sub>	Hızı hesaplama	6,1
T <sub>1</sub>	Yaydaki sıkışma-gerilmeyi hesaplama	5,8
T <sub>28</sub>	Kinetik enerjiyi hesaplama	4,8
T <sub>35</sub>	Korunumlu kuvvetlerin etkilediği sistemlerde hızı hesaplama	4,8

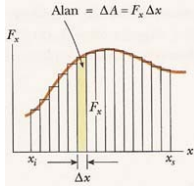
#### T<sub>7</sub>: Kuvvetin yaptığı işi hesaplama

'Kuvvetin yaptığı işi hesaplama' olarak adlandırılan T<sub>7</sub> bir kuvvetin yaptığı işi cebirsel işlemler yardımıyla bulmayı gerektirmektedir. Buna göre bu talep tipini yerine getirilebilmesi için kullanabilecek teknik aşağıdaki gibidir.

$$\text{Teknik: } W = \int_i^s F \cdot ds \quad (\text{Serway Fizik 1, s.189})$$

Öğrenciler bu teknikte verilen kavramları soruda istenen durumlara uyarlamakla yükümlüdür. Bu durum, kuvvetin yer değiştirme yönündeki bileşenini bulmak için açığı dikkate alma ile örneklenebilir.

Yukarıda verilen teknik kurumda 7. Ünite içeriğinde sunulan açıklamalarla doğrulanmaktadır. Bu açıklamalar sabit ve değişken kuvvetlerin yaptığı işi konu almaktadır. Kaynak kitap öncelikle düz bir zemin üzerinde bulunan bir tahta silgisi üzerine etkiyen kuvvetin, silgiyi hareket ettirmede ne ölçüde etkili olduğunu irdeleyerek sabit kuvvetin yaptığı işi tanımlamaktadır. Kurum sabit bir kuvvetin yaptığı işi, tahta silgisinin çeşitli şekillerde itme durumunu örnekleyerek vermektedir. Buna göre bir cisme sabit bir kuvvet etkidiğinde, kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş, kuvvetin yer değiştirme yönündeki bileşeni ile yer değiştirmenin çarpımıdır ( $W = F.d \cos \alpha$ ). Dikkati çeken kavramlar ise kuvvetin yönü ve büyüklüğü ile yer değiştirmenin büyüklüğüdür. Değişken bir kuvvetin yaptığı iş ise aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.



Değişken bir kuvvetin etkisi altında x-ekseni boyunca yer değiştiren bir cisim,  $x=x_i$  den  $x=x_s$  ye yer değiştirsin. Böyle bir durumda kuvvetin yaptığı işi hesaplamak için  $W=(F \cos \alpha).d$  yi kullanamayız. Cismin şekilde tanımlanan küçük bir  $\Delta x$  yer değiştirmesi yaptığını düşünürsek, kuvvetin x bileşeni ( $F_x$ ) bu aralıkta yaklaşık olarak sabit olur. Bu durumda, bu küçük yer değiştirme için kuvvetin yaptığı iş,  $\Delta W=F_x \Delta x$  olarak ifade edilebilir. Bu tam olarak şekildeki gölgeli dikdörtgenin alanıdır.  $x_i$  den  $x_s$ 'ye olan bir yer değiştirme için yapılan toplam iş, yaklaşık

olarak tüm dikdörtgenlerin alanlarının toplamına eşittir.  $W \approx \sum_{x_i}^{x_s} F_x \cdot \Delta x$  Yer değiştirmeler

sıfıra yaklaştırılırsa, toplamdaki terimlerin sayısı sonsuza gidecektir. Fakat toplamın değeri,  $F_x$  eğrisi ile x ekseninin sınırladığı gerçek alana eşit sonlu bir değere yaklaşır:

$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{x_i}^{x_s} F_x \cdot \Delta x = \int_{x_i}^{x_s} F_x \cdot dx$  Bu belirli integral, sayısal olarak  $x_i$  ile  $x_s$  arasındaki  $F_x$  in x'e

değişim eğrisinin altındaki alana eşittir. Dolayısıyla cismin  $x_i$  den  $x_s$ 'ye yer değiştirmesi

halinde  $F_x$  in yaptığı iş  $W = \int_{x_i}^{x_s} F_x \cdot dx$  olarak ifade edilebilir.  $F_x=F \cos \alpha$  sabit olduğunda bu

eşitlik  $W=(F \cos \alpha).d$  eşitliğine indirgenir. Parçacığın  $x=x_i$  den  $x=x_s$  ye giderken  $F_x$  değişken kuvvetinin yaptığı iş ise tam olarak bu eğrinin altındaki alana eşittir.

$$\sum W = W_{net} = \int_{x_i}^{x_s} (\sum F_x) \cdot dx \quad (\text{Serway Fizik 1, s.188-189}).$$

Görüldüğü gibi değişken bir kuvvetin yaptığı işin hesaplanması ile ilgili verilen bilgiler geçerli olan tekniği doğrulamaktadır.



### T<sub>33</sub>: Hızı hesaplama

Bu talep tipi bir sistemde yapılan iş ve kinetik enerji değişimine bağlı ifadelerden yola çıkarak hızın hesaplanmasını gerektirmektedir. Bu talep tipini sonuçlandırmak için kullanabilecek teknik analiz edilen kitapta aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\text{Teknik 1: } K_i + W_{diger} - f_k d = K_s \quad (\text{Serway Fizik 1, s. 196})$$

En genel formuyla verilmiş olan bu tekniği öğrenciler verilen durumlara adapte etmekle yükümlüdürler.

Yukarıdaki tekniği doğrulayan ve anlaşılır kılan bilgi bloğu, kurumda 7. ünite içeriğinde ‘*kinetik enerji ve iş-kinetik enerji teoremi*’ başlığı altında aşağıda verildiği gibi sunulmaktadır.

Bir parçacığın bir  $d$  uzaklığı kadar yer değiştirmişse, toplam  $\sum F$  kuvvetinin yaptığı iş  $\sum W = (\sum F)d = (ma)d$  olur. Ünite 2’de, bir parçacık sabit ivme ile gittiğinde aşağıdaki bağıntıların geçerli olduğunu bulduk:

$$d = \frac{1}{2}(V_i + V_s)t \quad a = \frac{V_s - V_i}{t}$$

Burada  $V_i$ ,  $t=0$ ’daki sürat ve  $V_s$ ,  $t$  anındaki sürattir. Bu ifadeler eşitlik 1’e yerleştirilirse

$$\sum W = m \left( \frac{V_s - V_i}{t} \right) \frac{1}{2} (V_i + V_s)t = \frac{1}{2} m V_s^2 - \frac{1}{2} m V_i^2 \quad (1) \text{ elde edilir. } \frac{1}{2} m V^2 \text{ Niceliği}$$

parçacığın hareketiyle ilgili enerjiyi temsil eder. Bu nicelik, kinetik enerji gibi özel bir isim verilecek kadar önemlidir. Bir parçacığa etkileyen net sabit bir  $\sum F$  kuvveti tarafından parçacık üzerinde yapılan iş, onun kinetik enerjisindeki değişime eşittir. Kinetik enerji skaler bir nicelik olup, iş ile aynı birime sahiptir (Serway Fizik 1, s.194).

Görüldüğü gibi kinetik enerji değişimi, verilen bir yer değiştirme için yapılan iş formülüne kinematik eşitliklerin eklenmesi yolu ile bulunmaktadır. Bu durumda öğrenciler, iyi bir algılama için ilgili kinematik eşitlikleri iyi bilmek ve iş-kinetik enerji teoremi çerçevesinde sentez yapmak durumundadırlar. İş-kinetik enerji teoremi ise kurumda en genel ifadesi ile aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\text{Genellikle 1 eşitliğini } \sum W = K_s - K_i = \Delta K \quad (2) \text{ biçiminde yazmak uygun olur. Yani, } K_i + \sum W = K_s \text{ . Eşitlik 2, iş-kinetik enerji teoremi olarak bilinen önemli bir sonuçtur.}$$

Kurum, yukarıda verildiği gibi iş-kinetik enerji teoremini, *sabit* bir kuvvetin etkisi ile yapılan iş tanımlamasından hareketle vermektedir. Değişken bir kuvvet için iş-kinetik enerji teoremi ise aşağıdaki gibi verilmektedir.

... bir parçacık üzerine x yönünde etkiyen net kuvvetin  $\sum F_x$  olduğunu varsayınız.

$$\sum F_x = ma_x \text{ şeklindeki Newton'un II. yasasını } \sum W = W_{net} = \int_{x_i}^{x_s} (\sum F_x) dx \text{ eşitliğini}$$

kullanarak yapılan net işi

$$\sum W = W_{net} = \int_{x_i}^{x_s} (\sum F_x) dx = \int_{x_i}^{x_s} ma_x dx \text{ olarak ifade edebiliriz. Bileşke kuvvet x ile}$$

değişirse ivme ve hızda x'e bağlı olur. İvmeni normalde t nin bir fonksiyonu olduğunu düşündüğümüzden şimdi biraz farklı yolla a yı ifade etmek için aşağıdaki zincir kuralını uyguluyoruz:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx} \quad \text{a nın bu ifadesini } \sum W \text{ yerine koyarsak}$$

$$\sum W = \int_{x_i}^{x_s} mv \frac{dv}{dx} dx = \int_{v_i}^{v_s} mv dv = \frac{1}{2} mV_s^2 - \frac{1}{2} mV_i^2 \quad \text{eşitliğini buluruz. Değişken x}$$

den v ye değiştiği için, integralin sınırları x değerlerinden v değerlerine değiştirildi. Buna göre, bir parçacığa etkiyen net kuvvetin, parçacık üzerinde yaptığı net işin, parçacığın kinetik enerjisindeki değişime eşit olduğu sonucunu çıkarıyoruz. Net kuvvet sabit olsa da olmasa da bu söz doğrudur (Serway Fizik 1, s.195).

Buraya kadar yapılan açıklamalar tekniğin sürtünmesiz ortamlarda kullanımını doğrulamaktadır. Aşağıdaki alıntı yer incelenen tekniğin sürtünmeli ortamlardaki kullanımını açıklayıcı niteliktedir.

Yatay bir yüzeyde kayan bir cismin hareketini çözümlenmede, sürtünme kuvvetlerini göz önüne almanın bir yolu, sürtünmeden dolayı kinetik enerji kaybını belirlemektir. Yatay bir yüzey üzerinde hareket eden bir kitabın bir  $v_i$  ilk hızına sahip olduğunu ve bir  $v_s$  son hızına ulaşmadan önce d uzaklığı kadar kaydığını varsayalım. Kitabın negatif x yönünde bir ivme kazanmasına neden olan dış kuvvet, harekete zıt yönde, sola doğru etkileyen  $f_k$  kinetik sürtünme kuvvetidir.

... x yönünde kitaba etkileyen tek kuvvet sürtünme kuvveti olduğundan, Newton'un ikinci yasası,  $f_k = ma_x$  olur. Bu ifadenin her iki tarafını d ile çarpıp, sabit ivmeli hareketlerin  $V_{xs}^2 - V_{xi}^2 = 2a_x d$  biçimindeki eşitliğini kullanırsak  $-f_k d = (ma_x)d$

$= \frac{1}{2} mV_{xs}^2 - \frac{1}{2} mV_{xi}^2$  veya  $\Delta K_{sürtünme} = -f_k d$  yazabiliriz. Bu sonuç, kinetik sürtüne kuvvetinin, kitabın kinetik enerjisinde yapacağı değişimin  $-f_k d$  kadar olduğunu söyler. Kaybolan bu kinetik enerjinin bir kısmı bu kitabı ısıtmaya, geri kalanı kitabın üzerinde kaydığı yüzeyin ısınmasına harcanır. Gerçekte,  $-f_k d$  niceliği, kinetik sürtünme kuvvetinin kitap üzerinde yaptığı iş ile aynı kuvvetin yüzey üzerinde yaptığı işin toplamına eşittir. Bir cisim üzerine diğer kuvvetler ile birlikte sürtünme kuvveti de etkilediği zaman, iş-kinetik enerji teoremi  $K_i + \sum W_{diğer} - f_k d = K_s$  olarak yazılabilir. Buradaki  $\sum W_{diğer}$ , kinetik sürtünmenin dışındaki kuvvetlerin yaptığı işlerin toplamını temsil eder (Serway Fizik 1, s.196).

Görüldüğü gibi tekniği doğrulayan bilgiler Newton'un ikinci yasasından yararlanılarak sunulmakta ve özetle 'yapılan toplam iş, kinetik enerji değişimine eşittir' ifadesi çerçevesinde verilmektedir. Buna göre teknik 'iş-kinetik enerji teoremi'ne dayanmaktadır.

### T<sub>1</sub>: Yaydaki sıkışma-gerilmeyi hesaplama

Öğrencilere sunulan çözümsüz problemlerin analizi yay, cisim ve dünya üçleminden oluşan bir sistemde yayın sıkışma veya gerilme miktarının hesaplanmasını gerektiren soruların sıklıkla sorulduğunu göstermektedir. Bu talep tipi '*yaydaki sıkışma-gerilmeyi hesaplama*' olarak isimlendirilmiş ve T<sub>1</sub> olarak kodlanmıştır.

Bu talep tipi öğrencilerin sürtünmeli veya sürtünmesiz ortamlarda, yer çekim kuvvetinin sisteme dâhil edildiği veya edilmediği durumlarda cebirsel işlemler (hesaplama) yapmalarını gerektirmektedir.

Öğrencilerin bu talep tipini sonuçlandırmaları için kullanılabileceği teknik aşağıda verildiği gibidir.

$$\frac{1}{2} kx^2 = [mg \cdot \sin\alpha - mg \cdot \mu_s \cdot \cos\alpha] x + \frac{1}{2} mV_i^2 \quad (\text{Serway Fizik 1, s. 227})$$

Teknik, korunumlu ve korunumsuz kuvvetleri içeren sistemlerle ilgili durumların her ikisini de kapsamakta olup öğrenciler bu tekniği soruda verilen durumlara adapte etmekle yükümlüdürler. Örneğin; yukarıda bahsedildiği gibi, çekim kuvvetinin sisteme dâhil olmadığı bir ortamda yerin çekim kuvvetinin değerinin sıfır olacağı veya korunumlu kuvvetleri içeren bir sistemde sürtünme kuvvetinin sıfır olacağı ve formülün buna göre şekilleneceği açıktır.

Yukarıda verilen tekniği doğrulayan ve anlaşılabilir kılan bilgi bloğu, kaynak kitabın iki farklı ünitesinde aşamalı olarak verilmektedir.

Öncelikle 7. üniteye yayın yaptığı iş açıklanmaktadır. Bu açıklama aşağıda görüldüğü gibidir.

Pürüzsüz, yatay bir yüzey üzerindeki bir cisim, sarmal bir yay bağlıdır. Yay, denge konumundan gerilir veya sıkıştırılırsa, cisim üzerine  $F_s = -kx$  ile verilen bir kuvvet uygular. Burada  $x$ , cismin gerilmemiş ( $x=0$ ) konumuna göre yer değiştirmesi,  $k$  yayın kuvvet sabiti olarak adlandırılan pozitif bir sabittir. Diğer bir deyişle, bir yayı germek veya sıkıştırmak için gerekli kuvvet, gerilme veya sıkıştırmanın  $-x$  büyüklüğü ile orantılıdır. Yaylar için Hooke kanunu olarak bilinen bu kuvvet yasası, sadece küçük yer değiştirmeler için geçerlidir. Eksi işareti, yayın etkilediği kuvvetin daima yer değiştirme ile zıt yönlü olduğunu ifade eder (Serway Fizik 1, s.191).

Bu tanımlamalardan hareketle, kütle-yay sisteminde, kütle için  $-x_{maks}$  kadar yer değiştirerek serbest bırakıldığında (geri çağırıcı) yay kuvvetinin yaptığı işi aşağıdaki gibi verilmektedir.

Bloğun, denge konumundan sola doğru bir  $x_{maks}$  kadar itildiğini ve sonra serbest bırakıldığını varsayınız. Blok  $x_i = -x_{maks}$  dan  $x_s = 0$  a hareket ederken yay kuvvetinin yaptığı işi hesaplayalım. (1) Eşitliği uygulanarak,  $W_s = \int_{x_i}^{x_s} F_s dx = \int_{-x_{maks}}^0 (-kx) dx = \frac{1}{2} kx_{maks}^2$  denklemini elde ederiz.

Yayı denge konumundan  $x_{maks}$  'a geren bir dış kuvvetin yaptığı iş ise uygulanan kuvvetle  $F_{uy}$ ,  $F_s$  yay kuvvetinin eşit ve zıt yönlü olduğuna dikkat çekilmiş ve herhangi bir  $x$  yer değiştirmesi için  $F_{uy} = -(-kx) = kx$  olduğu hatırlatılarak  $W_{F_{uy}} = \int_0^{x_{maks}} F_{uy} dx = \int_0^{x_{maks}} kx dx = \frac{1}{2} kx_{maks}^2$  şeklinde verilmiştir. Kurum 8. ünite de ise esneklik potansiyel enerjisini tanımlamaktadır.

Bir sistemin esneklik potansiyel enerji fonksiyonu,  $U_s = \frac{1}{2} kx^2$  olarak tanımlanır. Sistemin esneklik potansiyel enerjisi, şekli değişmiş yayda depolanan enerji olarak düşünülebilir. Yay, sadece yay gerildiğinde ya da sıkıştırıldığında, yayda enerji depolanır. Esneklik potansiyel enerjisi,  $x^2$  ile orantılı olduğundan,  $U_s$ , şekli bozulmuş bir yayda, daima pozitif olur (Serway Fizik 1, s.217).

Kurum bu tanımlamalara korunumlu ve korunumsuz kuvvetleri tanımlayarak devam etmektedir. Bu açıklama aşağıda görüldüğü gibidir.

Kütle çekim kuvvetinin yaptığı iş, cismin dikey olarak düşmesine ya da eğik bir düzlemde aşağı doğru kaymasına bağlı değildir. Tüm sorun cismin yüksekliğindeki değişimdir. Öte yandan eğik düzlemde sürtünmeden dolayı enerji kaybı, cismin uzaklığına bağlıdır. Başka bir deyişle, kütle çekim kuvvetinin yaptığı işi göz önüne aldığımızda, yolun önemi yoktur, fakat sürtünmeden dolayı enerji kaybını dikkate aldığımızda seçilen yol önem kazanır. Kuvvetleri korunumlu ve korunumsuz olarak sınıflandırmada, yola bağlı bu değişimi kullanabiliriz.

Burada sözü edilen kütle-çekim kuvveti korunumlu, sürtünme kuvveti korunumsuz birer kuvvettir (Serway Fizik 1, s.218).

Görüldüğü gibi kuvvetlerin korunumlu veya korunumsuz olarak sınıflanması yola bağlı değişim dikkate alınarak yapılmaktadır. Bu açıklamaları korunumlu kuvvetlerin özellikleri takip etmektedir.

1. Bir kuvvetin, herhangi iki nokta arasında hareket eden bir parçacık üzerinde yaptığı iş, parçacığın aldığı yoldan bağımsızsa kuvvet korunumludur.
2. Kapalı bir yol boyunca korunumlu bir kuvvetin parçacık üzerinde yaptığı iş sıfırdır.

Bu özelliklere dayanılarak korunumlu kuvvetler tanımlanmıştır. Bu tanımlamadan sonra korunumsuz bir kuvvet, kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı olarak tanımladığımız  $E$  mekanik enerjisinde bir değişime neden olursa, bu kuvvet korunumsuzdur şeklinde tanımlanmıştır.

Kaynak kitap buraya kadar vermiş olduğu bilgilere mekanik enerjinin korunumunu açıklayarak devam etmektedir.

Hava direnci gibi etkenler göz ardı edilirse, cisim aşağı doğru hareket ederken, sistemin kaybettiği potansiyel enerji, cismin kinetik enerjisi olarak görünür. Başka bir deyişle, kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı yani toplam mekanik enerji  $E$  sabit kalır. Bu mekanik enerjinin korunumu ilkesine bir örnektir...

Sadece korunumlu kuvvetler yolu ile etkileşen yalıtılmış cisimler sisteminde, sistemin toplam mekanik enerjisinin sabit kalacağına dikkat ediniz. Bir sistemin toplam mekanik enerjisi, kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı olarak tanımlandığından,  $E \equiv K + U$  olarak yazabiliriz. Enerjinin korunma ilkesini  $E_s = E_i$  olarak ifade edebiliriz. Bu durumda,  $K_s + U_s = K_i + U_i$  ifadesini elde ederiz (Serway Fizik 1, s.221).

Görüldüğü gibi bir sistemde tek bir korunumlu kuvvetin (yerin çekim kuvveti) etkilediği durum açıklanmaktadır. Birden fazla korunumlu kuvvetin sisteme etkisi ise aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

Bir sistemdeki cisim üzerine birden fazla korunumlu kuvvet etki ederse, her bir kuvvetle ilgili bir potansiyel enerji fonksiyonu mevcut olur. Böyle bir durumda, sistemin mekanik enerjisi korunumu ilkesi

$K_i + \sum U_i = K_s + \sum U_s$  olarak yazılır. Burada, toplamdaki terimlerin sayısı, korunumlu kuvvetlerin sayısına eşittir. Örneğin, yaya bağlı bir cisim düşey olarak titreşirse, cisim üzerine iki korunumlu kuvvet etki eder: yay kuvveti ve kütle çekim kuvveti.

Korunumsuz bir kuvvetin yaptığı iş ise aşağıda verildiği gibi tanımlanmaktadır.

Bir kitaba bir kuvvet uygulayarak herhangi bir yüksekliğe kaldırdığımızda, uyguladığımız kuvvet kitaba  $W_{uy}$  işini yapar. Bu esnada kütle çekim kuvveti de kitap üzerinde  $W_g$  işini yapar. Kitabı bir parçacık olarak ele alırsak, kitap üzerinde yapılan net iş, iş-kinetik enerji teoremiyle tanımlandığı gibi, kinetik enerjisindeki değişime bağlıdır:

$W_{uy} + W_g = \Delta K$  Kütle-çekim kuvveti korunumlu olduğu için, bunun yaptığı iş, potansiyel enerji değişimi cinsinden ifade etmek için  $W_g = -\Delta U$  eşitliğini kullanabiliriz.

$W_{uy} = \Delta K + \Delta U$  Buradan, bir cisim bir sistemin bir parçası ise uygulanan kuvvetin sisteme enerji verip, alabileceği sonucunu çıkarırız (Serway Fizik 1, s.221).

Korunumsuz kuvvetlerin yaptığı iş ile ilgili açıklamaları kinetik sürtünmeyi içeren durumlar takip etmektedir.

Kinetik sürtünme korunumlu olmayan bir sürtünme örneğidir. Sürtünmeli yatay bir yüzey üzerinde herhangi bir başlangıç hızı ile giden bir kitap verilirse, kitaba etkiyen kinetik sürtünme kuvveti, kitabın hareketine karşı koyar ve kitap yavaşlayarak sonunda durur.

... Kitap bir  $d$  uzaklığı kadar hareket ederken, iş yapan tek kuvvet kinetik sürtünme kuvvetidir. Bu kuvvet, kitabın kinetik enerjisinde bir azalmaya neden olur. Bu azalma,  $\Delta K_{sürtünme} = -f_k d$  olur. Kitap sürtünmeli bir eğik düzlemde hareket ederse, kitap-Dünya sisteminin kütle-çekim potansiyel enerjisinde de bir değişim olur ve  $-f_k d$  kinetik sürtünme kuvvetinden dolayı sistemin mekanik enerjisindeki değişim miktarı olmuş olur. Bu durumlarda

$\Delta E = \Delta K + \Delta U = -f_k d$  dir. Burada  $E_i + \Delta E = E_s$  dir (Serway Fizik 1, s.224).

Görüldüğü gibi  $\Delta E = \Delta K + \Delta U = -f_k d$  eşitliğinin açık yazımı,  $\frac{1}{2} kx^2 = [mg \cdot \sin\alpha - mg \cdot \mu_s \cdot \cos\alpha] x + \frac{1}{2} mV_i^2$  şeklindedir ve yukarıda bu talep tipi için verilen teknik ile örtüşmektedir.

### T<sub>28</sub>: Kinetik enerjiyi hesaplama

Bu talep tipinin gerçekleştirilmesi kütlesi ve hızı verilmiş bir cismin sahip olduğu kinetik enerjinin hesaplanmasını gerektirmektedir. Kaynak kitapta bu amaca hizmet edebilecek tek bir teknik, aşağıda verilen formda, verilmiştir.

Teknik 1: $K = \frac{1}{2} mV^2$	(Serway Fizik 1, s.197)
----------------------------------	-------------------------

Kurumsal olarak önerilen tekniği doğrulayan ve anlaşılır kılan bilgi bloğu, incelenen 7. ünite çerçevesinde verilmektedir. Kurumda yer alan bu doğrulamalar aşağıda sunulduğu gibidir.

Bir parçacığın bir  $d$  uzaklığı kadar yer değiştirmişse, toplam  $\sum F$  kuvvetinin yaptığı iş  $\sum W = (\sum F)d = (ma)d$  (1) olur. Ünite 2'de, bir parçacık sabit ivme ile gittiğinde aşağıdaki bağıntıların geçerli olduğunu bulduk:

$$d = \frac{1}{2}(V_i + V_s)t \quad a = \frac{V_s - V_i}{t}$$

Burada  $V_i$ ,  $t=0$ 'daki sürat ve  $V_s$ ,  $t$  anındaki sürattir. Bu ifadeler eşitlik 1'e yerleştirilirse

$$\sum W = m \left( \frac{V_s - V_i}{t} \right) \frac{1}{2} (V_i + V_s)t = \frac{1}{2} mV_s^2 - \frac{1}{2} mV_i^2 \quad (2) \quad \text{elde edilir. } \frac{1}{2} mV^2 \text{ Niceliği}$$

parçacığın hareketiyle ilgili enerjiyi temsil eder. Bu nicelik, kinetik enerji gibi özel bir isim verilecek kadar önemlidir. Bir parçacığa etkileyen net sabit bir  $\sum F$  kuvveti tarafından parçacık üzerinde yapılan iş, onun kinetik enerjisindeki değişime eşittir. Genel olarak bir  $V$  süratıyla hareket eden  $m$  kütleli bir parçacığın  $K$  kinetik enerjisi:  $K \equiv \frac{1}{2} mv^2$  (3) olarak tanımlanır. Kinetik enerji skaler bir nicelik olup, iş ile aynı birime sahiptir.

Anlaşıldığı gibi, teknik kinematik denklemlerin iş formülünde yerine yazılması suretiyle açıklanmaktadır. Buda göstermektedir ki, öğrenciler enerji kavramını iyi bir şekilde algılayabilmek için kinematik denklemlerle ilgili ön bilgilere sahip olmak zorundadırlar.

**T<sub>35</sub>:** Korunumlu kuvvetlerin etkilediği sistemlerde hızı hesaplama

Bu talep tipi korunumlu kuvvetlerin etki ettiği bir sistemde cismin hızını sayısal işlemler yaparak hesaplamalarını istediği belirlenmiştir. Bu talep tipine ait taleplerin gerçekleştirilebilmesi için kullanılabilecek teknik en genel formuyla aşağıdaki gibidir.

$$\text{Teknik 1: } mgh_i + \frac{1}{2}mV_i^2 = mgh_s + \frac{1}{2}mV_s^2 \quad (\text{Serway Fizik 1, s.222})$$

İncelenen tekniği doğrulayan ve anlaşılır kılan bilgi bloğu, öğrencilere 8. ünite içerisinde ‘mekanik enerjinin korunumu’ başlığı altında korunumlu kuvvetler tanımlandıktan sonra aşağıda görüldüğü gibi sunulmaktadır.

Hava direnci gibi etkenler göz ardı edilirse, cisim aşağı doğru hareket ederken, sistemin kaybettiği potansiyel enerji, cismin kinetik enerjisi olarak görünür. Başka bir deyişle, kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı yani toplam mekanik enerji E sabit kalır. Bu mekanik enerjinin korunumu ilkesine bir örnektir...

Sadece korunumlu kuvvetler yolu ile etkileşen yalıtılmış cisimler sisteminde, sistemin toplam mekanik enerjisinin sabit kalacağına dikkat ediniz. Bir sistemin toplam mekanik enerjisi, kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı olarak tanımlandığından,  $E \equiv K + U$  olarak yazabiliriz. Enerjinin korunma ilkesini  $E_s = E_i$  olarak ifade edebiliriz. Bu durumda,  $K_s + U_s = K_i + U_i$  ifadesini elde ederiz (Serway Fizik 1, s.221).

Bu açıklamalar herhangi bir sistemde tek bir korunumlu kuvvetin (yerin çekim kuvveti) varlığını göstermektedir. Birden fazla korunumlu kuvvetin sisteme etkisi ise aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

Bir sistemdeki cisim üzerine birden fazla korunumlu kuvvet etki ederse, her bir kuvvetle ilgili bir potansiyel enerji fonksiyonu mevcut olur. Böyle bir durumda, sistemin mekanik enerjisi korunumu ilkesi  $K_i + \sum U_i = K_s + \sum U_s$  (1) olarak yazılır. Burada, toplamdaki terimlerin sayısı, korunumlu kuvvetlerin sayısına eşittir. Örneğin, yaya bağlı bir cisim düşey olarak titreşirse, cisim üzerine iki korunumlu kuvvet etki eder: yay kuvveti ve kütle çekim kuvveti (Serway Fizik 1, s.221).

Görüldüğü gibi talep tipinin gerçekleştirilmesi için kullanılabilecek en genel teknik,  $mgh_i + \frac{1}{2}mV_i^2 = mgh_s + \frac{1}{2}mV_s^2$ , birden fazla korunumlu kuvvetin etki ettiği sistemler için doğrulanmaktadır. Kurumda verilen teknik yayın esneklik potansiyel enerjisini içermemektedir. Ancak kaynak kitap örnek sorular yardımıyla öğrencileri bu genel tekniğe yönlendirmektedir. (1) Eşitliği ise öğrenciler için bu yönlendirmenin anlaşılmasına kaynak olmaktadır.

### 3.2. Enerji Kavramına İlişkin Üniversite 1. Sınıf Öğrencilerinin Bireysel Tanımlarının Analizi

Bu bölümde öğrencilerin bireysel tanımlarını belirlemek için hazırlanan ve uygulanan sorulara ön ve son analizler sunulacaktır. Ön analizde uygulama sorularının gerçekleştirilmesi için öğrencilerin kullanılabilecekleri çözüm yolları (araştırmacı tarafından ilgili kaynak kitap ve ilgili diğer literatür kaynakları doğrultusunda belirlenmiş ve uzman görüşleri doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak belirlenmiştir.), son analizde ise öğrencilere ait cevapların analizi sunulacaktır.

#### 1. Sorunun Ön ve Son Analizi

##### 1. Soru için Önceden Belirlenen Çözüm Yolları

Bu soru ile gerçekleştirilmesi istenen talep ‘yavaşlama ivmesini hesaplama’ olarak adlandırılmıştır. Bu talebi sonuçlandırmak için kullanılabilecek 4 farklı teknik ve sorunun çözümü aşağıda verildiği gibidir.

##### Teknik 1

Bisikletçinin x eksenini boyunca sabit  $a$  ivmesi ile hareket ettiği düşünülürken bu hareket için gerekli kinematik denklemler aşağıdaki gibi formüle edilecektir.

$$v = v_0 + at \quad (1), \quad x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t \quad (2).$$

Öncelikle, konumsuz hız formülü olarak da bilinen ‘ $v = v_0 + at$ ’ denkleminin bisikletçinin son hızının sıfır olması nedeni ile sıfıra eşit olacağı belirlenmelidir. Buradan elde edilecek eşitlikten hareketle zaman, ilk hız ve ivme cinsinden yazılmalıdır.

$$v(t) = v_0 + a.t = 0 \Rightarrow t = -v_0/a$$

Sonraki adım, ivmenin sabit olması nedeniyle 2 numaralı denklemde son hız ( $v$ ) yerine 1 numaralı denklemin ve zaman yerine ilk adımda elde edilen eşitliğin yazılması suretiyle denklemin iki bilinmeyenli hale getirilmesi olmalıdır. Bunun için 2 numaralı denklem zamana göre integrali alınarak yeniden yazılır ve denklemde ilgili düzenleme yapılır.



$$x(t) = x_0 + \int_0^t (v_0 + a.t) dt = 0 + \int_0^t (v_0 + at) dt \Rightarrow d = x(t) = 0 + v_0.t + at^2/2$$

Denklemden soruda hesaplanması istenen  $a$  ivmesi çekilerek denklem yeniden düzenlenir.

$$d = v_0 \left( \frac{-v_0}{a} \right) + a \left( \frac{v_0}{a} \right)^2 / 2 \Rightarrow d = \frac{-v_0^2}{2a} \Rightarrow d = \frac{-v_0^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{-v_0^2}{2d}$$

Son adım ise soruda verilen bilgilerin yerine yazılması olmalıdır.

$$a = \frac{(20m/s)^2}{2(0,02m)} = 1.10^4 m/s^2$$

### Teknik 2

Hızın zamana göre 1. türevi ivmeyi verir. Bu,  $\frac{dv}{dt} = a$  şeklinde ifade edilir. Bu ifade de aşağıdaki matematiksel işlemler takip edilerek, ivmenin ilk hız ve konum cinsinden eşitliği bulunur.

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow dv = a.dt \Rightarrow v.dv = a.v.dt \Rightarrow v.dv = a \frac{dx}{dt} dt$$

$$\int v.dv = \int a.dx \Rightarrow \Delta \frac{v^2}{2} = a.x \Rightarrow 0 - \frac{v_0^2}{2} = a.d \Rightarrow a = \frac{-v_0^2}{2d}$$

Elde edilen yeni denklemde soruda verilen bilgilerin yerine yazılarak ivmenin sayısal değeri bulunur.

### Teknik 3

Sorunun çözümünde kullanılabilir bir kinematik denklem aşağıdaki gibi olacaktır.

$$V_s^2 = V_0^2 + 2a(x - x_0)$$

Verilen soruda bisikletçinin hareketi sonucunda duruyor olması nedeniyle son hız sıfır olacaktır. Buna göre denklem aşağıdaki gibi yeniden düzenlenir.

$$V_s^2 = 0 = V_0^2 + 2a(x - x_0), \quad x - x_0 = d \text{ dersek,} \quad a = -\frac{v_0^2}{2d} \text{ olacaktır. Verilen}$$

bilgilerin yerine yazılması ile de ivmenin sayısal değeri bulunabilecektir.

### Teknik 4

İş-kinetik enerji teoremi dış kuvvetler tarafından bir parçacık üzerinde yapılan net işin, parçacığın kinetik enerjisindeki değişimine eşit olduğunu söyler ( $iş = \Delta EK$ ).

Bu soruda verilen durum için ivmenin sabit olması ise kuvvetin gidilen yol boyunca sabit olacağını gösterir. Bu ifade yukarıdaki eşitlikte yerine yazılırsa aşağıdaki denklem

$$\text{elde edilir. Sabit ivme} \Rightarrow \text{sabit kuvvet, } -F.d = \frac{mV_s^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2}$$

Burada dikkat edilmesi gereken nokta uygulanan kuvvet ile hareketin yönünün ters olması sebebiyle işin işaretinin eksi olmasıdır. Son hızın sıfır olacağı da göz önün alındığında denklem aşağıdaki gibi yeniden şekillenecektir.

$$-F.d = 0 - \frac{mV_0^2}{2} \quad \text{Newton'un ikinci kanunundan hareketle denklemimiz aşağıdaki gibi}$$

tekrar düzenlenerek ivmenin değerini verecek eşitlik elde edilir.

$$F = \frac{mV_0^2}{2d}, \quad \vec{F} = m.\vec{a} \Rightarrow -Fi = -m.a_i \Rightarrow a = \frac{-F}{m} \Rightarrow a = \frac{-V_0^2}{2d}$$

Son olarak, soruda verilen bilgiler denklemde yerine yazılarak ivmenin değeri bulunur.

### 1. Soru İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu sorunun ön analizinde, öğrencilerden hesaplama gerektiren bir talebi gerçekleştirmeleri istendiği belirtilmiş ve bunun için öğrenciler tarafından kullanılması beklenen 4 teknik belirlenmişti. Bu tekniklerden üç tanesi (teknik 1, teknik 2 ve teknik 3) kinematik denklemler ilişkili olup bir tanesi (teknik 4) enerji ile ilişkilidir. Belirlenen bu teknikler doğrultusunda, 1. soruya ait öğrenci cevaplarının sınıflandırılması Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11. Öğrencilerin 1. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR		Öğrenci Sayısı	
TEKNİK 1		7	
TEKNİK 2		----	
TEKNİK 3		19	
TEKNİK 4		----	
DİĞER CEVAPLAR	1	$t = x/v$ ve $a = V/t$	2
	2	$a = \Delta x / \Delta t$	1
CEVAPSIZ		7	

Tablo 11'de görüldüğü gibi, uygulamaya katılan öğrencilerden 7'si teknik 1'i, 19'u teknik 3'ü tercih etmişlerdir. Bununla birlikte 3 öğrenci beklenmeyen cevaplar verirken 7

öğrenci soruya cevap vermemişlerdir. Teknik 2 ve teknik 4 ise hiçbir öğrenci tarafından kullanılmamıştır.

Soru temelde iki farklı yaklaşımla, kinematik denklemleri (teknik 1, 2 ve 3) ve iş-kinetik enerji teoremi (teknik 4) yardımıyla çözülmektedir. İncelenen kaynak kitapta bu talebin gerçekleştirilmesinde kullanılacak tekniklerin öğretimi ile ilgili verilen çözümlü sorularda her iki yaklaşımında verilmiş olmasına rağmen öğrencilerin bu soruda kinematik denklemlere dayalı olan çözüm yolunu tercih ettiği belirlenmiştir.

Aşağıda bu öğrencilere ait cevaplardan bazıları örnek olarak verilmektedir.

*sebeb: İiziklet+qının hızındaki değişimi sabit bir ivmeli bir boşlukta hareketi andırır. Buradan bu kinematik denklemler çıkar.*

Ö22

*( $v^2 = v_0^2 + 2ax$ ) denklemini kullanmam biz burada  $v_0$ ,  $v$ ,  $x$  ve alınan yolu bulduğumuz için başka verilere gerek kalmadığını itirazı bulabiliyoruz.*

Ö7

Kinematik tekniklerin öğrenciler tarafından tercih edilmesi ve enerji kavramlarına dayanan tekniğin kullanılmaması, sorulan sorunun temelinde yatan talebin daha çok kinematik eşitliklerle ilgili olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, soruya cevap veren 29 öğrencinin büyük bir kısmının (% 63) yaptığı açıklamalarla yukarıdaki örneklerde görüldüğü gibi desteklenmektedir.

### Öğrenci Cevaplarının Detaylı Analizi

Öğrencilerin verdikleri cevaplara, kullandıkları teknikler dikkate alınarak iki aşamalı bir analiz yapılmıştır. İlk aşamada kullanılan tekniğin kullanılma durumu (doğru–yanlış) dikkate alınarak öğrenci cevapları sınıflandırılmış, ikinci aşamada ise her öğrenci cevabı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

### Teknik 1 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Hatırlanacağı gibi yapılan ön analizde bu teknik, konumsuz hız formülünden hareketle zamanı, hız ve ivme cinsinde yazmayı ve bu ifadeyi zamanın fonksiyonuna göre yer değiştirme denkleminde yerine koyarak ivmeyi hesaplamayı gerektiriyordu.

Öğrencilerin cevapları analiz edildiğinde Tablo 12’de görüldüğü gibi teknik 1’i kullanan 7 öğrenciden 3 tanesi doğru, 4 tanesi ise yanlış kullanmışlardır. Bununla birlikte tekniği doğru kullanan öğrenciler dâhil hiç bir öğrencinin doğru sonuca ulaşamadıkları belirlenmiştir.

Tablo 12. 1. soruda teknik 1’i kullanan öğrencilerin cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR	Teknik Doğru		Teknik Yanlış	Başarıma Yüzdesi
	Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış		
TEKNİK 1	---	3	4	---

Teknik 1’i doğru olarak kullanan öğrencilerden hiçbiri soruya doğru cevap verememiştir: 2 tanesi, bu teknikte iki bilinmeyen (zaman ve ivme) olması nedeniyle, bilinmeyenlerden birini diğeri cinsinden yazma noktasında işlemleri karıştırarak sonuca ulaşamamışlardır. Diğer öğrenci ise sonucu diğer bilinmeyene (zamana) bağlı olarak bulmuştur.

Teknik 1’i kullanmak isteyen ancak başarılı olamayan 4 öğrenci ise teknikte iki bilinmeyen olması nedeniyle, teknikte var olan kavramları karıştırarak tekniği doğru yazamamışlardır. Bu tekniğin iki bilinmeyenli olması, öğrencileri öncelikle bilinmeyi bulmaya itmiştir. Öğrenciler, ‘hız ile zamanın çarpımı yolu verir’ tanımından hareketle teknik için gerekli zamanı (diğer bilinmeyi) bulmuşlardır. Ancak burada öğrenciler hızı sabit düşünerek hareket etmişlerdir; oysa yavaşlama hareketi söz konusudur. Öğrenciler ikinci adım olarak ivmeyi bulmaya çalışmışlar ancak cismin ilk hızını dikkate almadıkları için doğru sonuca ulaşamamışlardır.

### Teknik 3 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Öğrenci cevapları analiz edildiğinde Tablo 13’te görüldüğü gibi, teknik 3’ü kullanan 19 öğrenciden 17 tanesinin tekniği doğru, 2 tanesi ise tekniği yanlış kullandığı ve genel başarı oranının % 42 olduğu görülmektedir.

Tablo 13. 1. soruda teknik 3'ü kullanan öğrencilerin cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR	Teknik Doğru		Teknik Yanlış	Başarıma Yüzdesi
	Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış		
TEKNİK 3	9	8	2	% 42,1

Teknik 3'ü doğru olarak kullanan ancak sonuca ulaşamayan öğrencilerden iki tanesi birim çevirme, 1 tanesi sayısal işlemlerde hesaplama hatası yapmaları nedeniyle istenilen sonuca ulaşamamışlardır. 5 öğrenci ise ivmenin değerini pozitif bulmuşlardır. Öğrenciler hareketin yavaşlama hareketi olması nedeniyle ivmenin eksi işaretli olması gerektiğine dikkat etmemektedirler veya bilincinde değildirler. Ayrıca öğrenciler, cismin yavaşlama hareketi yapması nedeniyle " $V_s^2 = V_0^2 + 2ad$ " ifadesinde artı işaretinin yerine eksi (-) işareti kullanmış olmalarına karşın, devamında ivmenin pozitif çıkma gerekçesini ifade edememişlerdir.

Teknik 3'ü yanlış kullanan öğrenciler ise eşitlikte yer alan ilk ve son hızların karesini dikkate almamışlardır. Bu durum, öğrencilerin teknikten haberdar olduklarını ancak tekniği tam olarak özümseyemediklerini göstermektedir.

Görüldüğü gibi bu öğrenciler sorunun çözümünde enerji kavramlarını kullanmamakla beraber çözüm için kullanmayı düşündükleri kinematik denklemlerle ilgili uygulamalarda da başarısız olmuşlardır. Mekanik enerjinin öğretiminde kinematik kavramların temel olduğu düşünüldüğünde öğrencilerin bu noktadaki başarısızlıklarının mekanik enerjinin doğru bir şekilde algılanmasını etkileyebileceği söylenebilir.

## 2. Sorunun Ön ve Son Analizi

### 2. Sorunun İçin Belirlenen Çözüm

At sürüsünün sabit hızla ilerliyor olması kinetik enerjisindeki değişimin sıfıra ( $\Delta K = 0$ ) eşit olacağını gösterir. İş-kinetik enerji teoreminin dış kuvvetler tarafından bir parçacık üzerinde yapılan net işin, parçacığın kinetik enerjisindeki değişimine eşit olduğunu söylemesi ve at sürüsünün kinetik enerji değişiminin sıfır olması, at sürüsünün iş yapmadığını gösterir. Sürünün yatayda ilerliyor olması, yerin çekim kuvveti ile hareketin yönü arasındaki açının dik olması anlamına gelecektir ki bu yerin çekim kuvvetinin yaptığı

işin de sıfır olacağını gösterir. Sonuç olarak soruda verilen iş enerji transferidir tanımlamasına göre at sürüsü iş yapmamaktadır.

## 2. Soru İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda öğrencilerin kavram olarak işi açıklamaları beklenmektedir. Öğrencilere ait cevaplar Tablo 14’te verilmektedir.

Tablo14. Öğrencilerin 2. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR	Öğrenci Sayısı
Teknik Kullanılarak	9
DİĞER CEVAPLAR	20
CEVAPSIZLAR	7

Tablo 14’te görüldüğü gibi öğrencilerden 9 tanesi, bu sorunun ön analizinde belirlenen tekniği kullanarak cevap verirken, 20 öğrenci soruyu farklı şekillerde cevaplamakta ve 7 öğrenci soruyu cevapsız bırakmaktadır.

### Ön Analizde Belirlenen Teknik Kullanılarak Verilen Cevaplar

Sorunun çözümü yatay ve düşey düzlemde yapılan işleri açıklamaları gerektirse de öğrencilerin hiç biri düşey düzlemde -yerin çekim kuvvetine karşı- yapılan işi dikkate almamışlardır. Bu nedenle öğrenci cevapları sadece yatay düzlem için verilen cevaplar doğrultusunda irdelenecektir.

Tekniğin kullanımında öğrencilerden 7 tanesi başarılı olurken, 2 öğrenci başarılı olamamışlardır. Başarılı olamayan öğrencilerden 1 tanesi aynı ve sabit süratli atların enerji harcadığını fakat harcanan bu enerjinin kaybolması nedeniyle iş yapılmayacağına inanmaktadır. Diğer öğrenci ise aşağıda görüldüğü gibi atların hızı ve kütlesi olduğunu bu nedenle iş yapılması gerektiğini belirtmektedir. Bu iki öğrenci, sabit hızla hareket eden cisimlerin kinetik enerji değişimlerinin sıfır olması nedeniyle iş yapılmayacağını bilmemektedirler. Öğrencilere göre sabitte olsa hızın olması enerji transferi için yeterlidir aşağıda verilen örnek cevap bu fikri destekler niteliktedir:

*Evet yapıyordu. Çünkü atların bir hızı ve kütlesi vardı. Bu yüzden bu atların bir kinetik enerjisi vardır. "İş, enerji transferi" olduğundan dolayı bu atlar iş yapıyorlar.*

Ö7

Ön analizde belirlenen tekniği kullanmayarak farklı şekillerde cevap veren öğrencilerin cevapları Tablo 15'te sınıflandırılmıştır. Buna göre öğrenci cevaplarının tamamı yatay düzlemde düşünülmüş cevaplar olup, 7 farklı şekilde sınıflanmaktadır.

Tablo 15. Öğrencilerin 2. soruya ait diğer cevaplarının sınıflandırılması

Cevaplar		Açıklamalar	Öğrenci Sayısı	Toplam Öğrenci Sayısı
Yatay düzlemde	İş Yapılmaz	İş aşağı ya da yukarı yönlü olduğu zaman yapılır.	1	5
		Yer değişimi olmadığı için iş yapılmaz.	1	
		Bir enerji dönüşümü ve aktarımı olmadığı için iş yapılmaz.	1	
		İş yapılmaz. (açıklama yok)	2	
Yatay düzlemde	İş Yapılır	Belirli bir mesafe yol alındığı için iş yapılır.	11	15
		Yürümek için (kaslarda) belirli bir enerji harcanyor. Bu işe iş yapıldığını gösterir.	3	
		Hava direncine karşı iş yapılır.	1	

Tablo 15'te görüldüğü gibi öğrencilerden 5 tanesi atların iş yapmadığını, 15 tanesi ise atların iş yaptığını söylemektedir.

İş yapılmadığını belirten öğrencilerden biri işin yukarı ya da aşağı yönlü olduğu takdirde yapılacağını, bir başka öğrenci yer değiştirme olmadığı için iş yapılmadığını, diğer bir öğrenci ise enerji dönüşümü ve aktarımı olmadığı için iş yapılmadığını belirtmektedirler. Öğrencilerden 2 tanesi ise iş yapılmadığını söylemiş ancak gerekçe belirtmemişlerdir. Yer değiştirme olmadığı takdirde işin yapılmayacağını belirten öğrenci, atların sabit süratle hareket ettiğini ve sabit süratte yer değiştirmenin olmayacağı için işin yapılmadığını yanılışı içindedir. Oysa sabit süratte de olsa yer değiştirme olabilir. Burada öğrenci sabit süratte  $\Delta K$ 'nın sıfıra eşit olduğunu vurgulaması gerekirdi.

Atların iş yaptığını düşünen öğrencilerden 11'i belirli bir mesafe yol alındığı için iş yapıldığını düşünmektedir. Aşağıda verilen alıntı bu tür cevapları gösterir niteliktedir:

*Atlar bu süratle bir yol kat ettikleri için iş yapmaktadır. Fakat tanımda iş "enerji transferi" şeklinde tanımlandığı için atlar iş yapmamaktadır. Çünkü bir enerji dönüşümü veya aktarımı yoktur,*

Ö13

Diğer öğrencilerden 1 tanesi için hava direncinin varlığı ve 3'ü için ise atların yürürken enerji harcaması iş yapıldığının bir göstergesidir.

Bu cevapları göstermektedir ki, öğrenciler sabit süratte kinetik enerji değişiminin sıfır olduğunu ve kinetik enerji değişiminin nicel değerinin yapılan işin nicel değerine eşit olduğunu bilmemektedirler. Öğrencilere göre ancak bir sistemde yer değiştirme olduğunda iş yapılmış olur.

### 3. Sorunun Ön ve Son Analizi

#### 3. Soru İçin Belirlenen Çözüm Yolları

Çekim potansiyel enerjisi, cisme uygulanan korunumlu bir kuvvetin etkisi altında herhangi bir noktadan bırakılan cismin ya kinetik enerji kazanması ya da iş yapabilme yeteneğine sahip olmasıdır. Buna göre,  $U \equiv mgy$  olmak üzere, potansiyel enerji fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır.

$$U_s(x) = - \int_{x_i}^{x_s} F_x dx + U_i \quad (1)$$

Ayrıca bu fonksiyonda  $x_i$  konumunun referans noktası alınması ve tüm potansiyel enerji farklarının bu noktaya göre ölçülmesi gerektiğini belirtmektedir. Burada,  $U_i$  değeri referans noktasında genellikle sıfır olarak alınmaktadır. Ancak, sıfırdan farklı bir değer alınması sadece  $U_s(x)$ 'i sabit bir miktar kadar ötelenmesine neden olacaktır.

Görüldüğü gibi yerin yüzeyi referans noktası olarak kabul edildiğinde potansiyel enerji değişiminin bulunmasında göktaşı ile dünya yüzeyi arasındaki uzaklık düşünülmelidir. Diğer taraftan yerin merkezi referans noktası olarak kabul edilirse potansiyel enerji değişimi göktaşı ile dünya merkezi arasındaki uzaklıkla birlikte düşünülmelidir. Diğer bir söyleyle, bu soruda uzaklık belirli bir  $y$  mesafesi değildir;  $\Delta y$  mesafesidir.  $\Delta y$ '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 hesaplaması potansiyel enerjiiyi açıklamak için kullanılacak geçerli birer referans noktasıdır.



### 3. Soru İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruyla öğrencilerin potansiyel enerjiyi algılamaları, açıklama-yorumlama ve doğrulama becerilerinin ölçülmesi hedeflenmektedir. Tablo 16 öğrencilerin bu soruya verdikleri cevapları özetlemektedir.

Tablo 16. Öğrencilerin 3. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması

Cevaplar	Öğrenci Sayısı	
(a) Gök taşı ile dünya <b>yüzeği</b> arasındaki mesafeyi dikkate alma	15	34
(b) Gök taşı ile dünya <b>merkezi</b> arasındaki mesafeyi dikkate alma	14	
Diğer cevaplar	5	
CEVAPSIZ	2	

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi öğrencilerin hiçbiri ön analizde belirlenen tekniği kullanmayarak 4 farklı şekilde cevaplama yapmışlardır. Sistemin potansiyel enerjisini hesaplamada mesafe olarak, öğrencilerden 14 tanesi gök taşı ile dünya merkezi arasının, 15 tanesi gök taşı ile dünya yüzeyi arasının, 4 tanesi gök taşının merkezi ile yerin yüzeyi arasının ve 1 tanesi de dünya ile dünya merkezi arasının dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. 2 öğrenci ise soruyu cevapsız bırakmıştır.

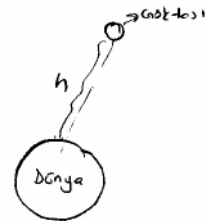
#### Öğrenci Cevaplarının İrdelenmesi

**Gök taşı ile dünya yüzeyi arasındaki mesafenin** dikkate alınması gerektiğini söyleyen 15 öğrenciden 9 tanesi aşağıdaki örnek cevapta görüldüğü gibi, potansiyel enerjinin yere göre olan enerji olması nedeniyle uzaklığın yerin yüzeyinden itibaren düşünülmesi gerektiğini belirtmektedirler.

"a) Gök taşı ile dünya yüzeyi arasındaki mesafe" Çünkü;  
Bir cismin potansiyel enerjisini hesaplamak için cisim ile yer arasındaki uzaklığı  
h değeri olarak alırız.



Cisim için ne olursa dünya için de aynıdır.  
Göktaşının da durumu aynıdır, düşmeye başladığı  
uzaklık ile vurduğu nokta arasındaki  
mesafe alınmalıdır.



Diğer öğrencilerden 2'si aşağıdaki örnek cevapta görüldüğü gibi yerin çekim kuvvetinin olması nedeniyle uzaklığın yerin yüzeyinden itibaren düşünülmesi gerektiğini belirtmektedirler. Diğerleri ise (2 öğrenci) kurumda verilen örneklerde böyle gördüklerini belirtirken, 2 tanesi herhangi bir açıklama getirmemişlerdir.

al gök taşı ile yer yüzeyi arasındaki mesafedir. Çünkü potansiyel enerji kaynağı dünyanın sahip olduğu yer çekimidir. Tuda yer yüzü ile sınırlıdır. Ö32

Yukarıda yazılanlar göstermektedir ki öğrenciler başlangıç koordinatı olarak dünya yüzeyini dikkate alma nedenlerini açıklayamamaktadırlar.

**Gök taşı ile dünya merkezi arasındaki mesafenin** dikkate alınması gerektiğini söyleyen 14 öğrenciden 6 tanesi aşağıdaki örnek cevapta görüldüğü gibi, çekim kuvveti olması nedeniyle dünyanın merkezinin dikkate alınması gerektiğini düşünmektedir.

b seçeneğidir. Potansiyel enerji yere göre hesaplanır. Dünyanın merkezinden gök taşına yerçekimini etki eder. Bu yüzden potansiyel enerji hesaplanırken gök taşı ile dünya merkezi arasındaki mesafe dikkate alınır. Ö22

5 öğrenci ise aşağıdaki örnek cevapta görüldüğü gibi, yerin kütle merkezinin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Gök taşı ile dünya merkezi arasındaki mesafe alınır. Çünkü potansiyel enerji cismin bulunduğu konumdaki yüksekliğindedir.  $E_p = mgh$  Ö1

Diğer öğrencilerden 2'si potansiyel enerjinin yere göre olan enerji olması nedeniyle dünyanın merkezinin dikkate alınması gerektiğini belirtirken 1 öğrenci ise açıklama yapmamıştır.

Öğrenciler, dünya ile dünyaya düşmekte olan bir göktaşından oluşan bir sistemde  $U_g = mgy$  ifadesinde,  $y$  uzaklığını sadece gök taşı ile dünya merkezi arasındaki mesafe olarak düşünülmesi gerektiğine inanmaktadırlar. Öğrenciler başlangıç koordinatı olarak dünya merkezini almalarını kütle merkezi veya yerin çekim kuvveti ile açıklama yanılığısı içindedirler. Bununla beraber, yukarıda belirtildiği gibi her iki durumdan birini seçen

öğrencilerin kısmen doğru cevabı vermiş olacağı belirtilmiş olmasına karşın, öğrencilerin açıklamaları bu tercihlerin bilinçli yapılmadığını göstermektedir.

Görüldüğü gibi, dünya ile dünyaya düşmekte olan bir göktaşından oluşan bir sistem için, her iki şıktan birini tercih ederek soruyu cevaplayan 29 öğrencinin tamamı, dünyanın yarıçapına göre daha küçük bir yarıçapa sahip bir cismin düşey doğrultudaki yer değiştirmesinde potansiyel enerji fonksiyonunun koordinat başlangıcının seçime bağlı olduğunu bilmemektedirler. Bu ise öğrencilerin potansiyel enerji değişiminin  $\Delta y$  yer değiştirme mesafesine bağlı olduğunu algılayamadıklarını da göstermektedir. İncelenen kaynak kitapta, başlangıç koordinatının tercihe bağlı olarak seçildiğine yeterince dikkat çekilmemesi ve öğrencileri nitel sorgulamalar içeren aktivitelerle etkileşime sokulmaması bu noktada dikkati çeken etkenlerdir.

#### Diğer Cevaplar

Yukarıdaki cevaplamalarla birlikte 5 öğrenci soruda verilen durumların dışında, beklenmeyen nitelikte cevaplar vermişlerdir.

Göktaşının merkezi ile dünya yüzeyi arasındaki mesafenin dikkate alınması gerektiğini belirten 4 öğrenciden 2'si, bu durumu potansiyel enerjinin yere göre olan enerji olduğunu söyleyerek, 1'i kütle merkezinin dikkate alınması gerektiğini iddia ederek (yerin yüzeyinden cismin merkezine) ve diğeri ise yerin çekim kuvvetinin dikkate alınması gerektiğini belirterek açıklamaktadırlar.

Öğrencilerin cevapları ve cevaplarını doğrulamak için yaptıkları bu açıklamalar karşılaştırıldığında bu öğrencilerin potansiyel enerji değişiminin bulunması ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları görülmektedir.

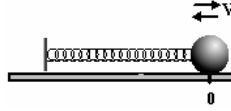
Öte yandan 1 öğrenci dünya ile dünya yüzeyi arasındaki mesafenin dikkate alınması gerektiğini belirtmiş ancak açıklama getirmemiştir.

#### 4. Sorunun Ön ve Son Analizi

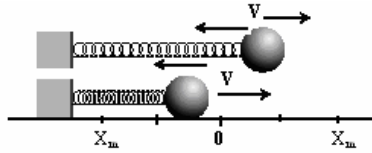
#### 4. Soru için Belirlenen Çözüm Yolları

'Enerji diyagramlarını görselleştirme' olarak adlandırılan bu talep tipinin sonuçlandırılabilmesi için öğrencilerin kullanılabilecekleri teknik ve sorunun çözümü aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

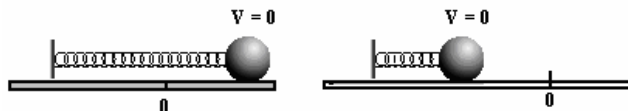
Cisim yay sisteminin A durumu için soruda verilen diyagramda potansiyel enerjinin değeri sıfır olarak verilirken, kinetik enerjinin değeri maksimum verilmektedir. Sistemin kinetik enerjisinin maksimum potansiyel enerjisinin minimum (sıfır) olduğu nokta yayın denge noktasıdır. Bu noktada cismin hızı maksimum ve alınan yol sıfır olacaktır. Buna göre çizilebilecek yay cisim şekli aşağıdaki gibi olacaktır.



B durumu için soruda sistemin hem kinetik enerjisinin hem potansiyel enerjisinin verildiği görülmektedir. Ancak kinetik enerjisinin potansiyel enerjiden fazla olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Buna göre sistemin kinetik ve potansiyel enerjiye sahip olduğu yer salınım hareketinde denge konumundan uzakta olan (maksimum uzunluk hariç olmak üzere) yerlerdir. Buralarda alınan bir yol ve cismin hızı vardır. Kinetik enerjinin potansiyel enerjiden fazla olduğu yerler ise, sıkışma veya gerilmenin maksimum değerinin yarısından az olan uzanımlardır. Çünkü buralarda sistemin hızı daha büyük olacaktır ki bu kinetik enerjinin değerini potansiyel enerjiden fazla çıkaracaktır. Bu çerçevede çizilebilecek yay şekilleri aşağıdakiler gibi olacaktır.



C durumunda ise A durumunun tersi söz konusudur. Buna göre sistemin potansiyel enerjisi maksimum değerli, kinetik enerjisi minimum (0) değerlidir. Sistemin potansiyel enerjisinin maksimum kinetik enerjisinin minimum olduğu yerler, hızın sıfır, uzanımın maksimum olduğu yerdir. Bu durum için çizilebilecek şekiller aşağıdaki gibi olacaktır.



#### 4. Soru İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda öğrencilerden, verilen enerji diyagramlarını kullanarak gerçek durumları resmetmeleri daha açık bir ifadeyle yay sistemini çizmeleri istenmektedir. Bunun için öğrencilere yayın enerjisiyle ilgili üç farklı durumu içeren diyagramlar sunulmuştur.

#### A Şıkkı İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Kinetik enerji değeri maksimum, potansiyel enerji değeri minimum (sıfır) olan bir yay-cisim sisteminin çizilmesini gerektiren soruya verilen cevaplar aşağıda Tablo 17’de sınıflandırılmıştır.

Tablo 17. Öğrencilerin 4. soru A durumuna ait cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR	Öğrenci Sayısı	Başaran Öğrenci Sayısı
Teknik kullanılarak	10	4
DİĞER CEVAPLAR	22	----
CEVAPSIZ	4	----

Tablo 17’de görüldüğü gibi A şıkkı için 10 öğrenci bu sorunun çözümü için önceden belirlenen tekniği kullanarak cevap verirken 22 öğrenci geliştirdikleri farklı teknikleri kullanarak cevap vermiş, 4 öğrenci ise soruyu cevapsız bırakmışlardır.

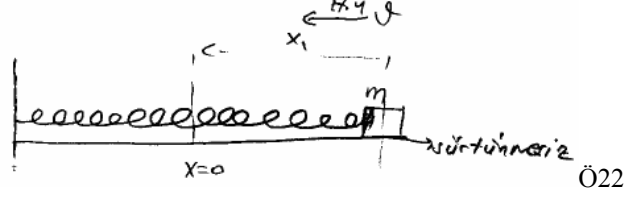
#### Ön Analizde Belirlenen Teknik Kullanılarak Verilen Cevaplar

Bu tekniği kullanan 10 öğrenciden 4’ü tekniğin uygulanmasında başarılı olurken, 6 öğrenci başarısız olmuştur.

Buna göre başarılı olan öğrenciler yayın potansiyel enerjisinin sıfır, kinetik enerjinin maksimum olduğu yerin yayın denge konumu olduğunu belirlemiş ve uygun şekli çizmişlerdir. Başarısız olan ise yayın potansiyel enerjisinin sıfır olduğu, kinetik enerjisinin maksimum olduğu noktanın yayın denge konumu olmadığını düşünmektedirler.

Aşağıda verilen örnek cevapta görüldüğü gibi bu 6 öğrenci, yaya bağlı cismin yayın denge konumundan  $X_1$  kadar uzağında ve  $V$  hızına sahip olduğu durumda yayın potansiyel enerjisinin sıfır, kinetik enerjisinin maksimum olduğunu düşünmektedirler. Öğrenciler

yayın potansiyel enerjisinin denge konumunda sıfır olduğunu ve kinetik enerjinin bu noktada maksimum olduğunu bilmemektedirler.



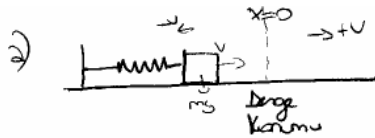
Ayrıca öğrenciler denge konumunun uzağında cismin hızının denge konumundaki hızına göre daha az olduğunu bilincinde değildirler.

### Diğer Cevaplar

Beklenmeyen cevaplar veren 22 öğrencinin tamamı başarısız olmuşlardır. Cevaplar, yatay (13 öğrenci tarafından) ve dikey (9 öğrenci) düzlemlerde çizilmiş yaylar olmak üzere 2 farklı şekilde gruplanmaktadır. Cevapların yatayda ve dikeyde şeklinde gruplanması, yayın şeklini yatayda çizen öğrencilerin tamamının B ve C durumlarında dikeyde çizmiş olmaları sebebiyle, öğrencilerin yatayda çizme gerekçelerini incelemektir.

### Yatay Düzlemde Yapılan Çizimler

Yayın şeklini yatay doğrultuda çizen 13 öğrencinin tamamı yayın yatayda belirli bir hıza sahip olması nedeniyle kinetik enerjiye sahip olduğunu ve potansiyel enerjisi olmadığını düşünmektedirler. Aşağıda verilen cevap bu düşünceyi destekler niteliktedir.



Burada yay hareketlidir ve kinetik enerjiye sahiptir ama cismin yerdan yüksekliği değişmediği için PE değişmez.

Ö34

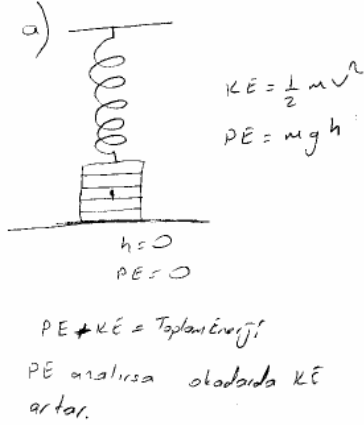
Öğrencilerin tamamı verilen bilgilere göre sistemde kinetik enerjinin olduğunu ancak yükseklik olmadığı için potansiyel enerjinin olmadığını belirtmektedirler. Potansiyel enerji ile ilgili yapılan açıklamalar 'yerin çekim potansiyel enerjisi' tanımlaması ile uyusmaktadır. Buda göstermektedir ki öğrenciler yayın potansiyel enerjiye sahip olabilmesi için yerdan belli bir yükseklikte bulunması gerektiğine inanmaktadırlar.

Öğrencilerin yayın şeklini yatay düzlemde çizmeleri de yükseklikle ilişkilidir. Çünkü öğrenciler yayın esneklik potansiyel enerjisi olarak düşündükleri çekim potansiyel enerjisinin değerinin yatay zeminde sıfır olacağını belirtmektedirler.

Sonuç olarak bu doğrultuda cevaplama yapan öğrencilerin tamamının yayın potansiyel enerjisini algılamada yanlış bilgilere sahip olduğu açıktır.

### Dikey Düzlemde Yapılan Çizimler

Yayın şeklini dikey doğrultuda çizen 9 öğrenci yayın belirli bir kinetik enerjiye sahip olduğunu ve potansiyel enerjisi olmadığını düşünmektedirler. Öğrenci cevaplarının analizi öğrencilerin bir takım yanlış algılamalara sahip olduklarını göstermektedir.



Yanda verilen örnek cevapta görüldüğü gibi 9 öğrenciden 7 tanesinin potansiyel enerjiyi algılamaları sadece yerin çekim potansiyel enerjisi ile ilgilidir. Öğrenciler soruda verilen diyagramda yayın potansiyel enerjisinin sıfır ve kinetik enerjisinin maksimum olduğu sistemin dikey bir yay-cisim salımında gerçekleşebileceğine inanmaktadırlar.

Şekilde görüldüğü gibi öğrencilerde, bir yayın potansiyel enerjiye sahip olabilmesi için yayın yerden belli bir yüksekliğe sahip olması gerektiği inancının var olduğu anlaşılmaktadır. Bununla beraber bu öğrencilerden 2'si (bunlardan birine ait cevap yukarıda verilendir) potansiyel enerjinin sıfır olduğunu belirttikleri yer zemininde kinetik enerjinin nicel değerinin  $\frac{1}{2}mV^2$  olduğunu belirtmektedirler. Öğrenciler yayın hızının denge konumunda maksimum olması nedeniyle kinetik enerjinin maksimum olacağını bilmemektedirler. Diğer taraftan öğrencilerin düşüncesi ile duruma bakıldığında cismin zemine ulaştığı anda hızının sıfırlanacak olması yay sisteminin kinetik enerjisinin de sıfırlanmasını gerektirecektir. Oysa öğrenciler kinetik enerjinin varlığına inanmaktadır.

Öğrencilerin bu çelişkileri aşağıda görülen bir başka örnek cevapta daha belirgin olarak dikkat çekmektedir.



Mot hızı ulaşması için potansiyel enerji ve

$$W_s = W_k + W_p$$

$$\frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} m v^2 + 0$$

$$k \cdot x^2 = m \cdot v^2$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} = v \text{ hız}$$

Ö11

Yukarıdaki cevapta yer alan şekil ve denklemler, yerin yüzeyinin çekim potansiyel enerjisi için referans noktası olarak alındığını göstermektedir. Bu ise şekilde görüldüğü gibi, öğrenciye göre ilk konumda, sadece yere göre çekim potansiyel enerjisi olacağı anlamına gelir. Öğrenciye göre ikinci konumda, cismin maksimum hıza ulaşabilmesi için çekim potansiyel enerjisinin sıfır olması gerekmektedir. Öğrenci denkleminde ise kinetik enerjinin yayın esneklik potansiyel enerjisine eşit olduğunu belirtmektedir. İkinci konumda öğrenci, çekim potansiyel enerjisinin sıfır olmasının yanında zemin üzerinde anlık duruluyor olunması nedeniyle cismin kinetik enerjisinin de sıfır olacağını bilincinde değildir. Diğer bir söyleyle ilk konumda sistemin sahip olduğu enerji ikinci konumda öğrencinin mantığı sonucunda yok olması gerekir. Ancak öğrenci ikinci konumda yayın esneklik potansiyel enerjisinin ilk konumda enerji olarak belirlenen potansiyel enerjiye (kinetik enerjiye dönüşümüne) eşit olduğuna inanmaktadır.

Öğrencilerden bir tanesi ise düşey doğrultuda duran yayın kendi uzunluğundan dolayı çekim potansiyel enerjisine sahip olduğunu düşünerek yüksekliği sıfır olan ve belli bir hıza sahip sıkıştırılmış bir yay şekli çizmiştir.

a) \_\_\_\_\_

h=0 v=v

Ö19

Bu durum yayın esneklik potansiyel enerjisini çekim potansiyel enerjisi olarak düşünüldüğünü göstermektedir. Bununla birlikte öğrenci kinetik enerjinin yayın denge konumunda maksimum olacağını bilmemektedir.

Sonuç olarak yayın şeklini dikey doğrultuda çizen öğrencilerin, yayın esneklik potansiyel enerjisini algılamada ve kinetik enerjisinin nicel değer kazandığı uzanımları yorumlamada yetersiz oldukları açıktır.



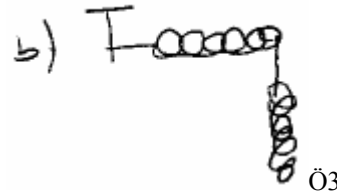
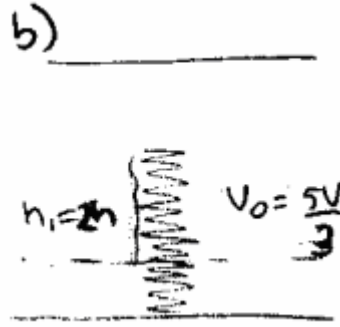


uzanım veya sıkışmasının yarısından daha az uzadığı anlamına gelecektir. Kurumda konu ile ilgili talep tipleri bulunmasına karşın bu duruma dikkat çekilmemektedir. Kurumdaki bu talep tiplerinin taleplerine bakıldığında, yayın denge konumunu, maksimum uzanımı veya sıkışması, yaydan kurtulan cismin gideceği maksimum uzaklık gibi aktiviteler üzerine odaklandığı görülmektedir. Buna karşın bu taleplerde, maksimum uzanım veya sıkışma ile denge noktası arasında cisim-yay sisteminin kinetik enerji ve potansiyel enerjisini içeren taleplere yer verilmediği görülmektedir. Bu durumun öğrencilerin algılamalarında kurumun eksik yönlendirme yaptığının göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

### Diğer Cevaplar

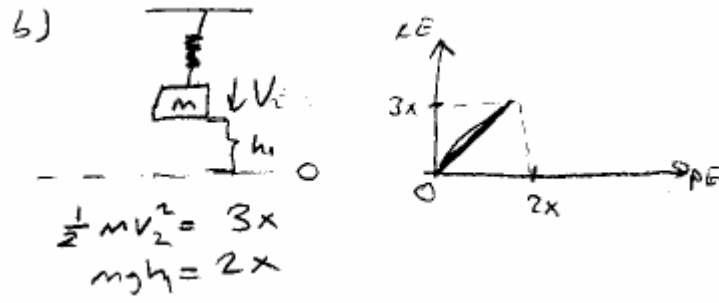
Beklenmeyen cevaplar veren 20 öğrencinin tamamı başarısız olmuşlardır. Bu öğrencilerden 2 kişi yayın kendi şekline ait çizimle cevaplama yaparken, diğer 18 öğrenci düşey doğrultuda yay-cisim sistemine ait çizim yaparak soruyu cevaplamışlardır.

Yayın şekline göre verilen kinetik ve potansiyel enerji diyagramlarını açıklamaya çalışan öğrenciler, aşağıda görüldüğü gibi, bir yayın potansiyel enerjisini algılamada ciddi yanlışlara sahiptirler.



Öğrencilerden biri yayın uzaması ile potansiyel enerjisinin artacağını düşünmektedir. Diğer öğrenci ise yayla ilgili verilen diyagramların yayın hem kinetik hem potansiyel enerjiye sahip olduğunu göstermesi nedeniyle yayı yatayda ve düşeyde iki parça halinde çizmiştir. Öğrencilerin yayın kendi şekline göre çizim yapmaları onların gerçekte yükseklikle ilişki kurmalarından kaynaklanmaktadır. Buda göstermektedir ki öğrenciler yayın esneklik potansiyel enerjisi yerine çekim potansiyel enerjisini düşünmektedirler.

Beklenmeyen cevaplar veren diğer 18 öğrencinin tamamı aşağıda verilen örnek öğrenci cevabından görüldüğü gibi cisim-yay sistemini yerden bir  $h$  kadar yükseklikte çizmişlerdir.



Öğrencilerin cismi yerden yüksekte düşümlerinin sebebi yayın esneklik potansiyel enerjisini yerin çekim potansiyel enerjisi ile karıştırmalarıdır. Öğrenciler yayın potansiyel enerjisi ile ilgili yanlış algılamalara sahiptirler.

### C Durumu İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

C durumunda öğrencilere yayın potansiyel enerji değerini maksimum ve kinetik enerji değerini sıfır gösteren bir diyagram verilmiştir. Bu doğrultuda verilen öğrenci cevapları aşağıda Tablo 19'daki gibi sınıflanmaktadır.

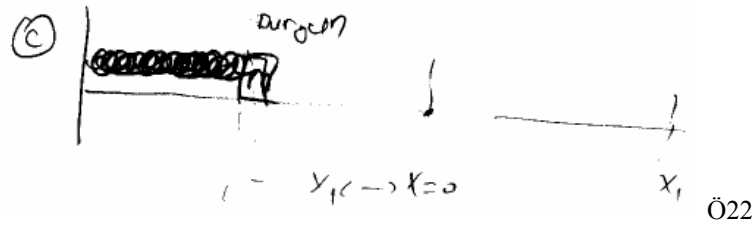
Tablo 19. Öğrencilerin 4. soru C durumuna ait cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR		Öğrenci Sayısı	Başaran Öğrenci Sayısı
C	Teknik kullanılarak	9	6
	DİĞER CEVAPLAR	21	----
	CEVAPSIZ	6	----

Tablo 19'da görüldüğü gibi C durumu için, 9 öğrenci ön analizde belirlenen tekniği tercih ederken, 21 öğrenci farklı cevaplar vermiştir. 6 öğrenci ise soruya cevap vermemiştir.

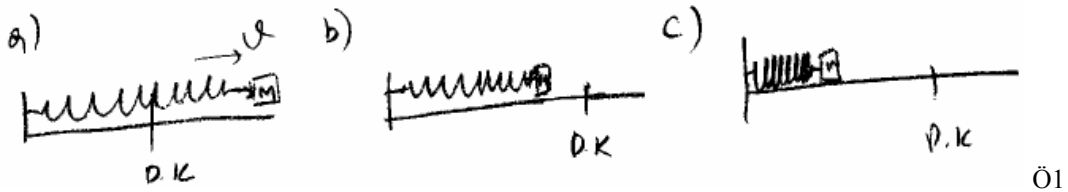
#### Ön Analizde Belirlenen Teknik Kullanılarak Verilen Cevaplar

Ön analizde belirlenen tekniği tercih eden öğrencilerden 6 tanesi aşağıda verilen örnek öğrenci cevabında görüldüğü gibi tekniğin kullanımında başarılı olmuşlardır.



Öğrenciler yayın potansiyel enerjisinin maksimum kinetik enerjisinin minimum olduğu noktayı yayın maksimum sıkışma noktası olarak belirlemişlerdir. Bazı öğrenci cevaplarında ise maksimum gerilme noktası belirlenmiştir. Sorunun çözümü için herhangi bir tanesinin çizilmesi yeterli olduğu için bu 6 öğrencinin öğrencilerin tamamı tekniğin kullanımında başarılı kabul edilmişlerdir.

Tekniğin kullanımında başarısız olarak kabul edilen 3 öğrenci ise çizimlerinde açıklamalara yer vermedikleri için başarısız olarak değerlendirilmiştir. Aşağıda verilen örnek öğrenci cevabında görüldüğü gibi; bu 3 öğrencinin A, B ve C durumlarına verdikleri cevaplar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, öğrencilerin kinetik enerjinin daha çok sıkışmada veya gerilmeye minimum olacağını, potansiyel enerjinin maksimum olacağını bildikleri söylenebilir.

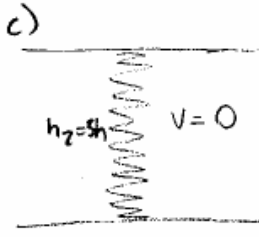


Ancak bu durum bu 3 öğrencinin bilgilerini görsel çizimlerinde açıklayamadığı gerçeğini de ortaya koyar.

Görüldüğü gibi öğrenciler, algılamaları doğru olsa da bunları ifade etmekte güçlük çekmektedirler. Bu duruma etkenlerden en önemlisi, kurumun öğrencilere sunduğu aktivitelerde bu soruda olduğu gibi farklı gösterim durumlarına yer vermemesinden kaynaklanmaktadır.

### Diğer Cevaplar

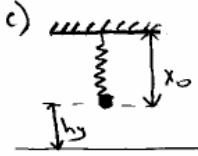
Beklenmeyen cevaplar veren 21 öğrencinin tamamı başarısız olmuşlardır. Bu öğrencilerden 3 kişi yayın kendi şekline ait çizimle cevaplama yaparken, diğer 18 öğrenci düşey doğrultuda yay-cisim sistemine ait çizim yaparak soruyu cevaplamışlardır.



Ö19

Yayın şekline göre verilen kinetik ve potansiyel enerji diyagramlarını açıklamaya çalışan 3 öğrenci yanda görüldüğü gibi, yayın kendi uzunluğunu potansiyel enerji ile özdeşleştirmektedirler. Öğrenciler diyagramda verilen 5 birimlik uzunluğu şekilde görüldüğü gibi yükseklikle eşdeğer olarak düşünmektedirler. Bu durum ise öğrencilerin diyagramı anlamada ve tekrar görselleme de başarısız olduklarını göstermektedir. Ancak diyagramın yanlışta anlaşılması bir cisim-yay sistemi için böyle bir gösterim düşünülemez.

Beklenmeyen cevaplar veren diğer 18 öğrenci, potansiyel enerjiyi yükseklikten kaynaklanan enerji olarak nitelendirmektedirler. Bu öğrencilerden 16'sının verdiği cevaplar aşağıda verilen örnek öğrenci cevabı doğrultusundadır.



Cisim hiç uzamadığı için hızı sıfırdır. Dolayısıyla Kinetik Enerji sıfır olur. Fakat yükseklikten dolayı bir potansiyel enerjiye sahiptir.  
P.E = mgh<sub>2</sub> dir.

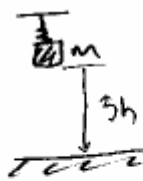
Ö12

Öğrencilere göre yayın yerden belirli bir yükseklikte hızı sıfırdır; hareketsizdir. Dolayısıyla kinetik enerjisi yoktur. Diğer taraftan öğrencilere göre, yayın yerden belirli bir yükseklikte duruyor olması nedeniyle yayın potansiyel enerjisi vardır ve bu potansiyel enerji 'mgh' ifadesine eşittir. Bu açıklamalarla birlikte yukarıdaki örnek öğrenci cevabında görüldüğü gibi, bu 16 öğrenciden 3 tanesi, yayın hiç uzamadığını söyleyerek bu yüksekliğin gerçekte yayın denge noktası olduğunu belirtmektedirler. Bu durumdan hareketle, öğrencilerin ucunda m kütleli bir cisim bağlı olan yayın denge konumunda duracağı ve bu noktada hiç bir hıza sahip olunmayacağı düşüncesinde olduğu anlaşılmaktadır.

Öğrenciler çekim potansiyel enerjisini yayın esneklik potansiyel enerjisi olarak düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler denge konumunda yayın hızının ve dolayısıyla kinetik enerjisinin sıfır olduğu yanılığısı içindedirler. Gerçekte cisim-yay sisteminde denge konumunda hız maksimumdur. Sonuç olarak öğrencilerin bireysel algılamaları kurumsal tanıma ile paralellik göstermemektedir.

Beklenmeyen cevaplar veren 18 öğrenciden ikisine ait cevaplar ise aşağıda görüldüğü gibidir.

c)




$$PE = mgh$$

$$PE = mg 5h = 5PE$$

$$KE = \frac{1}{2}kx^2$$

Ö16

c)



Bununla yay yere sabit olduğu için sistemin potansiyel ve kinetik enerjisi 5h olamaz, onun yerine bir potansiyel enerjisi vardır.

Ö18

Öğrencilerin her ikisi de, başarısız olan diğer öğrenciler gibi, soruda verilen diyagramı doğru anlamlandırarak yayın sıfır nicel değerli bir kinetik enerjisinin ve belirli bir potansiyel enerjisinin olduğunu belirtmektedirler. İki öğrencide diğer başarısız öğrenciler gibi, yerin çekim potansiyel enerjisini yayın esneklik potansiyel enerjisi olarak düşünmektedirler.

Diğer taraftan bu öğrencilerden bir tanesi (Ö16) kinetik enerjinin formülünü  $\frac{1}{2}kx$  olarak vermektedir. Bu öğrenci kinetik enerji formülünü yayın esneklik potansiyel enerjisinin formülü olarak bilmektedir. Ayrıca öğrenci yayın potansiyel enerji formülünün  $\frac{1}{2}kx^2$  olduğunu, diğer bir deyişle potansiyel enerjinin uzanımın karesi ile doğru orantılı olduğunu bilmemektedir. Diğer öğrenci (Ö18) ise cismin yerde bulunuyor olmasına rağmen yere göre bir potansiyel enerjisinin olduğunu belirtmektedir. Öğrenci yerin çekim potansiyel enerjisini yayın potansiyel enerjisi olarak kabul etmesinin yanı sıra, çekim potansiyel enerjisini de doğru olarak algılayamamıştır.

4. soruya ait üç durumun sonuçları genellendiğinde, tüm öğrencilerin yeniden görselleme problemleri olduğu, kurumunda bu noktada yeterince yönlendirme yapılmayarak buna doğrudan etken olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte öğrenciler yayın kinetik enerjisini algılamada genel olarak sorun yaşamadıkları, ancak yayın potansiyel enerjisini algılamada problemleri olduğu belirlenmiştir. Bu özellikle yayın potansiyel enerjisi ile çekim potansiyel enerjisinin karıştırılması noktasında ortaya çıkmaktadır.

## 5. Sorunun Ön ve Son Analizi

### 5. Soru İçin Belirlenen Çözüm Yolları

'Kuvvetin cisim üzerinde yaptığı işi yorumlama' olarak adlandırılan talebi sonuçlandırmak kullanılabilecek teknikler ve onlara bağlı olarak verilebilecek cevaplar aşağıda verildiği gibidir.

#### Teknik 1

Soruda hız-zaman grafiği verilmekte ve buradan hareketle işe dair yorumlama yapılarak farklı bir gösterimde bulunulması istenmektedir. İş-kinetik enerji teoremine göre kinetik enerjideki değişim işe eşit olacaktır. Grafikte de hızın zamana göre değişimi verilmektedir. O halde grafikte hızın zamana göre değişiminden hareketle kinetik enerji değişimini ve beraberinde işin işaretini belirlenebilir. Buna göre AE aralığında işin işareti aşağıdaki gibi belirlenir.

AB aralığında:	$V \rightarrow$ artmakta,	$iş = \Delta K > 0$	$W_{AB} \Rightarrow +$
BC aralığında:	$V \rightarrow$ sabit,	$iş = \Delta K = 0$	$W_{BC} \Rightarrow 0$
CD aralığında:	$V \rightarrow$ azalmakta,	$iş = \Delta K < 0$	$W_{CD} \Rightarrow -$
DE aralığında:	$V \rightarrow$ artmakta,	$iş = \Delta K > 0$	$W_{DE} \Rightarrow +$

#### Teknik 2

Grafiğin hız-zaman grafiği olması nedeniyle soruda belirtilen aralıklarda grafiğin eğiminde ivmenin işareti yorumlanarak belirlenir. Buna bağlı olarak Newton'un II. yasasından ( $F = m.a$ ) faydalanılır ve kuvvetin işareti (yönü anlamına gelecektir) belirlenir. Hız zaman grafiğinin altında kalan alanında yolu verecek olması nedeniyle, gidilen yolun yönü de belirlenebilir. İşin, kuvvetin yer değiştirme yönündeki bileşeni ile yer değiştirmenin çarpımı olduğu göz önüne alınarak yukarıdaki verilen yorumlamalar sentezlenir ve işin işareti belirlenir. Buna göre soruda istenen işin işareti aşağıdaki gibi belirlenir.

$$F = m.a, \quad X = V.t, \quad W = F.X$$

AB aralığında ivmenin pozitif olduğu düşünülürse kuvvette pozitif olacaktır. X'in de pozitif olması, işin pozitif olacağını gösterir.  $W_{AB} \Rightarrow +$

BC aralığında hızın sabit olması ivmenin sıfır olduğunu, buda kuvvetin sıfır olacağını gösterir. Kuvvetin sıfır olması ise işin sıfır olacağı anlamına gelecektir.  $W_{BC} \Rightarrow 0$

CD aralığında ivmenin negatif olması, kuvvetinde negatif olmasını gerektirir. Alınan yolun pozitif yönde olması ise kuvvet ile yer değiştirmenin zıt yönlü olduğunu gösterir. Bu ise işinde negatif olacağı anlamına gelir.  $W_{CD} \Rightarrow -$

DE aralığında hareketin yönü değişmektedir. Burada hızın ters yönde artması alınan yolun önceki aralıklara göre ters yönde olduğunu gösterir. Dikkat edilmesi gereken nokta ivmenin de sonuç olarak uygulanan kuvvetin de aynı yönde olduğunu gösterir. Buda işin işaretinin pozitif olacağını gösterir.  $W_{DE} \Rightarrow +$

### 5. Soru İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda öğrencilerden verilen bir hız-zaman grafiğini kullanarak enerji değişimini yorumlamaları beklenmektedir. Sorunun çözümü için iki farklı teknik belirlenmiştir. Öğrencilere ait cevaplar ise Tablo 20’de görüldüğü gibidir.

Tablo 20. Öğrencilerin 5. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR	Öğrenci Sayısı	Başaran Öğrenci Sayısı
TEKNİK 1	15	5
TEKNİK 2	19	1
DİĞER CEVAPLAR	2	----

Tablo 20’de verildiği gibi uygulamaya katılan öğrencilerden 15 tanesi teknik 1’i, 19 tanesi teknik 2’yi kullanırken iki öğrenci soruyu beklenmeyen şekilde cevaplamışlardır.

#### Teknik 1 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Teknik 1’i kullanan 15 öğrencilerden 5’i tekniği doğru bir şekilde kullanıp doğru cevaba ulaşırken, diğer 10’u başarısız olmuşlardır.

Başarısız olan öğrencilerin cevapları iki kategoride gruplanmaktadır: Birinci kategoride bulunan öğrencilerden 3 tanesi kinetik enerjinin ( $KE$ ) nicel değeri ile kinetik enerji değişiminin ( $\Delta KE$ ) nicel değerini aynı olarak düşünmektedirler. Diğer kategoride bulunan 7 öğrenci ise hızın yönü veya değerine göre cevap verenlerdir.



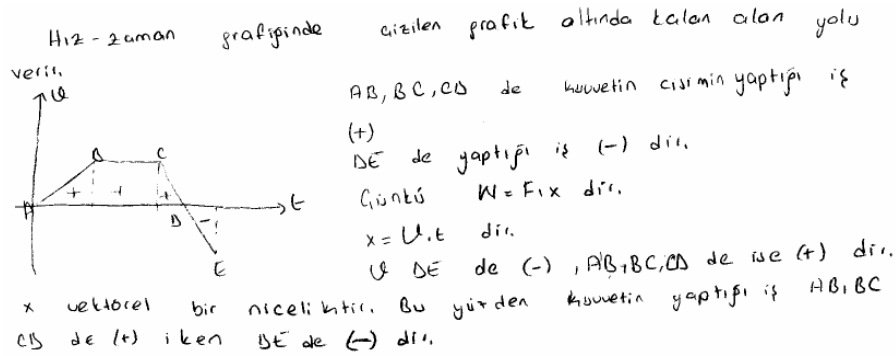
Birinci kategoride yer alan 3 öğrenciye göre hıza bağlı olarak kinetik enerjinin artması veya azalması, işin işaretini belirlemek için yeterlidir. Aşağıda verilen örnek cevapta görüldüğü gibi, bu öğrenciler için kinetik enerjinin nicel değerinin artması veya azalması kinetik enerji değişiminin artması veya azalması anlamına gelmektedir.

AB aralığında hız arttığından Kinetik Enerjisi artar. (+) işaretli olur.  
 BC // // Sbt // // değişmez  
 CD // // azaldığından // // azalır. (-) işaretli olur.  
 DE // // arttığından // // artar. (+) işaretli olur

Ö1

Öğrenciler kinetik enerji ile iş arasında, kinetik enerjinin değişimine bakmaksızın bir ilişki kurmaktadır. Bu durum ise kinetik enerjinin işe eşit olduğu anlamına gelir ki bu bilimsel olarak yanlıştır. Öğrenciler bu noktada yanlıgı içerisindeyler. 2. soruya verilen cevaplardan elde edilen bulgularla örtüşen bu durum öğrenciler kinetik enerji değişiminin işe eşit olduğunu belirten bilgiyi doğru olarak anlamlandıramadıklarını göstermektedir.

İkinci kategoride yer alan 7 öğrencinin cevaplarına bakıldığında, tamamının hızın nicel değerini düşünerek işin işareti hakkında yorum yaptıkları görülmektedir. Onlara göre iş, hızın değerinin pozitif olduğu AD aralığında pozitif değerlidir. DE aralığında ise iş negatiftir.



Ö 35

Aslında öğrenciler “işin işareti, kuvvetin yer değiştirmeye göre yönüne bağlıdır.” tanımlamasından hareketle işin işaretini yorumlamaktadırlar. Ancak öğrenciler bu tanımlamada, kuvveti ihmal ederek sadece yer değiştirmeyi hesaba katmaktadırlar. Yer değiştirmeyi ise, hız-zaman grafiğinin altındaki alan yer değiştirmeyi verir tanımından hareketle bulmaktadırlar. Sonuç olarak öğrenciler işin işaretini sadece hız değerine göre

düşünme yanlılığı içindedirler. Ayrıca bu öğrencilerin iş bilgisi ile olan bireysel ilişkilerinde, “iş kinetik enerji değişimine eşittir” tanımlamasının yer almadığı bu soruya verdikleri cevaplardan anlaşılmaktadır.

Diğer taraftan soruda verilen AB, BC, CD ve DE aralıklarının her biri için bu 7 öğrencinin cevaplarının incelenmesi, öğrencilerin işe dair bilgilerini görmek adına faydalıdır.

Öğrencilerin tamamı AB aralığında hızın yönünün pozitif olduğunu belirterek doğru cevaplama yapmışlardır. BC Aralığında, 7 öğrenciden 3’ü hızın sabit olduğunu bu nedenle işin pozitif değerli olacağını belirtmekte, 1 öğrenci ise hızın sabit olması nedeniyle işinde sabit olacağını belirtmektedir. Bu öğrenciler sabit hızda iş yapılacağı düşüncesindedirler. CD aralığında, öğrenciler hızın hız-zaman grafiğinde pozitif değerli olmasını işin pozitif değerli olması için yeterli görmektedirler. Öğrenciler yavaşlayan cismin kinetik enerji değişiminin negatif işaretli olduğunu, diğer bir söyleyle sistemden enerji çıkışı olduğunu algılayamamışlardır. DE aralığında, öğrenciler hızın negatif bir değere sahip olması sebebiyle işinde negatif bir değere sahip olması gerektiğini düşünmektedirler. Öğrenciler, durgun halden başlayarak düzgün olarak hızlanan bir cismin kinetik enerji değişiminin arttığı bilgisine sahip değillerdir.

### Teknik 2 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Tablo 20’de görüldüğü gibi teknik 2’yi kullanarak soruyu cevaplayan 19 öğrenciden yalnız 1 tanesi başarılı olurken diğerleri başarısız olmuşlardır. Başarısız öğrencilerin hareketin ivmesi, yer değiştirmenin yönü veya uygulanan kuvvetin özelliklerini kullanarak işin işaretini belirlemeye çalışmaktadırlar.

Teknik 2’nin kullanımında başarısız olan 18 öğrenciden 5 tanesi, aşağıda verilen örnek cevapta görüldüğü gibi DE aralığında ivmenin eksi işaretli olması nedeniyle işin işaretinin eksi olacağını belirtmektedirler.

→ DE aralığında cisim "-" yönde ivmelenmeye devam etmektedir  
Dolayısıyla bu aralıkta ivme "-" işaretli olduğundan  $W_{iş}$  de "-" olur. Ö18

Öğrencilere göre ivmenin eksi değerli olması, kuvvetinde eksi değerli olacağı anlamına gelmektedir. Kuvvetin eksi değere sahip olması ise işin eksi değerli olacağı anlamındadır.

Öğrenciler D noktasından itibaren hareketin yön değiştirmesi nedeniyle ivmenin CD aralığında olduğu gibi eksi değerli olacağı yanılığına sahiplerdir.

Başarısız öğrencilerden 9 tanesi ise işin işaretini hareketin yönüne ve yer değiştirmeye göre belirlemişlerdir. Aşağıdaki alıntı bu tür cevapları örneklemektedir.

(+ veya -) olmasının sebebi d'nin (yolun) değişmesidir. Ters yönde gidilmesidir.  
 $\epsilon W = F \cdot d$  dir.

Ö6

Bu öğrencilere göre işin işareti yukarıda görüldüğü gibi,  $W = F \cdot d$  formülü gereği olarak yer değiştirmenin işaretine ve yönüne bağlıdır. Bu yorumlamadan hareketle öğrenciler aşağıdaki örnekte olduğu gibi, hız-zaman grafiğinin altındaki alanı bularak işin işaretini belirlemişlerdir.

|AD| = yavaş, iş pozitif (+) çünkü belli bir yarıya  
 dırma vardır  $X = \frac{V \cdot t}{2}$   
 |BC| = yavaş, iş pozitif (+) çünkü belli bir yarıya  
 vardır  $X =$   
 |CD| = yavaş, iş pozitif (+) çünkü belli bir yarıya  
 ne vardır.  
 |DE| = yavaş, iş negatif (-) çünkü |DC| aralığında kat ettiler  
 ne = -e-y-s get almışlar  $(X = V \cdot t)$

Ö11

Öğrenciler AD aralığında işin işaretini pozitif, DE aralığında ise işin işaretini negatif olarak bulmuşlardır. Onlara göre pozitif yönlü yer değiştirmenin sonucunda yapılan işin işareti pozitif, negatif yönde yapılan yer değiştirmenin sonucunda yapılan işin işareti negatiftir. Bu durum öğrencilerin yer değiştirmeye bağlı işin işaretini belirleme noktasında doğru açıklamalar yapamadıklarını göstermektedir. Ancak öğrenciler işin işaretini belirlemede tek faktörün yer değiştirme kavramı olduğunu düşünmektedirler. Oysa işin işareti, yer değiştirme ve kuvvet kavramlarının her ikisine birden bağlıdır.

Bununla birlikte işin işaretini yer değiştirmeye bağlı olarak belirleyen bu 9 öğrenciden 2 tanesi, negatif yönde yapılan hareketi, DE aralığını, aşağıda verilen cevapta görüldüğü gibi işten kayıp olarak nitelendirmekte ve bu nedenle işin işaretini negatif olarak

almaktadırlar. Öğrenciler enerji değişimi ve iş kavramını grafik üzerinde doğru olarak anlamlandıramamaktadırlar.

$$W=f \cdot x \quad \frac{AB}{+} \quad \frac{BC}{+} \quad \frac{CD}{+} \quad \frac{DE}{-}$$

Her noktada yapılan bir iş var ancak DE noktası arasında işten kayıp var. Yapılan işe negatif yönde bir iş daha yapılıyor.

Ö4

Teknik 2'nin kullanımında başarısız olan diğer 4 öğrenci, cisme uygulanan kuvveti ve hareketin yönünü değerlendirerek işin işaretini bulmaya çalışmışlardır.

Öğrencilerin tamamı aşağıda verilen cevapta görüldüğü gibi AD aralığında işin işaretini belirlemede başarılı olmuşlardır.

AB arası iş  $\oplus$  işaretli  
 BC " iş hız sabit olduğundan kuvvet cism üzerinde bir iş yapmaktadır  
 CD " iş kuvvet ters yönde uygulandığından  $\ominus$  işaretlidir.  
 DE " iş kuvvet ters yönde uygulanmaya devam ettiği için  $\ominus$  işaretlidir.

Ö32

Ancak öğrenciler, DE aralığında grafiği yanlış yorumlayarak cisme uygulanan kuvvet ile hareketin yönünü ters olarak düşünmeleri nedeniyle yanlış cevap vermişlerdir. Öğrencilerin işin işaretini belirlemede düşünce olarak yanlışları olmamasına karşın ilgili grafiği anlamlandırma noktasında eksiklikleri vardır. Bu anlamda kurum tarafından verilen taleplerin sayılarındaki düşüklük öğrencilerin bu algılama eksikliklerine olan etkenlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

### Diğer Cevaplar

Uygulamaya katılan öğrencilerden iki tanesi ise teknik 1 ve teknik 2'yi birlikte kullanmıştır. Öğrenciler teknik 1'den hız kavramını ve teknik 2'den ivme ve yer değiştirme kavramlarını birlikte düşünerek işin işaretini belirlemeye çalışmışlardır. Bu durum farklı bir teknik olarak karşımıza çıkmamakta, sadece sorunun cevaplandırılmasında öğrencilerce belirli aralıklarda teknik 1 ve diğer aralıklarda teknik 2'nin kullanılması anlamına gelmektedir.

$\overline{AB}$   $w = Fx \rightarrow$  Hız artmış ve ivme de (+) yönde olduğu için AB aralığında cismin yaptığı iş pozitif  
 $\overline{BC}$  Hız sabit, ivme sabit  $F = m \cdot a$ , Bk. için bu aralıkta iş yapılmamıştır  
 $\overline{CD}$  Hız azalmakta fakat hala aynı yönde bu yüzden iş pozitif  
 $\overline{DE}$  Hız ters yönde artmakta, cisim yön değiştirmiş. Bu yüzden iş negatif

Ö5

Öğrencilerden bir tanesi aşağıda görüldüğü gibi, AC aralığında hız ve ivmeyi, CD aralığında hız ve yer değiştirme yönünü birlikte ele almaktadır. Öğrenci AC aralığı için başarılı olurken CE aralığında başarısız olmuştur. Öğrencinin başarısız olmasındaki temel neden CE aralığında ivmeyi ve buna bağlı olarak kuvveti düşünmemesidir.

Diğer öğrenci, aşağıda görüldüğü gibi BC aralığında hızın sabit olmasına rağmen iş yapılacağını belirterek yanılıya düşmüştür. Öğrenci diğer aralıklarda ise hız, ivme ve yer değiştirme kavramlarını birlikte kullanarak başarılı olmuştur.

$$\begin{aligned}
 (BC) &= W = F \cdot x \\
 &= F \cdot v \cdot t \quad (+) \\
 &\text{(hız sabit)}
 \end{aligned}$$

Ö8

Bu iki öğrencinin her iki tekniği bu şekilde birlikte kullanmaları ve kullanım şekilleri onların çözüm yollarını (teknikleri) bildiklerini ancak uygulama konusunda yetersiz kaldıklarını göstermektedir.

## 6. Sorunun Ön ve Son Analizi

### 6. Soru için Belirlenen Çözüm Yolları

Yukarıda verilen sorunun A şıkında yer alan 'bir cisme etki eden kuvvetlerin yaptığı işi hesaplama' talebi aşağıdaki gibi sonuçlandırılabilir.

Soruda blok üzerine etkiyen her bir kuvvetin yaptığı işin istenmesi nedeniyle öncelikli olarak bloğa etki eden kuvvetlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kuvvetler; yerin çekimi kuvveti, sürtünme kuvveti, normal kuvveti ve T gerilim kuvvetidir.

Cisim üzerine sabit bir kuvvet uygulayan bir etkenin cisim üzerinde yaptığı iş,  $W$ , kuvvetin yer değiştirme yönündeki bileşeni ile yer değiştirmenin çarpımıdır. Bu durumda her bir kuvvetin yaptığı iş aşağıda verildiği gibi hesaplanacaktır. (m: kütle, g: yer çekimi ivmesi, d: alınan yol)

$$\text{Yer çekimi kuvvetinin yaptığı iş: } W_g = -mg.d.\sin\alpha = (-).400.10.6.\frac{3}{5} = -14400J$$

$$\text{Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş: } W_s = -\mu_s.mg.d.\cos\alpha = (-).0,5.400.10.6.\frac{4}{5} = -9600J$$

Normal kuvvetinin yaptığı iş:  $W_N = N.d$ ,  $N \perp d$  Normal kuvveti ile alınan yolun birbirine dik olması normal kuvvetinin yaptığı işin sıfır olduğunu gösterir.

T Gerilim kuvvetinin yaptığı iş:

$$W_T = mg.[\sin\alpha + \mu_s \cos\alpha].d = 400.10.[\frac{3}{5} + 0,5.\frac{4}{5}].6 = 24000J$$

Bu soruda birden fazla kuvvetin yaptığı işin hesaplanması gerektiğinden, birden fazla teknik olduğu düşünülse de temelde sorunun çözümü için gerekli olan tek bir teknik vardır. ( $W = F.d$ ).

Yukarıdaki sorunun B şikkında yöneltilen ‘*vincin gücünü hesaplama*’ talebini gerçekleştirmek için kullanabilecek 2 tekniğin var olduğu tespit edilmiştir. Bu tekniklere göre sorunun çözümü aşağıda verildiği gibidir

### Teknik 1

Güç birim zamanda yapılan iştir. Zamanın değişimi ise yoldaki değişimin hızı bölümüdür. Bu durumda vinç tarafından sağlanan ortalama gücü  $P = \frac{W_T}{\Delta t} = \frac{V.W_T}{\Delta L}$  ifadesi ile bulunabilir. Buna göre gücün değeri aşağıdaki gibidir.

$$P = \frac{W_T}{\Delta t} = \frac{V.W_T}{\Delta L} = \frac{1.24000}{6} = 4000W$$

### Teknik 2

Güç birim zamanda yapılan iştir. Bunun yanı sıra iş, kuvvet ile alınan yolun çarpımı ve zaman ise gidilen yolun hızı bölümüdür. Tüm bu eşitlikler yerine konulduğunda gücün değerini veren yeni bir eşitlik elde edilir.

$$P = \frac{W_T}{t} = \frac{F_T.d}{d/V} = F_T.V, \quad P = [mg.(\sin\alpha + \mu_s \cos\alpha)].V$$

## 6. Soru İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

### A Şıkkı İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda öğrencilerden cisme etki eden kuvvetlerin yaptığı işi hesaplamaları istenmektedir. Bu talep için ön analizde bir tane teknik belirlenmiştir. Bu teknik kuvvet ve yola bağlı olarak yapılan işi hesaplamayı gerektirmektedir. Bunun için öğrencilerin öncelikle cisme etki eden kuvvetleri belirlemesi ve geçerli tekniği kuvvetlere bağlı olarak yeniden yazmaları gerekmektedir (Tablo 21). Öğrencilerin cisme etkiyen kuvvetlerin yaptığı işlerden hangilerini bildiklerini belirleyebilmek için soruda var olan özel durumlar açıklamalı olarak tabloda verilmiştir.

Tablo 21. Öğrencilerin 6. soru A şıkkına ait cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR		Öğrenci Sayısı
TEKNİK	Yer çekimi kuvvetinin yaptığı işte tekniğin kullanımı	15
	Sürtünme kuvvetinin yaptığı işte tekniğin kullanımı	22
	Gerilme (ip) kuvvetinin yaptığı işte tekniğin kullanımı	6
	Normal kuvvetinin yaptığı işte tekniğin kullanımı	13
DİĞER CEVAPLAR	Hız sabit olduğundan kinetik enerji değişimi sıfırdır. İş yapılmaz	1
CEVAPSIZ		12

Tablo 21’de görüldüğü gibi, öğrencilerden 15 tanesi yer çekimi kuvvetinin yaptığı işte, 22 tanesi sürtünme kuvvetinin yaptığı işte, 6 tanesi gerilme (ip) kuvvetinin yaptığı işte ve 13 tanesi normal kuvvetinin yaptığı işte ön analizde belirlenen tekniği kullanmışlardır. Öğrencilerden 1 tanesi beklenmeyen şekilde soruyu cevaplarken, 12 öğrenci soruyu cevapsız bırakmıştır.

### Yer Çekimi Kuvvetinin Yaptığı İş

Bu durum için öğrencilerin verdiği cevapların genel analiz sonuçları aşağıda Tablo 22’de verilmektedir.

Tablo 22. Öğrencilerin yer çekimi kuvvetinin yaptığı iş ait cevaplarının sınıflandırılması

	Öğrenci Sayısı	Teknik Doğru		Teknik Yanlış
		Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış	
Yer çekimi kuvvetinin yaptığı iş	15	10	4	1

Tablo 22’de görüldüğü gibi yer çekimi kuvvetinin yaptığı işi hesaplayan 15 öğrenciden 14’ü belirlenen tekniği doğru olarak kullanırken, 1’i yanlış kullanmıştır. Tekniği doğru kullanan 14 öğrenciden 10 kişi doğru sonuca ulaşırken, 4 kişi doğru sonuca ulaşamamıştır.

Tekniği doğru kullanıp yanlış sonuca varan 4 öğrencinin hesaplama hatası yaptıkları belirlenmiştir.

Tekniği yanlış kullanan öğrenci ise soruda var olan açığı hiç dikkate almamıştır. Öğrenci eğik düzlemde cismin ağırlığının açığa bağlı olarak değerlendirilmesi gerektiğini göz ardı etmektedir.

#### Sürtünme Kuvvetinin Yaptığı İş

Tablo 21’de incelendiği gibi bu soruda kullanılması beklenen teknik öğrenciler tarafından en çok bu duruma uygulanabilmiştir. Tablo 23’te bu duruma verilen cevapların analizi görülmektedir.

Tablo 23. Öğrencilerin sürtünme kuvvetinin yaptığı iş ait cevaplarının sınıflandırılması

	Öğrenci Sayısı	Teknik Doğru		Teknik Yanlış
		Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış	
Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş	22	9	4	9


Sürtünme kuvvetinin yaptığı işte tekniği kullanan 22 öğrenciden 13 tanesi tekniği doğru olarak kullanırken, 9 öğrenci tekniği yanlış kullanmıştır. Tekniği doğru kullanan 13 öğrenciden 9 kişi doğru sonuca ulaşırken 4 öğrenci yanlış sonuca ulaşmışlardır.

Tekniği doğru kullanıp yanlış sonuca varan 4 öğrencinin hesaplama hatası yaptığı belirlenmiştir.

Tekniği yanlış kullanan 9 öğrenciden 8 kişi eğik düzlem üzerinde yapılan harekette, cisme etkiyen sürtünme kuvvetinin yaptığı işin açığa bağlı olduğunu dikkate almamışlardır. Aşağıda verilen örnek öğrenci cevabında görüldüğü gibi öğrenciler, sürtünme kuvvetine bağlı olarak tekniği yeniden düzenlemişlerdir.



Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş



$$W_s = F_s \cdot x = (\mu \cdot m \cdot g) \cdot x$$

$$W_s = (0,5) \cdot (400) \cdot (10) \cdot (10)$$

$$W_s = 20000 \text{ N}$$

Ö9

Ancak öğrenciler hareketin eğik düzlemde olduğunu gösteren şekillerde çizmelerine rağmen düzlemin eğimini dikkate almamışlardır. Bu öğrencilerin görsellere yoğunlaşmadığının göstergesidir. Bu durum 4. ve 5. sorudaki öğrenci başarısızlıkları ile örtüşmektedir.

Tekniği yanlış kullanan 1 öğrenci ise aşağıda görüldüğü gibi yerin çekim ivmesini dikkate almamıştır. Buna karşın öğrenci sonucu birim olarak yine Newton bulmaktadır. Bu durum öğrencinin işlemi ezberden ve kontrol etmeden yaptığını göstermektedir.

$$400 \cdot 0,5 \cdot \frac{4}{5} \cdot 6 = \underline{960 \text{ N}} \Rightarrow f_s \quad \text{Ö14}$$

Sürtünme kuvvetinin yaptığı işi, uygulamaya katılan öğrencilerin yaklaşık  $\frac{2}{3}$ 'si tarafından hatırlanmasına karşın tekniğin kullanımında tüm öğrencilerin  $\frac{1}{4}$ 'nin başarılı olması kurumsal tanıma ile bireysel tanıma arasında yeterli düzeyde paralellik kurulamadığını göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

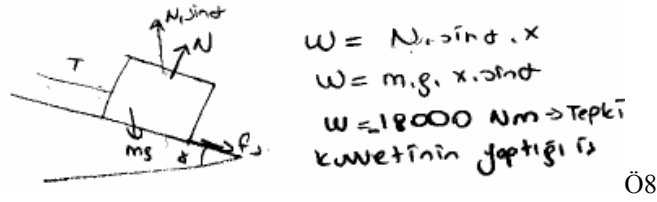
### Normal Kuvvetinin Yaptığı İş

Normal kuvvetinin yaptığı işte teknik, Tablo 24'te görüldüğü gibi 6 öğrenci tarafından kullanılmış olup, bu öğrencilerden 5 tanesi tekniği doğru kullanmış, 1 öğrenci ise tekniği yanlış kullanmıştır. Tekniği doğru kullanan öğrencilerin tamamı doğru sonuca ulaşmışlardır.

Tablo 24. Öğrencilerin normal kuvvetinin yaptığı işe ait cevaplarının sınıflandırılması

	Öğrenci Sayısı	Teknik Doğru		Teknik Yanlış
		Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış	
Normal kuvvetinin yaptığı iş	6	5	----	1

Tekniği yanlış kullanan öğrenci ise aşağıda görüldüğü gibi yerin tepki kuvvetinin iş yaptığını belirtmektedir.



Öğrenciye göre cisim yere  $mg$  kuvveti ile etki etmekte, yer ise bu kuvvete zıt yönde  $N \cdot \sin \alpha$  tepki kuvveti uygulamakta ve bu kuvvette iş yapmaktadır. Öğrenciye ait bu ifade bilimsel olarak geçerli değildir. Öğrenci, hareketin yönü ile kuvvetin yönünün birbirine dik olması durumunda işin sıfır olacağını ifade edememektedir.

Uygulamaya katılan öğrencilerin büyük bir çoğunluğunca normal kuvvetinin yaptığı işin hatırlanmadığı görülmektedir. Ancak hatırlayan ve kullanan öğrencilerin biri hariç tamamının başarılı olması tekniğin kolay algılanabilir ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Burada sorulması gereken diğer öğrencilerin normal kuvvetinin yaptığı işi niçin dikkate almadıklarıdır? Bu durum, kurumun kuvvete bağlı olarak yapılan işi konu aldığı problemlerde, normal kuvvetinin yaptığı işe yeterince yer vermeyerek dikkat çekmemesinden kaynaklanmaktadır.

### T Gerilme Kuvvetinin Yaptığı İş

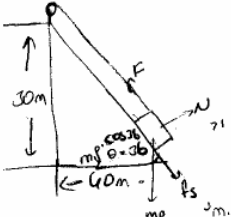
T gerilme kuvvetinin yaptığı işte teknik, Tablo 25'de görüldüğü gibi 13 öğrenci tarafından kullanılmış olup, bu öğrencilerden 6 tanesi tekniği doğru kullanırken 7 tanesi tekniği yanlış kullanmıştır.

Tablo 25. Öğrencilerin T gerilme kuvvetinin yaptığı işe ait cevaplarının sınıflandırılması

	Öğrenci Sayısı	Teknik Doğru		Teknik Yanlış
		Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış	
T gerilme kuvvetinin yaptığı iş	13	5	3	5

Tekniği doğru kullanan 8 öğrenciden 5 tanesi doğru sonuca ulaşmışken, 3 tanesi doğru sonuca ulaşamamıştır.

Doğru sonuca ulaşamayan öğrencilerden bir tanesi tekniğin uygulamasında hesaplama hatası yapmıştır. Diğer iki öğrenci ise hareketin ivmesini yorumlamada hata yapmışlardır. Aşağıda verilen cevap bu durumu açıklar niteliktedir.



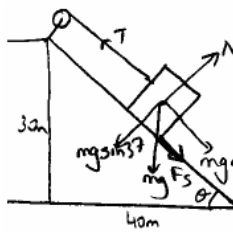
$$\begin{aligned}
 x &= v \cdot t \\
 6 &= 1 \cdot t \\
 v &= a \cdot t \\
 x &= 6 \text{ m} \quad v = 1 \text{ m/s} \\
 t &= 6 \text{ s} \\
 t &= a \cdot 6 \quad a = 1/6 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F - (2000 + 2351,16) &= m \cdot a \\
 F - (4351,16) &= 400 \cdot \frac{1}{6} \\
 F &= 4617,81 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Ö35

Yukarıdaki cevapta da görüldüğü gibi öğrenciler ‘alınan yol, hız ile zamanın çarpımıdır’ ifadesinden hareketle zamanı, ‘hız, ivme ve zamanın çarpımıdır’ ifadesinden hareketle ivmeyi bularak cisme etkiyen net kuvveti bulmuştur. Ancak soruda cismin sabit hızla hareket ettiği verilmiştir. Sabit hızlı hareket ise ivmenin sıfır olacağı anlamına gelecektir ki öğrenciler bunu yorumlayamayarak hata yapmışlardır.

T gerilme kuvvetinin yaptığı işte tekniği yanlış kullanan 5 öğrenci, cisme etki eden kuvvetleri belirleme (3 öğrenci) ve açığı belirleme (2 öğrenci) olmak üzere iki tür hata yaparak tekniği yanlış bulmuşlardır. Aşağıda açığı yanlış kullanan öğrencilerden birine ait verilen örnek, bu durumu açıklar niteliktedir.



$$\begin{aligned}
 \sum F = 0 &\Rightarrow T - (mg \cos 37 + f_s) = 0 \Rightarrow T = 3200 + 1200 = \underline{4400 \text{ N}} \\
 W &= F \cdot X \Rightarrow W = 4400 \cdot 6 = 26400 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Ö12

Görüldüğü gibi öğrenci mg ağırlığının açığa bağlı bileşenlerini yanlış bulmuş ve bu her bir kuvvet için teknikleri yanlış belirlemesine neden olmuştur.

T gerilme kuvvetinin yaptığı işte tekniği kuvvetleri belirleme hatası nedeniyle yanlış kullanan 3 öğrenciden biri aşağıda görüldüğü gibi T ip gerilmesinin  $f_s$  sürtünme kuvvetine eşit olduğu düşünmektedir.



sürtünme kuvvetinin yaptığı iş

$$W_s = f_s \cdot d$$

$$W_s = \mu \cdot mg \cdot d$$

$$W_s = 0,5 \cdot 400 \cdot 9,8 \cdot 6$$

$$W_s = 11760 \text{ N}$$

T ip gerilmesinin yaptığı iş

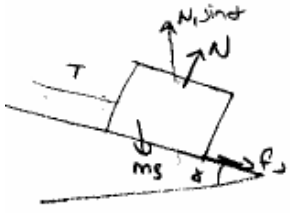
$$T = f_s$$

$$W_T = -11760 \text{ N}$$

Ö16

Öğrenci yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi cisme etki eden kuvvetleri belirlemiştir. Öğrenciye göre yere doğru sadece  $f_s$  kuvveti vardır. Vence doğru ise T kuvveti ve  $mg \cdot \sin \alpha$  kuvveti vardır. Öğrencinin çizmiş olduğu şekilde  $mg$  kuvveti ile  $mg \cdot \sin \alpha$  kuvvetlerinin bileşkesi,  $mg \cdot \cos \alpha$  olarak gösterilmiştir. Öğrencinin ifadeleri bilimsel olarak mümkün değildir.

Diğer iki öğrenci ise aşağıda görüldüğü gibi yine T kuvvetinin belirleyememiş ve tekniği doğru yazamamışlardır.



$$T = f_s - N \cdot \cos \alpha$$

$$T = 0,5 \cdot 400 \cdot 10 - 400 \cdot 10 \cdot \frac{40}{50}$$

$$T = \frac{4400}{3}$$

$$W = T \cdot x \cdot \cos \alpha$$

$$W = \frac{4400}{3} \cdot 6^2 \cdot \frac{40}{50}$$

$$W = 35200 \text{ Nm}$$

İP gerilmesinin yaptığı iş

Ö19

Yukarıda da görüldüğü gibi öğrenciler vincin çekmesi sonucu oluşan T kuvvetinin, sürtünme kuvvetinden yerin tepki kuvvetinin çıkarılması ile bulunacağını belirtmektedir. Öğrenci cisme etki eden kuvvetleri belirleyememiştir. Diğer taraftan öğrenciler  $f_s$  ile  $N \cdot \cos \alpha$ 'nın aynı vektörel doğrultuda olmadığını bilincinde değildirler. Sonuç olarak öğrenciler cisme etki eden kuvvetleri belirleyemeyerek tekniği doğru yazamamışlardır.

Bu soruda cisme etki eden kuvvetlerin yaptığı işte tekniği kullanmada öğrencilerin genel anlamda bireysel algılama problemleri olduğu sonucu açıktır. Öğrencilerin genel olarak cisme etki eden kuvvetleri ve bu kuvvetlerin bileşkelerini belirleme noktasında yetersiz oldukları görülmektedir.

## B Sıkki İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda öğrencilerden verilen sistemde işin gerçekleşmesi için gerekli gücü hesaplamaları beklenmektedir. Bunun için kullanılacak iki tekniğin var olduğu

belirtilmiş ve ön analizde bu teknikler tanıtılmıştı. Gücün hesaplanmasında söz konusu tekniklerden ilki temelde işin kullanılmasına dayanırken diğer teknik kuvvetin kullanılmasına dayanmaktadır. Öğrencilerin cevapları kullanılan tekniklere göre Tablo 26'daki gibi bir sınıflandırılmıştır.

Tablo 26. Öğrencilerin 7. soru B şikkına ait cevaplarının sınıflandırılması

TEKNİKLER	Öğrenci Sayısı
TEKNİK 1	11
TEKNİK 2	7
CEVAPSİZ	18

Tablo 26'da görüldüğü gibi öğrencilerden 11 tanesi Teknik 1'i, 7 tanesi Teknik 2'yi tercih ederken 18 öğrenci soruyu cevaplandırmamıştır.

#### Teknik 1 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Tablo 27'de görüldüğü gibi teknik 1'e kullanan öğrencilerden 9 tanesi tekniği doğru kullanırken 2 tanesi tekniği yanlış kullanmışlardır. Tekniği doğru kullanan öğrencilerden 1 tanesi doğru sonuca ulaşırken, 8 öğrenci doğru sonuca ulaşamamışlardır.

Tablo 27. Öğrencilerin 6. soruda B şikkının teknik 1'e ait cevaplarının sınıflandırılması

TEKNİKLER	Öğrenci Sayısı	Teknik Doğru		Teknik Yanlış
		Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış	
TEKNİK 1	11	1	8	2

Tekniği doğru kullanarak doğru sonuca ulaşamayan 8 öğrencinin tamamı gücün, birim zamanda yapılan işe eşit olduğunu doğru olarak tanımlamış olmalarına rağmen, hesaplama hatası yaparak doğru sonuca ulaşamamışlardır.

Tekniği yanlış olarak kullanan 2 öğrenci ise aşağıda görüldüğü gibi, gücü yanlış olarak tanımlamaktadırlar.

$$\textcircled{b} P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad \text{Ö35}$$

$$\textcircled{b} P = w \cdot t$$

$$P = w_p \cdot t \quad \text{Ö34}$$

Öğrencilerden bir tanesi (Ö35) gücü ‘iş değişiminin zaman değişimine’ oranı olarak algılamakta, diğer öğrenci (Ö34) gücü iş ile zamanın çarpımına eşit olarak algılamaktadır.

### Teknik 2 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Tablo 28’de görüldüğü gibi Teknik 2’yi kullanan öğrencilerin tamamının tekniği doğru kullandıkları belirlenmiştir. Bu öğrencilerden 3 tanesi doğru sonuca ulaşırken, 4 öğrenci doğru sonuca ulaşamamışlardır.

Tablo 28. Öğrencilerin 6. soruda B şıkkının teknik 2’ye ait cevaplarının sınıflandırılması

TEKNİKLER	Öğrenci Sayısı	Teknik Doğru		Teknik Yanlış
		Sonuç Doğru	Sonuç Yanlış	
TEKNİK 2	7	3	4	----

Doğru sonuca ulaşamayan öğrenciler kuvvetin değerini hesaplamada sayısal hatalar yaptığı belirlenmiştir.

## **7. Sorunun Ön ve Son Analizi**

### **7. Soru için Belirlenen Çözüm Yolları**

Bu soru kapsamında ‘kütle ve enerjinin korunumunu açıklama’ olarak adlandırılan talebi gerçekleştirmek için kullanılacak teknik ve ona bağlı olarak sorunun çözümü aşağıda verildiği gibidir:

Bu sistemin çalışması kütle ve enerjinin korunumu ile açıklanır. Buna göre; gölcükten akan suyun bir kısmı su tankına çıkmakta, bir kısmı ise alttaki vana seviyesinde kalmaktadır. Dolayısıyla kütle kaybı söz konusu değildir. Kütle korunur. Diğer taraftan vana seviyesinde kalan suyun potansiyel enerjisi azalmakta ve tam vana seviyesinde sıfırlanmaktadır. Buradan açığa çıkan enerji fazlalığı ise enerji korunumu yasasına göre başka bir enerji formuna dönüşmelidir. Bu dönüşüm taşıma borusu seviyesinde kinetik enerjiye ve su tankında tekrar potansiyel enerjiye dönüşerek gerçekleşmektedir. Diğer bir ifade ile vana seviyesinde gölcükten gelen suyun birikmesi bir enerji fazlalığına sebep olacak ve bu su tankına çıkan suyun sahip olduğu yüksekliğin sebebi olacaktır.

Sonuç olarak gölcükten akan suyun potansiyel enerjisini  $m_1gh_1$  olarak kabul edersek su tankındaki potansiyel enerjiyi  $m_2gh_2$  olarak hesaplarız. Bu durumda  $m_1 > m_2$  ve  $h_2 > h_1$  olacaktır. Formülden de anlaşıldığı gibi kütle ve yüksekliğin ters orantısı söz konusudur.

## 7. Soru İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda, öğrencilerin kütle ve enerjinin korunumunu anlama ve yorumlama, görsellerden hareketle enerjinin korunumunu açıklama ve güncel hayatta var olabilecek bir sistemi kütle ve enerjinin korunumu ile açıklama becerilerinin ölçülmesi hedeflenmektedir. Bu sorunun cevaplanmasında kullanılabilir tek bir teknik belirlenmiştir. Bu teknik enerjinin korunumu yasasının kullanılmasını gerektirmektedir. Öğrenci cevaplarının sınıflandırılması Tablo 29’da verilmektedir.

Tablo 29. Öğrencilerin 8. soruya ait cevaplarının sınıflandırılması

TEKNİKLER		Öğrenci Sayısı
TEKNİK		2
DİĞER CEVAPLAR	Enerji korunumuna göre suyun potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Böylelikle hız kazanan su tanka ulaşır.	11
	Hava ve sıvı basıncı ile açıklanır.	4
	Newton’un etki-tepki prensibi ile açıklanır.	3
	Newton’un ikinci kanununa göre, $F=m.a$ , açıklanır.	3
	Kinetik enerji değişimine göre açıklanır.	1
	Potansiyel enerji ile açıklanır.	1
	Newton’un eylemsizlik prensibi ile açıklanır.	1
	Kütle çekim yasası ile açıklanır.	1
CEVAPSIZ		9

Tablo 29’da görüldüğü gibi, öğrencilerden 2 tanesi sorunun çözümü için önceden belirlenen tekniği tercih ederken, 25 öğrenci beklenmeyen cevaplar vermişlerdir. 9 öğrenci ise soruyu cevaplandırmamıştır.

### Ön Analizde Belirlenen Teknik Kullanılarak Verilen Cevaplar

Söz konusu tekniği tercih eden öğrencilerin tekniği doğru bir şekilde kullanarak istenen sonuca ulaştıkları belirlenmiştir.

### Diğer Cevaplar

Sorunun çözümü için beklenmeyen cevaplar vererek başarısız olan 25 öğrenciden 13 tanesinin cevapları enerji odaklı olup, bunlardan 11 tanesi enerjinin korunumu ile ilgilidir. Tüm öğrenci cevaplarına bakıldığında ise bunların Tablo 29’da görüldüğü gibi 8 başlıkta gruplandırıldığı görülmektedir.

Suyun gölden daha yüksek bir seviyede bulunan su tankına çıkmasını **enerji korunumuna kanununa** göre açıklayan öğrenciler, bu sistemin çalışmasında enerjinin korunumu kanununun geçerli olduğunun farkındadırlar. Ancak öğrenciler bu durumu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesi ile açıklamaktadırlar. Onlara göre bu dönüşümde su hız kazanarak daha yüksek bir noktaya çıkmaktadır. Görüldüğü gibi hız kavramı ön plana çıkmaktadır.

Ancak aşağıdaki örnek öğrenci cevabında görüldüğü gibi öğrencilere göre giriş borusu suya kinetik enerji kazandırmaktadır. Örnek cevap daha dikkatli okunduğunda aslında yine hız kavramının öne çıktığı görülmektedir.

*Enerjinin korunumu yasası ile açıklarız.  
Giriş borusunun suya verdiği hız ve başlangıçtaki yüksekliği onun ilk kinetik enerjisi ile potansiyel enerjisinin toplamını yani toplam enerjisi verir.  
Su tankında ise suyun hızı sıfırlandığından kinetik enerjisi sıfıra inmiştir. Fakat yükseklik arttığından potansiyel enerjisi artmıştır.  
Yani burada bir enerji dönüşümü gözlemlemiş olduk.  
Bu sistemde kinetik enerjinin, potansiyel enerjiye dönüşümünü gözlemledik.*

Ö9

Öğrencilerin belirttiği gibi giriş borusunun suya kinetik enerji kazandırması (potansiyel enerji halen mevcut) suya yoktan enerji kazandırması anlamına gelmektedir ki bu bilimsel olarak mümkün değildir. Bu da öğrencilerin enerji kavramını algılamada eksikliklerinin olduğunu göstermektedir.

Aslında öğrencilerin göl seviyesinde ve su tankında suyun belli bir potansiyel enerjiye sahip olduğunun farkında oldukları ancak potansiyel enerjiler arasındaki geçişi (yükseklik farkını) açıklayamadıkları görülmektedir. Onlara göre göl seviyesindeki potansiyel enerji ve giriş borusunun suya kazandırdığı hız, suyu su tankına çıkarmak için yeterlidir. Bunun için potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşerek su bir şekilde hız kazanmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise öğrencilerin giriş borusu ile taşıma borusunun ilettikleri su miktarlarının farklılığını hesaba katmamalarıdır. Yani,



potansiyel enerjiler arasındaki geçişte yükseklik artışının azalan kütlede kaynaklandığını (vana seviyesinde birikerek su tankına çıkmayan miktar) dikkate alınmamasıdır. Öğrencilerin bakış açısına göre suyun tamamının belirtildiği şekilde su tankına çıktığı varsayıldığında su tankı seviyesinde, yüksekliğin artışı nedeniyle, suyun potansiyel enerjisinde bir artış durumu söz konusu olacaktır. Bu bilimsel olarak imkânsızdır.

Tablo 29’da görüldüğü gibi, sistemin çalışmasını enerji ile ilgili kavramlara dayandırarak açıklayan 2 öğrenciden biri **kinetik enerji değişimi**yle, diğeri suyun **potansiyel enerjiye** sahip olması nedenleriyle sistemin çalıştığını belirtmektedirler. Her iki öğrencide enerji değişimi olduğunun bilincinde olup, enerji korunumu yasasını gerçek bir ortam üzerinde düşünememektedirler.

Öğrencilerden 4 tanesi sistemin çalışmasını **basınç kavramı** ile açıklamaktadır. Öğrencilere göre göldeki suya su tankının iç basıncından daha büyük bir açık hava basıncı etki etmekte ve bu basınç suyun borulardan ilerleyerek su tankına ulaşmasını sağlamaktadır. Öğrenciler bu durumu özetle, ‘tankın basıncı dış basınçtan küçük olduğundan su o seviyeye çıkar’ şeklinde ifade etmektedirler.

Öğrencilerden 3 tanesi ise sistemin çalışmasını **Etki-tepki prensibi** ile açıklamaktadırlar. Aşağıda bulunan cevap bu tür cevapları örnekler niteliktedir.

*Burada su etki tepki prensibi ile tanka kadar çıkabilir  
Hızla gelen su vanaya çarpıp aynı hızla geri gelmeye çalışır. Bu  
baş bulduğu taşıma borusuna kayar ve yukarı taşınır.*

Ö32

Yukarıda verilen cevapta görüldüğü gibi, öğrencilere göre su hızla vanaya çarpacak ve vananın suya karşı uygulayacağı tepki kuvveti ile boş bulduğu taşıma borusuna doğru ilerleyecektir. Anlaşıldığı gibi bu öğrenciler sorunun çözümünde enerji kavramını düşünmemektedir.

Öğrencilerden 3 tanesi, sistemin çalışmasını **Newton’un ikinci kanununa** göre açıklamaktadırlar.

*Newton'un ikinci hareket konusuna göre;  $\Sigma F = m \cdot a$   
 $f_s = m \cdot g \cdot \cos \theta$   
 $m \cdot g \cdot \sin \theta - f_s = m \cdot a$   
 $f_s < m \cdot g \cdot \sin \theta$  ise  $a = g (\sin \theta - \cos \theta)$   
cisim hareket eder. Hızlanan cisim  
 $v = v_0 + a \cdot t$  formülüne göre hareket ko-  
şulları.*

Ö20

Yukarıda verilen örnek cevapta görüldüğü gibi, öğrenciler cisimlerin eğik düzlemde ivmeleneceğini, böylelikle hız kazanarak hareket edeceğini belirtmektedirler. Öğrenciler sistemin çalışma ilkesini açıklamaktan oldukça uzaktadırlar. Sorunun çözümünde enerji kavramı düşünülmemektedir.

Başarısız olan diğer iki öğrenciden biri sistemin çalışmasını tablo 29’da görüldüğü gibi kütle çekim yasasıyla, diğeri Newton’un eylemsizlik prensibi ile açıklamaktadır. Bu iki öğrencide sistemin çalışma ilkesini açıklayamamışlardır. Öğrenciler enerji ve enerji kavramlarını sorunun çözümünde düşünmemektedirler.

## 8. Sorunun Ön ve Son Analizi

### 8. Soru için Belirlenen Çözüm Yolları

Bu soruda öğrencilerin günlük yaşamlarından ve öğrenim süreçlerinden hareketle, enerji kavramı ve bazı özellikleri ile ilgili bireysel algılamaları sorgulanmaktadır.

A. Enerjinin belirli disiplinlerde kullanılan farklı kullanımlarının olması sebebi ile burada bilinen genel tanımları verilecektir.

Teknik 1: Enerji, maddenin değişimine neden olan potansiyeldir. Diğer bir söyleyle değişimin sebebidir. Enerji kavramının dönüşümü ve korunumu tüm doğal olayları açıklamada kullanılır.

Teknik 2: Fizikte enerji, iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanmakta ve pek çok formu ele alınmaktadır. En bilinen enerji formu mekanik enerji olup, başlıca iki dala ayrılır: Kinetik enerji ve Potansiyel enerji.

Teknik 3: Kimyada enerji, atomlar arasındaki kimyasal bağlar sebebi ile oluşan ve bu bağlarda depolanarak tepkimelerle açığa çıkan değerdir.

Teknik 4: Toplumsal bağlamda enerji kelimesi, yakıt, petrol ürünleri ve elektriği kasteden “enerji kaynağı” anlamında veya yaşamsal faaliyetlerin temeli olarak düşünülmektedir.

B. Einstein’ın kütlelerin enerjiye, enerjinin kütleyle dönüşebileceğini ifade eden olağanüstü keşfi, kütle ve enerjinin ayrı ayrı korunmadığını, kütle-enerji olarak adlandırılan tek bir varlık olarak korunduğunu söylemektedir. Bunun, enerji ve kütlelerin eşdeğer varlıklar olarak kabul gördüğünün göstergesi olması nedeniyle hacmi ve kütlesi

olan tüm varlıklar enerjiye sahiptir. Diğer bir söyleyle, doğada görülen, bilinen veya bilinmeyen tüm varlıklar enerjiye sahiptirler.

C. Enerji; kinetik enerji, potansiyel enerji, jeotermal enerji, nükleer enerji, kimyasal enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi vb. olarak pek çok formda sınıflandırılır. Burada birkaç formu tanımlanacaktır.

Kinetik enerji cismin hareketinden dolayı sahip olduğu enerjiye denir. Potansiyel enerji ise her an iş yapabilecek sistemlerde depolanan enerji olarak tanımlanır. Kinetik ve potansiyel enerjinin toplamına mekanik enerji denir. Jeotermal enerji, yer kürenin merkezinde sıcak bölgeden başlayarak yeryüzüne doğru yayılan iç ısıdır. Nükleer enerji, her hangi bir atom çekirdeğinde bazı değişikliklere yol açan bir tepkimede açığa çıkar. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışımaya enerjisidir, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünyadaki yaşam dâhil bütün sistemlerin ihtiyaç olduğu tek doğal enerjidir.

### 8. Soru A Şıkkı İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

A şıkkında öğrencilerden enerjiyi bu güne kadar almış oldukları eğitimden hareketle açıklamaları istenmiştir. Enerjinin belirli disiplinlerde kullanılan farklı kullanımının olması sebebi ile bu soruda kullanılmak üzere 4 farklı teknik ve bunların uygulamaları ön analizde verilmişti. Buna göre Teknik 1 genel anlamda, Teknik 2 fizik çerçevesinde, Teknik 3 kimya çerçevesinde ve Teknik 4 toplumsal bağlamda düşünülmektedir.

Öğrenci cevaplarının kullandıkları tekniklere göre sınıflandırılması, aşağıda Tablo 30'da verilmektedir.

Tablo 30. Öğrencilerin 8. soru A şıkkına ait cevaplarının sınıflandırılması

TEKNİKLER	Öğrenci Sayısı
Teknik 1	6
Teknik 2	22
Teknik 3	3
Teknik 4	1
Cevapsız	4

Tablo 30'da görüldüğü gibi öğrencilerden 6'sı teknik 1'i, 22'si teknik 2'yi, 3'ü teknik 3'ü ve 1 tanesi teknik 4'ü tercih ederken 4 öğrenci soruyu cevaplandırmamıştır.

### Teknik 1 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Teknik 1 tercih eden öğrenciler tüm disiplinleri kapsayacak genel bir düşünce çerçevesinde enerjiyi tanımlamaktadır. Öğrenciler enerjiyi aşağıda verildiği gibi tanımlamaktadırlar.

1) Enerji bir cismin herhangi bir anlık potansiyelidir.

Ö4

2) Enerji = Bir maddenin veya varlığın kütlesi veya diğer etmenler yardımıyla dışarıya aktarılabilir.

Ö11

Buna göre enerji depo edilmiş ve her an aktifleşmeye hazır (dışsal veya içsel yardımlarla) içsel bir güç olarak düşünülmektedirler.

### Teknik 2 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Teknik 2'yi kullanan 22 öğrencinin enerji ile ilgili olarak yaptıkları tanımlamalar aşağıda Tablo 31'de özetlenmiştir.

Tablo 31. Öğrencilerin 8. soru A şıkkının teknik 2'sine ait cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR	Öğrenci Sayısı
Hareketi sağlayan güce denir.	1
Cismin üzerine etkiyen kuvvettir.	5
Cisimlerin hızlarında meydana gelen değişimlere denir.	3
Alınan yol ile kuvvetin çarpımıdır.	1
İş yapabilme yeteneğidir.	5
Cismin sahip olduğu konumu ve hızının toplamıdır.	4
Cismin konumundan veya hızından dolayı yaptığı işe enerji denir.	1
Cismin bulunduğu yerdeki veya hareketinden dolayı çevresine verdiği etkidir.	2
Cismin hızındaki değişim veya yüksekliğinden dolayı kazandığı niceliktir.	1

Tablo 31'de de görüldüğü gibi öğrenciler enerjiyi fizik kurumu içinde 9 farklı şekilde ifade etmektedirler. Yapılan tanımlar incelendiğinde öğrencilerin çoğunluğunun enerjiyi tam olarak ifade edemedikleri görülmektedir. Öğrenciler enerjiyi, hareketi sağlayan güç, cisme etkiyen kuvvet, cismin hızında meydana gelen değişim, cismin konumu ve hızının toplamı, cismin çevresine verdiği etki gibi yanlış ifadelerle tanımlamaktadırlar. En çok

dikkati çeken cevaplar aşağıdaki örnek cevapta verildiği gibi enerjinin bir cismin üzerine etkiyen kuvvet olarak algılanmasıdır.

*Ö27 Enerji cismin o anda üzerine etkiyen kuvvettir. Ö 27*

Öğrencilerin tanımlamalarında özellikle güç, kuvvet, hız ve konum kavramları dikkat çekmektedir. Ancak bu kavramların öğrencilerin tanımlamalarındaki kullanımlarında enerjinin yerini tutması, öğrencilerin enerji ile bu kavramlar arasında yeteri düzeyde anlamlı ilişkiler kuramadığını göstermektedir.

Öğrencilerin büyük çoğunluğunun bu tekniği kullanmak sorulan soruya cevap vermeleri uygulamanın fizik dersi kapsamında gerçekleştirilmiş olması ile açıklanabilir.

### Teknik 3 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Teknik 3'ü kullanan 3 öğrenci ise enerjinin moleküllerin hareketleri, yer değiştirmeleri ve birbirine karşı uyguladıkları tepkiler sonucu ortaya çıktığını belirtmektedirler. Bu öğrenciler aşağıda verilen örnek cevapta görüldüğü gibi enerjiyi atomik boyutta düşünmektedirler.

*Enerji ; moleküllerin hareketleri, yer değiştirmeleri, birbirine karşı uyguladıkları tepkiler sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunu etrafımızda gördüğümüz, görmediğimiz canlı cansız her varlığın atomlar ve atomlarla birlikte moleküllerde oluştuğunu biliyoruz. Bunların hepsinin hareketleri sonucunda da bir şekilde birbirine aktarım olmaktadır. Ö28*

Öğrenciler enerji kavramı ile ilgili olarak fizik kurumunun kurumsal tanınmasından farklı bir bireysel tanımlamaya sahiptirler. Burada dikkati çeken nokta, atomik boyutta enerji formlarına ilişkin açıklamaların kurumsal tanımada yer almamasıdır. Bu durum öğrencinin bireysel tanınmasının kurumsal tanımadan istendik yönde etkilenmediğini göstermektedir.

### Teknik 4 Kullanılarak Verilen Cevaplar

Teknik 4'ü kullanarak soruyu cevaplandırılan bir öğrenci enerjiyi var olmanın temeli olarak düşünmektedir. Burada öğrencinin enerjiyle ilgili mistik bir bakış açısına sahip olduğu görülmektedir. Sonuç olarak öğrencinin enerji ile ilgili algılamaları kurumsal tanıma ile paralellik göstermemektedir.

Buraya kadar anlatılanların ışığında öğrencilerin enerji kavramını özellikle fizikte tanımladıkları ortaya çıkmaktadır. Diğer bir söyleyle, enerjinin öğrenciler tarafından belirli bir disiplin çerçevesinde ele alınması, öğrencilerin enerjiyi geniş bir perspektifte düşünemediğinin göstergesidir.

### 8. Soru B Şıkkı İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda öğrencilerden ne tür varlıkların enerjiye sahip olduklarını açıklamaları istenmektedir. Yapılan ön analiz bu soru için bir teknik olduğu belirlenmiştir. Bu teknik tüm varlıkların enerjiye sahip olduğu şeklinde özetlenebilir. Tablo 32'de görüldüğü gibi öğrencilerden 27 tanesi önceden belirlenen tekniği tercih ederken 6 öğrenci farklı cevaplar vermiş, 3 öğrenci ise soruyu cevapsız bırakmışlardır.

Tablo 32. Öğrencilerin 8. soru B şıkkına ait öğrenci cevaplarının sınıflandırılması

CEVAPLAR		Öğrenci Sayısı
TEKNİK		27
DİĞER CEVAPLAR	Yere göre belli bir yükseklikle ve hareketle enerjiye sahip varlıkları açıklama.	5
	Üzerine kuvvet etkiyerek belli bir mesafe kazanan cisimler ile açıklama.	1
CEVAPSIZ		3

#### Ön Analizde Belirlenen Teknik Kullanılarak Verilen Cevaplar

Bu kategoride incelenen cevaplardan sadece 21 tanesinde doğru sonuca ulaşılmıştır.

Doğru cevabı veremeyen öğrencilere göre enerji, aşağıda verilen örnek cevapta görüldüğü gibi, işlendiğinde bir değer açığa çıkaran varlıklarda, hareket eden canlılarda ve Güneş, lamba, jeneratör gibi varlıklarda bulunmaktadır.

B) - Canlı varlıklar güneş hareket etmektedirler. Ö1

Özel durumlar üzerine odaklanan bazı öğrencilerin ifadeleri tamamen yanlış olmamakla beraber enerjinin bulunduğu varlıkları genel bir ifade ile açıklamaktan uzaktır. Bu ifadeler incelendiğinde, bazı öğrencilerin potansiyel enerjinin tanımından veya

formülünden, bazı öğrencilerin ise günlük hayatta kullandıkları araç gereçlerden hareketle enerjinin bulunduğu varlıkları açıklamaya çalıştıkları görülmektedir.

### Diğer Cevaplar

Beklenmeyen cevap veren 5 öğrenci aşağıda verilen cevapta görüldüğü gibi, yere göre belirli bir yüksekliği olan veya hareket eden varlıkların enerjiye sahip olduğunu belirtmektedirler.

*b) yerdan belli bir yüksekte bulunan ve hareket eden cisimler enerjiye sahiptir. Ö5*

Öğrencilerin ifadeleri ile kinetik ve potansiyel enerji formülleri karşılaştırıldığında, öğrencilerin kinetik enerji formülünde hızdan, potansiyel enerji formülünde uzaklıktan hareketle enerjiye sahip varlıkları tanımlamaya çalıştıkları anlaşılmaktadır. Öğrenci ifadeleri doğrudur, ancak istenilen düzeyde olmayıp yeterli değildir.

Bir öğrenci ise üzerine kuvvet etkiyerek belirli bir mesafe yol alan varlıkların enerjiye sahip olduğunu belirtmektedir. Öğrenci aslında 'iş' tanımlamakta ve iş yapan varlıkların enerjiye sahip olduğunu söylemektedir. Yine bu ifade özelde doğru olup, genel bir açıklama için yeterli değildir.

### Öğrencilerin Açıklama Gerekçeleri

Diğer taraftan bu soru da öğrencilerden verdikleri cevapların gerekçelerini vermeleri de istenmektedir. Öğrencilerin enerjinin hangi varlıklarda bulunduğunu açıklama gerekçeleri Tablo 33'te görüldüğü gibi daha farklı bir durumu ortaya koymaktadır.

Tablo 33. Öğrencilerin 8. soru B şıkkına ait cevaplarının gerekçelerinin sınıflandırılması

		Öğrenci Sayısı	
DİĞER	Atomlar arası bağların koparılması ve moleküllerin hareketleri ile enerjinin varlığını açıklama.	6	17
	Kinetik enerji ve potansiyel enerji formülleri ile enerjinin varlığını gösterme.	9	
	Varlığın bir iş yapabilme becerisi olması gerektiği nedeniyle enerjinin varlığını açıklama.	1	
	Canlı varlıklarda enerjiyi yaradılışla açıklama, cansız varlıklarda dış etmenlerle enerjiyi açıklama.	1	
CEVAPSİZ		19	

Tabloda görüldüğü gibi öğrencilerden 19 tanesi gerekçe gösteremeyerek herhangi bir cevap vermemiştir. Diğer 17 öğrenciden hiçbiri ise beklenen nitelikte cevap vermemiştir. Bu öğrenciler tarafından verilen açıklamalar tablo 34’te görüldüğü gibi 4 farklı şekilde gruplanmaktadır.

Öğrencilerin çoğunluğu verdikleri cevapları açıklayamamaktadır. Açıklama yapan öğrencilerin önemli bir bölümü atomik yapı, kinetik veya potansiyel enerji formüllerinden hareketle cevaplarını doğrulamaya çalışmaktadırlar. Buda öğrencilerin, kaynak kitapta bu konuya ait bilgilerin varlığına karşın, kendi cevaplarını açıklayamadıklarını açıkça göstermektedir. Bu durum kurumsal olarak bu tür sorulara yeterince yer verilmemesi (tek bir talep) ile açıklanabilir.

### 8. Soru C Şıkkı İçin Elde Edilen Bulgular ve Yorumlar

Bu soruda öğrencilerden bildikleri enerji türlerini yazarak açıklamaları istenmektedir. Öğrencilere ait cevaplar Tablo 34’te görüldüğü gibi sınıflanarak verilmiştir.

Tablo 34. Öğrencilerin 8. soru C şıkkına ait cevaplarının sınıflandırılması

Öğrencilerce Belirlenen Enerji Çeşitleri	Öğrenci Sayısı	AÇIKLAMA		
		DCVÖS <sup>10</sup>	YCVÖS <sup>11</sup>	AYÖS <sup>12</sup>
Kinetik enerji	33	16	3	14
Potansiyel enerji	33	14	6	13
Isı enerjisi	7	----	3	4
Mekanik enerji	8	1	1	6
Sürtünme enerjisi	2	----	----	2
Yayın potansiyel enerjisi	2	1	----	1
Elektrik enerjisi	10	----	4	6
Güneş enerjisi	13	----	4	9
Işık enerjisi	2	----	----	2
Rüzgâr enerjisi	3	----	2	1
Nükleer enerji	5	----	2	3
Kimyasal enerji	2	1	----	1
Atom enerjisi	2	----	1	1
Kimyasal bağ enerjisi	1	----	1	----
Cevap yok	2	----	----	----

<sup>10</sup> DCVÖS: Doğru cevap veren öğrenci sayısı

<sup>11</sup> YCVÖS: Yanlış cevap veren öğrenci sayısı

<sup>12</sup> AYÖS: Açıklama yapmayan öğrenci sayısı



Öğrenci cevapları incelendiğinde, öğrencilerin genel olarak kinetik, potansiyel, elektrik, ısı, mekanik ve güneş enerjisi gibi enerji formlarından haberdar olduğu tespit edilmiştir. Ancak Tablo 34'te görüldüğü gibi öğrencilerin cevapları belirli enerji formları üzerinde odaklanmaktadır. Diğer enerji formlarının çoğu öğrencilerin geneli tarafından bilinmemektedir.

33 öğrenci kinetik ve potansiyel enerjinin, 13 öğrenci güneş enerjisinin, 10 öğrenci elektrik enerjisinin, 8 öğrenci mekanik enerjinin, 7 öğrenci ısı enerjisinin varlığından haberdardır. Ayrıca 5 öğrenci nükleer enerjinin, 3 öğrenci rüzgâr enerjisinin, 2 şer öğrenci sürtünme, ışık, kimyasal ve atom enerjilerinin, bir öğrenci ise kimyasal bağ enerjisinin varlığından haberdardır. 2 öğrenci ise soruyu cevapsız bırakmışlardır.

Kinetik enerjiyi doğru bir şekilde açıklayan öğrenci sayısı 16, yanlış bir şekilde açıklayan öğrenci sayısı 3 ve açıklayamayan öğrenci sayısı ise 14'tür. Görüldüğü gibi kinetik enerji, soruya cevap veren 34 öğrencinin 33'ü tarafından bilinmekte ancak öğrencilerin yarısı tarafından açıklanamamaktadır. 3 öğrenci ise aşağıda görüldüğü gibi kinetik enerji ile ilgili eksik veya yanlış bilgilere sahiptir.

Kinetik enerji ( $\frac{1}{2}mv^2$ ) cismin belli bir mesafede harcadığı enerjidir. Ö16

c) Kinetik Enerji =) Hız enerjisidir. Ö27

Bu öğrenciler kinetik enerjiyi, yer değiştirme ile harcanan enerji ve hız enerjisi olarak tanımlamaktadırlar. Kinetik enerjinin öğrenci tarafından hız enerjisi olarak algılanması, öğrencinin hareket ile hız kavramını özdeşleştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumun, öğrencilerin kinetik enerjiyi açıklama-yorumlama gerektiren taleplerle yeteri kadar karşılaşmamasından kaynaklanabileceği düşünülebilir.

Potansiyel enerjiyi doğru bir şekilde açıklayan öğrenci sayısı 14, yanlış bir şekilde açıklayan öğrenci sayısı 6 ve açıklayamayan öğrenci sayısı ise 13'tür. Aşağıda verilen cevaplar potansiyel enerji için yapılan yanlış tanımları örneklendirmektedir.

c) Potansiyel enerji: Bir cismin kütlesi merkezimin yere göre olan momentidir. Ö18

c) Potansiyel enerji: Bir cisim yatan yükseklikte bulunuyorsa orada durmak için sahip olduğu bir enerji demektir. Ö21

Diğer öğrenciler ise potansiyel enerjiyi, durgun bir cismin bulunduğu yere kendi ağırlığından dolayı yaptığı etki olarak veya maddenin kendiliğinden sahip olduğu bir değer olarak tanımlamaktadırlar. Görüldüğü gibi öğrenciler potansiyel enerji ile ilgili bireysel algılamaları kurumsal tanımlama ile örtüşmemektedir. Kinetik enerjinin açıklamasında olduğu gibi potansiyel enerjinin açıklanmasında da başarısız öğrenciler çoğunluktadır. Yine bu durum kurumun potansiyel enerji ile ilgili hesaplama gerektiren taleplere açıklama-yorumlama gerektiren taleplerden daha fazla önem vermesi ve potansiyel enerji ile ilgili talep tipi çeşitliliğinin ve talep sayısının azlığı ile açıklanabilir.

Öte yandan diğer enerji türlerinin açıklanmasında öğrencilerin başarısızlıkları Tablo 34'te görüldüğü gibi daha da artmaktadır. Mekanik enerjiyi, yayın potansiyel enerjisini ve kimyasal enerjiyi birer öğrenci açıklayabilmişken diğer enerji türleri hiçbir öğrenci tarafından açıklanamamıştır. Öğrenciler, Güneş enerjisinin, ışınlarındaki atomların gücünden kaynaklandığına inanırken, ısı enerjisini sahip olunan ısıya bağlı enerji, maddelerin yapısındaki atom ve moleküllerin sahip olduğu enerji ve odun, kömür gibi yakacakları kullanarak oluşturulan enerji şeklinde tanımlanmaktadır.

Tablo 34'e başka bir bakış açısıyla bakıldığında, soruya cevap veren 34 öğrencinin 33'ü tarafından kinetik ve potansiyel enerjinin bilinmesi ve birlikte ifade edilmesi dikkat çekmektedir. Bu öğrenciler kinetik ve potansiyel enerji formlarını birlikte (bütünlük içinde) düşünmektedir. Ancak kinetik ve potansiyel enerjinin mekanik enerjinin formları olduğu ve mekanik enerjinin sadece 8 öğrenci tarafından ifade edildiği gerçeği dikkate alındığında, öğrencilerin kinetik ve potansiyel enerji formları arasında kurduğu anlamlı ilişkiyi mekanik enerji ile kuramadığı gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Tüm öğrenci cevaplarına genel olarak bakıldığında, öğrencilerin kinetik enerjiyi hız enerjisi olarak algıladığı, potansiyel enerjiyi cismin ağırlığından kaynaklandığı, cismin yerden yüksekte durmak için sahip olduğu iç enerji olduğu veya cismin yere göre momentini olarak algıladıkları görülmektedir. Ayrıca öğrenciler, ısı enerjisinin yakacak olarak kullanılan maddelerden oluştuğu veya atom ve moleküllerin yapısında var olduğu gibi algılamalara sahiptirler. Sonuç olarak yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda tüm öğrenciler bazında düşünüldüğünde, öğrencilerin pek çok enerji farklı formundan haberdar olmadığı açıktır. Bununla beraber öğrencilerin bu enerji formlarının açıklanması noktasında da yeterli düzeyde bilgiye sahip olmadıkları görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Başlangıçtaki amacı üniversite 1. sınıf seviyesinde enerji kavramının öğretim ve öğrenim durumlarını tespit etmek olan bu çalışmanın araştırma soruları, ilgili literatür taramasından sonra Antropolojik kurama dayanılarak ve çalışmanın başlangıç amacını dikkate alınarak aşağıdaki gibi şekillendirilmiştir.

4. Üniversite 1. sınıf Temel Fizik I kurumunun enerji ile ilgili kurumsal tanımlarının özellikleri nelerdir?
5. Üniversite 1. sınıf Öğrencilerinin Temel Fizik I kurumunun etkisi altında geliştirdikleri bireysel tanımların özellikleri nelerdir?
6. Üniversite 1. sınıf Temel Fizik I kurumunun enerji ile ilgili kurumsal tanımının öğrencilerin bireysel tanımları üzerindeki etkileri nelerdir?

Bu amaç doğrultusunda Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde okutulmakta olan Temel Fizik I dersini alan 36 1. sınıf öğrencisi ile çalışılmış ve çalışmalar değerlendirilerek bazı sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde elde edilen sonuçlar araştırma sorularına paralel olarak sunulacaktır.

Hatırlanacağı gibi, üniversite 1. sınıf Temel Fizik I kurumunun enerji ile ilgili kurumsal tanımlarının özellikleri ekolojik ve prakseolojik analiz yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir.

Ekolojik analiz ile enerji kavramının habitatları ve buradaki işlevleri incelenmiştir. Buna göre; kurumun enerji kavramının öğretimine mekanik bilimi çerçevesinde yaklaşarak enerjinin tanımını ‘iş yapabilme kapasitesidir’ şeklinde verdiği ve böylelikle içeriğini anlam olarak sınırlandırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca kurumun bu bakış açısından hareketle kinetik-potansiyel enerji ve enerjinin korunumu temelinde konuları işlediği, ancak enerji transferi ve dönüşümü gibi konulara yer vermeyerek enerji konusunun bir bütün olarak algılanmasını sağlayacak bir yapılandırmanın bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Prakseolojik analiz çerçevesinde ise kurumsal olarak enerji kavramıyla ilgili hangi talep tiplerinin ele alındığı, talep tiplerine eşlik eden ne tür teknikler bulunduğu, teknikleri

açıklayan ve doğrulayan ne tür açıklamaların bulunduğu irdelenmişti. Bu doğrultuda belirlenen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- ▶ Kurumda obje statüsündeki talep tiplerinin içerdiği konular bazında dengeli bir dağılıma sahip olunmadığı ve burada kinetik enerji ve iş kavramlarının öğretimine yoğunlaşıldığı ancak potansiyel enerji ve enerjinin korunumu gibi konulara yeterince yer verilmediği,
- ▶ Kurumda yer alan talep tiplerinin aktivite çeşitliliği anlamında eksikliklerinin mevcut olduğu,
- ▶ Kurumda var olan talep tiplerinin büyük bir çoğunluğunun ‘matematiksel işlem yapmayı’ gerektirdiği ve buna bağlı olarak kurumun enerji öğretiminde nicel bir yaklaşıma sahip olduğu,
- ▶ Kurumdaki talep tiplerinde ilişkili olduğu konular arası dengeli bir dağılımın olmaması nedeniyle belirli konuların göz ardı edildiği,
- ▶ Nitel düşüncelerle etkileşimi temel alan aktivite durumlarına çok az yer vererek enerji ile ilgili farklı problemleri anlama ve yorumlama becerilerini geliştirmeyi hedefleyen taleplerin yetersiz kaldığı,
- ▶ Ayrıca bilimsel olmayan veya yanlış anlamalara açık ifadelerin kullanımı konusunda kurumda gerekli hassasiyetin gösterilmediği,
- ▶ Tüm bu eksikliklerine karşın kurumun, enerji kavramları ile ilişkili pratik bloklarını doğrulayacak bilgi bloklarını verdiği belirlenmiştir.

Üniversite 1. sınıf öğrencilerinin Temel Fizik I kurumunun etkisi altında geliştirdikleri bireysel tanımların özellikleri ise prakseolojik yaklaşım kullanılarak analiz edilmişti. Bu analiz doğrultusunda ise öğrencilerin enerji kavramına ait bireysel tanımlarının en önemli özelliklerinin neler olduğu, aynı kavrama ait bireysel tanımlar ile kurumsal tanımlar ne derece örtüştüğü, kurumsal tercihlere bağlı olarak öğrencilerde ne tür anlama güçlükleri bulunduğu incelenmişti. Bu analiz doğrultusunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

*Öğrencilerin enerji kavramına ait bireysel tanımlarının en önemli özellikleri* ile ilgili olarak ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- ▶ Öğrencilerin tamamının enerjiyi belirli disiplinler çerçevesinde tanımladıkları, özellikle mekanik bilimi çerçevesinde bir tanımlamayı tercih ettikleri; önemli bir bölümünün ne tür varlıkların enerjiyi içerdiği konusunda yeterli düzeyde bilgi sahibi olduğu ancak bunu açıklayamadığı; enerji formlarının pek çoğunun

öğrencilerce bilinmediği; kinetik enerji ile potansiyel enerji arasında kurulan anlamlı ilişkinin mekanik enerji ile kurulamadığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

- ▶ Öğrencilerin kinematik denklemleriyle veya enerjiyle ilgili formüllerin kullanımı ile çözülebilecek taleplerde, enerji kavramının kullanımını içeren çözümlerle anlamlı ilişkiler kuramayı hatırlanması kolay olan kinematik denklemlerle çözüm yolunu tercih ettikleri görülmüştür. Bu durum ise enerjinin öğrenci pratikleri kapsamında işlevsel olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.
- ▶ Öğrenciler herhangi bir soruyu cevaplamak, daha özel bir ifadeyle herhangi bir talebi yerine getirmek için kullandıkları teknikleri açıklayamamaktadırlar. Bu durum öğrencilerin kullanılan tekniklerin kullanımı konusunda otomatikleştiklerini ve onları açıklayıcı bilgi bloklarına sahip olmadıkları sonucunu ortaya koymaktadır.
- ▶ Öğrencilerin açıklama ve yorumlama gerektiren aktivite durumlarını gerçekleştirmede bireysel becerilerinin son derece düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

*Aynı kavrama ait bireysel tanımlar ile kurumsal tanımaların ne derece örtüştüğünün* incelenmesi sonucunda öğrencilerin, hangi konuları anlamada eksikliklerinin olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Öğrencilerin;

- ▶ potansiyel enerji,
- ▶ yayın esneklik potansiyel enerjisi,
- ▶ iş-kinetik enerji teoremi,
- ▶ işin bir enerji transferi olduğu,
- ▶ cisme etki eden kuvvetlerin yaptığı işi hesaplama,
- ▶ birim zamanda yapılan iş (güç)

ile ilgili algılama eksikliklerinin olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Öğrencilerin bireysel tanımları ile ilgili analizde, son inceleme sorusu doğrultusunda, öğrencilerin belirli konulardaki eksiklikleri ile beraber *kurumsal tercihlere bağlı olarak da algılama eksikliklerinin oluştuğu* belirlenmiştir. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Öğrencilerin

- ▶ verilen bir sistemin tekrar gösterimi noktasında,
- ▶ cisim-yay sisteminin hareketini anlamlandırmada,

- ▶ verilen herhangi bir grafiği veya diyagramı yorumlama konusunda,
- ▶ Enerjinin korunumunu güncel hayatta var olabilecek bir duruma uygulanmasında eksikliklerinin olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Bu çalışmanın 3. araştırma sorusu, kurumsal tanımanın öğrencilerin bireysel tanımları üzerindeki etkilerinin neler olduğunu belirlemek üzere tasarlanmıştı. Bu amaç doğrultusunda ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Yapılan ekolojik analiz sonuçlarına göre enerji kavramı kurumda mekanik bilimi çerçevesinde anlatılmaktadır. Öğrencilerin cevaplarının tek bir disiplin çerçevesinde olması da kurumsal tanımanın öğrencilerin algılamalarını kısıtlamakta olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle öğrencilerin çoğunluğunun enerji kavramı ile ilgili bireysel tanımlarının kurumsal tanıma ile paralel olduğunu göstermektedir.

Bununla beraber kurumda yer alan enerji formlarının mekanik bilimi çerçevesinde verilmesi, öğrencilerin farklı enerji formları olduğunu bilmemesine neden olmaktadır. Daha açık bir ifade ile kurumda yalnız mekanik, kinetik, potansiyel ve ısı enerjisinden bahsedilirken diğer enerji formlarından bahsedilmemektedir. Öğrenci cevaplarının da bu yönde olması kurumun bu noktadaki etkisini net olarak ortaya koymaktadır. Ayrıca kurumda özellikle kinetik ve potansiyel enerji türlerinin irdelenmesi öğrencilerin tamamına yakının bu iki enerji formunu bilmelerine katkı sağlamıştır. Ancak bu enerji formlarının aslında mekanik enerjinin birer alt formları olduğunun kurumda vurgulanmaması öğrencilerin kinetik ve potansiyel enerji arasında kurduğu anlamlı ilişkiyi mekanik enerji ile kuramamalarına neden olduğu tespit edilmiştir.

Ekolojik analiz sonuçlarına göre kurumun enerji kavramının öğretiminde, enerji transferi ve dönüşümü kavramlarına yer vermeyerek öğrenmeyi kolaylaştırıcı bir yapılanmaya sahip olmadığı sonucuna varılmıştı. Bu kavramlarla ilişkili olarak öğrencilerin için bir enerji transferi olduğu ve enerjinin korunumu konularında algılama eksikliklerinin olduğu belirlenmişti. Görüldüğü gibi kurum tarafından tanımlanmayan bu bilgiler, öğrencilerin bireysel tanımlarında yer bulmamaktadır.

Enerji kavramının öğretiminde kurumun nicel bir bakış açısına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştı. Öğrenci cevaplarının analizleri ise açıklama-yorumlama gerektiren aktivite durumlarında öğrencilerin becerilerinin son derece düşük olduğu sonucuna varılmıştı. Bu durum, yukarıda belirtildiği gibi, kurumsal tanımanın bu tür taleplere yeterince yer vermemesinin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Kurumun matematiksel işlem gerektiren talep tiplerinde konular arası dengeli bir dağılımı yapamayarak belirli konuların göz ardı ettiği sonucuna varılmıştı. Öğrenci cevaplarının analizi de göstermişti ki bu göz ardı edilen konularda öğrencilerin eksik algılamaları vardı. Görüldüğü gibi kurumun konular arasında yapısal bir dengeye sahip olmaması öğrencilerin eksik algılamalarında etken olmaktadır.

Öğrencilerin, herhangi bir talebi yerine getirmek için kullandıkları teknikleri açıklayamayarak, tekniklerin kullanımı konusunda otomatikleştiklerini ve onları açıklayıcı bilgi bloklarına sahip olmadıkları sonucuna varılmıştı. Kurumsal tanımada teorik bilgi gerektiren taleplere rastlanmaması ve aynı tür taleplerin tekrar ediyor olması, öğrencilerin bu otomatizmi geliştirmelerinin sebebi olarak dikkat çekmektedir.

Hatırlanacağı gibi kurumda yer alan talep tipleri aktivite durumlarına göre sınıflandırılmış ve kurumun kullandığı talep tiplerindeki bakış açıları belirlenmişti. Buna göre kurumun matematiksel işlem gerektiren talep tiplerine önem verdiği ancak, grafiği çözümlenme-anlama, karşılaştırma yapma ve tekrar gösterim gibi aktivite durumlarına talep tiplerinde yer vermediği veya çok az yer verdiği belirlenmişti. Bununla beraber öğrencilerin kurumun az yer verdiği aktivite durumlarıyla ilgili sorularda, eksikliklerinin olduğu belirlenmişti. Kurumun kendi tercihinin bağlı olarak kullanmadığı talep tiplerinde farklı aktivite durumları, öğrencilerin öğrenmelerinin belirli yönlerinin eksik kalmasında etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sonuç, Goldring ve Osborne'nun (1994), ilköğretim seviyesinde, öğrencilerin nitel ve nicel uygulamalar içeren sorulara vermiş oldukları cevaplar arasında anlamlı ilişkiler olmadığı ve bunun öğrencilerin karmaşık formülleri iyi kullanmaları ancak temel prensipleri anlamamalarından kaynaklandığını belirledikleri sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Buna göre ilköğretim düzeyinde enerji ile ilgili var olan problemler yüksek öğretim seviyesinde devamlılığını sürdürmektedir.

Bu noktada, çalışmada elde edilen sonuçlar ilk ve orta öğretim düzeyinde yapılan başka çalışmaların sonuçları ile karşılaştırıldığında benzer sonuçların olduğu görülmektedir. Duit (1984) üç ülkeden ilk ve orta öğretim dereceli okullarda gerçekleştirdiği çalışmasında, enerjinin öğretimi ile ilgili olarak fizik derslerinde, enerjinin tanımı, transferi ve dönüşümünde bazı problemlerin bulunduğunu belirtmektedir. Domenech ve ark. (2001) orta öğretimde anlamlı bir enerji tanımlamasının yapılamamasının yanı sıra enerjinin bütünleştirici ve evrensel özelliklerinin de vurgulanmadığı belirtmektedir. Görüldüğü üzere ilk ve orta öğretim düzeyinde süre gelen eksiklikler yüksek öğretim düzeyinde de devam etmektedir.

## 5. ÖNERİLER

Enerji gibi soyut ve algılanması zor kavramların öğretiminde, kavramın bulanık başlangıcı ve bilimsel işler arasındaki bağın kurulmasının enerjinin anlaşılmasında kolaylıklar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle enerji kavramının öğretiminin de disiplinler arası bir yaklaşımın benimsenmesi ve tarihsel gelişiminden faydalanılması önerilmektedir.

Bununla birlikte enerji kavramının öğretiminde nitel ve nicel işlemlerde dengeli ve sıralı bir bakış açısının olması gerektiği düşünülmekte ve önerilmektedir. Daha açık bir ifade ile nicel işlemlerden önce tıpkı bilim adamlarının yaptığı gibi öncelikle öğrencilerin nitel düşüncelere ilişkin problemlerle etkileşime girmelerini sağlanmalıdır. Sıralama ise öncelikle kavramın özelliklerine dair nitel açıklamalar ve nicel işlemler şeklinde olmalıdır. Ancak bu sadece nitel bir bakış açısı ile konunun anlatımının gerçekleştirilmesi ve devamında problemlerin sunulması anlamında düşünülmemelidir. Nitel ve nicel işlemler her anlamda dengeli olmalıdır.

Enerji kavramının öğretimi sadece matematiksel işlem gerektiren aktivite durumları ile sınırlandırılmamalı, daha farklı aktivite çeşitleri üzerinde de durulmalıdır.

İlk ve orta öğretim seviyesinde enerji öğretimi ve öğrenimi ile ilgili olarak var olan problemlerin yüksek öğretim seviyesinde de var olması, bu alanda nitel ve nicel öğretim bakış açısının nasıl gerçekleştirilmesi gerektiği ve etkilerini tespit etmeyi hedefleyen çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Bu çalışma ile bir kez daha öğretme durumlarının öğrenme durumlarına etki ettiğinin gösterilmiş olması, kesinlikle bu etkileşimin irdelenmesi gerektiği gerçeğini ortaya koymakta ve bu alanda farklı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Etkili ve detaylı bir doküman analizi için (ders kitabı, program, ders notları, gözlem notları gibi) Prakseolojik ve Ekolojik yaklaşımların kullanılması önerilmektedir. Ayrıca ders kitabı incelenmesindeki etkililiği, farklı türden çalışmalar için iyi bir analiz yöntemi olarak önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

- Akaru, B., Felsefe Terimleri Sözlüğü, Türk Dil Kurumu Yayınları , Ankara, 1975.
- Akdur, R., Sağlık Bilimlerinde Araştırma ve Tez Yapma Rehberi: Projelendirme, Uygulama, Rapor Yazma, 1996, Ankara.
- Artaud, M., Contributions from the Anthropological Theory of Didactics, In W. Blum and H.W. Henn (Eds), Pre-Conference Volume of ICMI Study 14: Applications and Modelling in Mathematics Education, 2004, Dortmund: Universität Dortmund, pp.17–22.
- Aydın, G., ve Günay Balım, A., Yapılandırmacı Yaklaşımına Göre Modellendirilmiş Disiplinler Arası Uygulama: Enerji Konularının Öğretimi, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi, 38,2 (2005) 145-166.
- Barbe, J., Bosch, M., Espinoza, L. ve Gascon, J., Didactic Restrictions on the Teacher's Practice: The Case of Limits of Functions in Spanish High Schools, Educational Studies in Mathematics, 59,1 (2005) 235-268.
- 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.
- Bolea, P., Bosch, M. ve Gascon, J., The Role of algebraization in the study of a Mathematical Organization, European Research in Mathematics Education I.I + I.II Proceedings of the First Conference of the European Society for Research in Mathematics Education Vol. I + II, 1999, Osnabrück, <http://www.fmd.uni-osnabrueck.de/ebooks> 17 Ocak 2007.
- 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.
- Carr, M. ve Kirkwood, V., Teaching and Learning about Energy in New Zealand Secondary School Junior Science Classrooms, Physics Education, 23,2 (1988) 86-91.
- Cohen, L. ve Manion, L., Research Methods in Education, 4th Edition, London: Routledge, 1994.
- 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 année, LSD-IMAG, Grenoble, (1989) 211–236.

- Chevallard Y., Fundemantal concepts in didactics: perspectives provided by an anthropological approach, Recherches en Didactique des Mathematiques, Selected Papers, Grenoble: La Pense Sauvage, (1992) 131–167.
- Crowell, B., Conservation Laws, 2. baskı, Light and Matter, Fullerton, California, 2006.
- Crowell, B., Discover Physics, 1. baskı, Light and Matter, Fullerton, California, 2006.
- Çepni, S., Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, 2. Baskı, Trabzon, 2005.
- Domenech, J. L., Gil-perez, D., Gras-marti, A., Torregrosa, J.M., Guisasola, G., Salinas, J., Energy: How it is Taught and How it Might Be, Third International Conference of the EUROPEAN Science Education Research Association E.S.E.R.A “Science Education Research in the Knowledge Based Society”, 2001, Thessaloniki, Greece.
- 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 & Education, 16 (2007) 43-64.
- Dumanoğlu, F., Orta Öğretimde Enerji Kavramının Öğretimi Ve Enerji Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1997.
- Duit, R., Learning to the Energy Concept in School-Empirical Results from The Philippines and West Germany, Physics Education, 19,2 (1984) 59-66.
- Duit, R., Should Energy be Illustrated as Something Quasi-Material?, International Journal of Education, 9 (1987) 139-145.
- Elkana, Y., The Discovery of the Conservation of the Energy, Second Printing, Cambridge: Harvard University Press, Massachusetts, 1974.
- Ginestie, J., 2005. Analysing Technology Education through the Curricular Evolution and the Investigation Themes. Patt-15 Technology Education and Research: Twenty Years in Retrospect, Nisan 2005, <http://www.iteaconnect.org/Conference/PATT/PATT15/PATT15.htm> 09 Ağustos 2006.
- Goldring, H. and Osborne, J., Students’ Difficulties with Energy and Related Concepts, Physics Education, 29,1 (1994) 26-32.
- Gürdal, A., Şahin, F. ve Bayram, H. İlköğretim Okullarında Enerji Konusunun Entegrasyonu Ile Öğretilmesi, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Eylül 1998, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 204-208.
- 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.

- Hicks, N., Energy is the Capacity to Do Work –or is it? Physics Teaching, 21 (1983) 529-30.
- Huis C. and Berg E., Teaching energy: a systems approach, Physics Education, 28,3 (1993) 147-153.
- Kakaç, S., 2005. Küresel Isınma ve Nükleer Enerji. <http://www.tuba.gov.tr/habergoster.php> 04 Mart 2007.
- Karasar, N., Bilimsel Araştırma Yöntemi, 15. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, Ekim 2005.
- Kemp, H. R., The Concept of Energy without Heat or Work, Physics Education, 19,5 (1984) 234-240.
- Kirwan, D. F., Energy curriculum development guidelines. Conference on Science and Technology Education and Future Human Needs, 1985, Bangalore, India, 23-32.
- Köse, S., Bağ, H., Sürücü, A. and Uçak, E., Prospective Science Teachers' about Energy, 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.
- Lehrman, R., Energy is not the Ability to Do Work, Physics Teaching, 11 (1973) 5-8.
- Logan, P. F., Energy from village to nation, Physics Education, 18 (1983) 71-77.
- Lufburrow, R., A., The Encyclopedia of Physics, Edited by Besançon, R. M., Second Edition, Van Nostrand Reinhold Company, Melbourne, 1974
- Mann, M. F., Student's Use of Formal and Informal Knowledge about Energy and the Human Body, Doktora Tezi, Curtin University Of Technology, Ekim 2003.
- Martinas, K., Energy in Physics and in Economy, Interdiciplinary Description of Complex Systems, 3,2 (2005) 44-58.
- McClelland, G., Energy in School Science, Physics Education, 24,3 (1989) 162-164.
- Millar, R., 2005, Teaching About Energy, [www.york.ac.uk/depts/educ/pgce%20science/PGCE%20handouts/Teaching%20about%20energy.pdf](http://www.york.ac.uk/depts/educ/pgce%20science/PGCE%20handouts/Teaching%20about%20energy.pdf), 21 Mart 2007.
- Nicholls, G. & Ogborn, J., Dimensions of Children's Conceptions of Energy, International Journal Of Science Education, 15 (1993) 73-81.

- Odell, J.L., Student Understanding of Conservation of Energy and Mass in Introductory University Science Courses, Yüksek Lisans Tezi, The University of Maine, Orono, 1997
- Özmen, H., Dumanoğlu, F. ve Ayas, A., Ortaöğretimde Enerji Kavramının Öğretimi ve Enerji Eğitimi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, IV. Fen Bilimleri Kongresi, 6-8 Eylül 2000, Ankara.
- URL-1, [www.newadvent.org/cathen/05422a.htm](http://www.newadvent.org/cathen/05422a.htm) The Law of Conservation of Energy. 16 Ağustos 2006.
- URL-2, [http://en.wikipedia.org/wiki/Conservation\\_of\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Conservation_of_energy) Conservation of Energy. 17 Ağustos 2006.
- URL-3, <http://www.etymonline.com/index.php?search=energy&searchmode=term> Energy. 17 Ağustos 2006.
- URL-4, <http://sin.fi.edu/guide/hughes/energyisborn.html> Energy is Born. 16 Ağustos 2006.
- URL-5, <http://www.need.org/need.pdf/FormsofEnergy.pdf> Forms of Energy. 9 Eylül 2006.
- URL-6, <http://www.eia.doe.gov/kids/energyfacts> What is Energy?. 9 Eylül 2006.
- URL-7, [www.uwsp.edu/car/WCEE7keep7Mod1/Whatis/energyforms.htm](http://www.uwsp.edu/car/WCEE7keep7Mod1/Whatis/energyforms.htm) Two Main Forms of Energy. 12 Eylül 2006.
- URL-8, <http://www.uwsp.edu/cnr/wcee/keep/Mod1/Rules/EnTransfer.htm> Energy Rules. 12 Eylül 2006.
- URL-9, [www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji/htm](http://www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji/htm) Enerji Kaynakları. 8 Eylül 2006.
- Ruina, A. ve Pratap, R., Introduction to Statics and Dynamics, Oxford University Press, 2002.
- Rump & Winslow, (2007) The role and means for tertiary didactics in a faculty of science. [www.ind.ku.dk/winslow/RW-final.pdf](http://www.ind.ku.dk/winslow/RW-final.pdf) 21 Şubat 2007.
- Robert, J. (2003). Energy [www.pudel.uni-bremen.de](http://www.pudel.uni-bremen.de) 12 Ekim 2006.
- Sağlam, A., Les équations différentielles en mathématiques et en physique: Etude des conditions de leur enseignement et caractérisation des rapports personnels des étudiants de première année d'université à cet objet de savoir, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier- Grenoble, 2004.
- Sağlam Arslan, A., Öğrenme Ortamlarının Analizi ders notları, KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi, 2005.
- Schmid, G. B., Energy and Its Carriers, *Physics Education*, 17,5 (1982) 212-219.

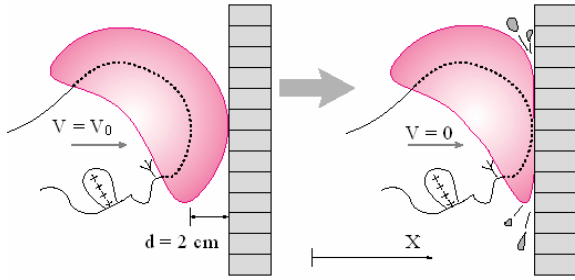
- Sefton, I., Understanding Energy, Proceedings of 11th Biennial Science Teachers' Workshop, 2004, the University of Sydney.
- Serway, R. A., Fen ve Mühendislik için Serway Fizik 1, Çeviri Ed. Çolakoğlu, K., 5. baskı, Palme Yayıncılık, Ankara, 2002.
- Sexl, R.U., Some observation concerning the teaching of the energy concept, European Journal of Science Education, 3 (1984) 285-289.
- Solomon, J., Teaching the Conservation of Energy, Physics Education, 20,4 (1985), 165-170.
- Solomon, J., When Should We Start Teaching Physics?, Physics Education, 21,3 (1986) 152-154.
- Stead, B., Energy, Learning in Science Project. Working Paper No. 17. University of Waikato, Science Education Research Unit, 1980, Hamilton, New Zealand.
- Şahan, B. Y., Tekin, L., Özer, A., Yaz, M. A., Aksoy, S. ve Aydın, S., Fizik 1-Mekanik, Sürat A.Ş. Yayın Merkezi, İstanbul, 1999.
- Timmermann, S., Undergraduates' solving strategies and teachers' practice. In C. Winsløw (éd.), Didactics of Mathematics – the French way, Copenhagen : Center for Naturfagenes Didaktik, (2005) 71-82,  
<http://isis.ku.dk/kurser/blob.aspx?feltid=52630> 04Mart 2007.
- Trumper, R., Energy and a Constructivist Way of Teaching, Physics Education, 25,4 (1990) 208-212.
- Trumper, R., A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training for High School Teachers, Journal of Science Education Technology, 7,4 (1998) 311-318.
- Verma, G. K. ve Mallick, K., Researching Education: Perspectives and Techniques, London: Falmer press. 1999.
- Viennot L., Spontaneous reasoning in elementary dynamics, European Journal of Science Education, 1 (1979) 205–21.
- Viglietta, L., Efficiency in the Teaching of Energy, Physics Education, 25,6 (1990) 317-321
- Warren, J. W., The Mystery of Mass-Energy, Physics Education, 11,1 (1976) 52-54.
- Warren, J. W., The Nature of Energy, European Journal of Science Education, 4,3 (1982) 295-297

- Warren, J. W., Energy and Its Carriers: A Critical Analysis, Physics Education, 18,5 (1983) 209-212.
- Warren, J. W., At What Stage Should Energy Be Taught?, Physics Education, 21,3 (1986) 154-156.
- Watts, D.M., Some Alternative Views on Energy, Physics Education, 18 (1983) 213–217
- Winslow, 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: Universitat Ramon Llull, 1821-1830.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H., Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, 5. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2006.

# **EKLER**

## EK-1

## UYGULAMA SORULARI



1. Bir bisikletçinin kafasını 20 m/s'lik bir hızla tuğladan bir duvara çarptığını ve kafasının, şekilde görüldüğü gibi, 2 cm mesafede (kaskın kalınlığında) sabit bir ivme ile yavaşlayarak durduğunu kabul edelim. Yavaşlama ivmesini hesaplayarak yaptığımız işlemleri tercih etme nedeninizi veya nedenlerinizi açıklayınız.

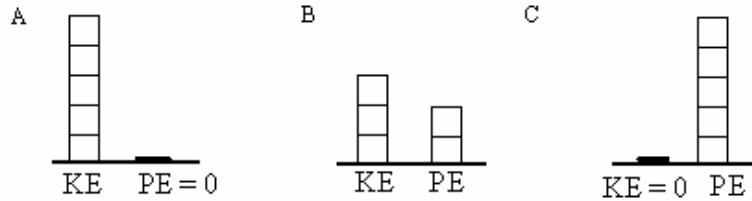
2. 'İş, enerji transferidir.' tanımına göre, aynı ve sabit süratle yürüyüş halinde olan bir at sürüsündeki atlar iş yapıyor mudur? Açıklayınız.



3. Dünya ve dünyaya düşen bir göktaşından oluşan bir sistemde potansiyel enerji hesaplanırken dikkate alınması gereken mesafe aşağıdakilerden hangisidir? Açıklayınız.

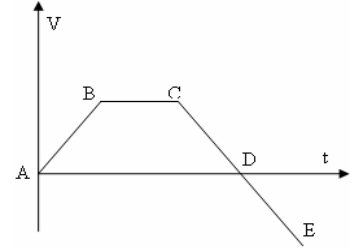
- Göktaşı ile dünya yüzeyi arasındaki mesafe.
- Göktaşı ile dünya merkezi arasındaki mesafe.

4. Aşağıda ucuna  $m$  kütleli bir cisim bağlı her hangi bir yayın kinetik ve potansiyel enerjilerini gösteren enerji diyagramları verilmiştir. Bu diyagramları açıklayıcı uygun birer yay şekli çiziniz.

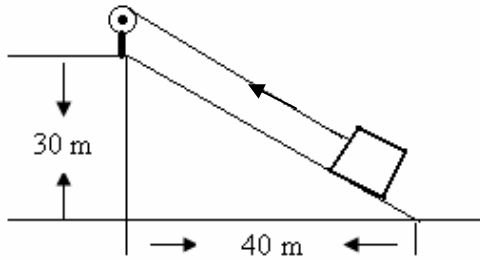




5. Tek bir kuvvetin etkisinde düzgün hareket eden bir cismin hızı zamana göre şekildeki gibi değişmektedir. Aralıkların her birinde (AB, BC, CD ve DE) kuvvetin cisim üzerinde yaptığı işin işaretini (+ veya -) nedenlerini belirterek bulunuz.



6.

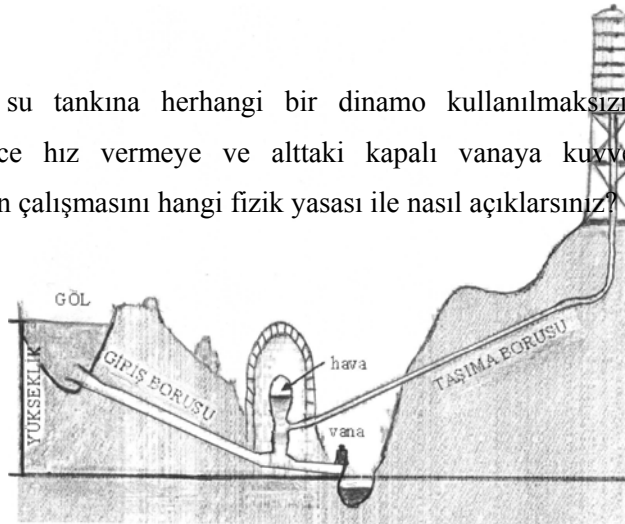


400 kg'lık granit blok, bir vinç yardımıyla şekilde görüldüğü gibi eğik düzlem üzerinde yukarıya doğru  $1\text{ m/s}$ 'lik sabit hızla çekiliyor. Blok ile düzlem arasındaki kinetik sürtünme katsayısı  $0,5$ 'dür.

- a) Blok düzlem boyunca 6 m yukarıya çekildiği zaman üzerine etkiyen **kuvvetlerin her birinin** yaptığı iş nedir?
- b) Vinç tarafından sağlanan güç nedir? ( $g = 10\text{ m/s}^2$ )

7.

Resimdeki düzeneğe göre su, gölden su tankına herhangi bir dinamo kullanılmaksızın taşınmaktadır. Giriş borusu suya yeterince hız vermeye ve alttaki kapalı vanaya kuvvet uygulamasına izin vermektedir. Bu düzeneğin çalışmasını hangi fizik yasası ile nasıl açıklarsınız? (Kütlenin korunduğunu unutmayınız.)



8. Hayatımızın farklı evrelerinde enerji kavramı çok değişik anlamlarda karşımıza çıkabilmektedir. Buradan ve bugüne kadar almış olduğunuz eğitimden hareketle aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

- A. Size göre enerji nedir? Açıklayınız.
- B. Ne tür varlıklar enerjiye sahiptir? Niçin?
- C. Bildiğiniz enerji türlerini yazarak açıklayınız.

EK-2

Ek Tablo 1. Talep Tiplerinin Belirlenmesi

TALEP TİPLERİ		PROBLEMLER (küçük harfler şıkları göstermektedir)	
		7. Üniteye Ait Soruların Sınıflandırılması	8. Üniteye Ait Soruların Sınıflandırılması
T1	Yaydaki sıkışma-gerilmeyi hesaplama	36, 69a, 69b	38a-b-c, 62a, 63a,11,12,16b,17,56b, 67a-b-c,37b
T2	Durma uzaklığını bulma	37	
T3	Yaydaki durma uzaklığını bulma		39, 59a, 62c
T4	Gidilen uzaklığı bulma	67e	
T5	Yüksekliği hesaplama		18, 21b, 22b, 23a, 26d, 6b, 36c, 50
T6	Yayın uzama miktarını hesaplama	19a	
T7	Kuvvetin yaptığı işi hesaplama	1, 2, 4b-4a, 5a, 5b, 6a, 6c, 11a, 33a, 33c, 35c, 46a, 7, 35a, 60, 3a, 5c, 6d, 33d, 4c-4a,, 6b, 35b18, 22a, 22b, 25b-25a, 66b-66a, 72, 75	4b, 10b, 13b, 5a-b-c, 7a
T8	Kuvvet-yer değiştirme eğrisinde işi hesaplama	15a, 15b, 16b, 17a, 17b, 17c, 17d, 15c	
T9	Yayı çekmekle yapılan işi hesaplama	20b	
T10	Yayı (ipi) germekle yapılan işi hesaplama	19b, 23, 24,	
T11	Sürtünme nedeniyle kaybolan enerjiyi hesaplama	33b, 70a	35, 53b
T12	Sürtünme kat sayısının hesaplanması	70b	33d, 53c, 57, 58
T13	Sürtünme kuvvetini hesaplama	39a	33c, 28
T14	Verilen güce karşı uygulanan direnç kuvvetini hesaplama	45	
T15	Kuvveti hesaplama	30b, 31b, 34b, 38b-38a, 63	25a, 60b, 64a, 41, 42, 60a, 69
T16	İvmeli harekette kuvveti hesaplama	34d-34c, 59b	
T17	Yay kuvvetini hesaplama	66a, 68c	
T18	Sürüklenme kuvvetini hesaplama	74	
T19	Yay sabiti birimini bulma	26	
T20	Birim zamanda yapılan işi (gücü) hesaplama	42, 43, 46b, 47a	
T21	İş yapma hızını (gücü) hesaplama	47b, 59c, 64, 65a, 65b	
T22	İki vektörün skaler çarpımını hesaplama	8, 9, 10, 12, 14	
T23	İki vektör arası açığı hesaplama	11b, 13a, 13b, 13c	
T24	Bir vektörün doğrultu kosinüslerini bulma	58a	
T25	Bir vektörün büyüklüğünü hesaplama	58b	
T26	Yay sabitini hesaplama	20a, 62, 68b-68a	
T27	Kuvvet sabitini hesaplama		20
T28	Kinetik enerjiyi hesaplama	27a, 28a, 28b, 29a, 52b, 54a, 55, 59a, 67f	49c, 53a

Ek Tablo 1'in Devamı

T29	Maksimum kinetik enerjiyi hesaplama		43d, 52b-d,
T30	Korunumlu sistemlerde kinetik enerjiyi hesaplama	29b, 6e, 34a, 33e	7c-7b, 9b, 33a, 74
T31	Toplam işi hesaplama	35d, 5d	19b, 23b, 56a, 34
T32	Yüksek hızlarda kinetik enerjiyi hesaplama	52a, 53a, 53b, 54b	49b
T33	Hızı hesaplama	27b,30a,31a,32a,32b, 32c, 33f, 35e, 40, 57, 73a	8b, 10c, 13a, 29, 52c
T34	Korunumsuz kuvvetlerin etkilediği sistemlerde hızı hesaplama		14, 30, 31, 32, 36a, 47c, 62b, 63b, 64b,65a-b, 73
T35	Korunumlu kuvvetlerin etkilediği sistemlerde hızı hesaplama		10a,15,16a,19a 21a,22a,26b-c,27,56c-e,61,71a-b
T36	Korunumsuz bir yay sisteminde hızı hesaplama		37a-c, 72
T37	Kuvvet etkisinde ivmeli hareket yapan cismin son hızını hesaplama	67d-67c, 67b, 67a	
T38	Yayın oluşturduğu hızı hesaplama	71, 21, 41a	
T39	Zamanı hesaplama	39b, 38d	
T40	Kütle hesaplama	73b, 73c	
T41	İvmeyi hesaplama	38c	59b
T42	Potansiyel enerjiyi hesaplama		1a-b, 6a, 9a, 47a, 52d, 8c, 9b, 33b
T43	Kuvvetin korunumlu-korunumsuz olduğunu hesaplama		4a, 5d, 6b,8a
T44	Kuvvet-yol grafiği çizme		45c, 60c
T45	Potansiyel enerji-yol grafiği çizme		47b, 60c
T46	Cisimlerin enerji eşdeğerliğini bulma		48a
T47	Kararlı-kararsız doğal denge durumlarını açıklama		46, 45a-b
T48	Açıyı hesaplama		24, 25b, 51, 68
T49	Kuvvet ve yola bağlı yapılan işi açıklama-yorumlama	1, 9, 10, 12a, 12b, 12c	
T50	Kinetik enerjiyi açıklama yorumlama	4	4,13
T51	Enerji korunumunu açıklama-yorumlama	3, 9, 11, 12	
T52	Potansiyel enerjiyi açıklama-yorumlama	4,7	

## EK-3

Ek Tablo 2. Talep tiplerinin prakseolojik bileşenleri

TALEP TİPİ	TALEP TİPLERİNİN ANALİZİ	
T <sub>1</sub>	Teknik τ	$\frac{1}{2} kx^2 = [mg \cdot \sin\alpha - mg \cdot \mu_s \cdot \cos\alpha] x + \frac{1}{2} mV_i^2$
	Teknoloji θ	$W_{uy} + W_g = \Delta K$ , $W_g = -\Delta U$ , $W_{uy} = \Delta K + \Delta U$ , Sürtülmeli yatay bir yüzey üzerinde herhangi bir başlangıç hızı ile giden bir kitap verilirse, kitaba etkiyen kinetik sürtünme kuvveti, kitabın hareketine karşı koyar ve kitap yavaşlayarak sonunda durur. ... Kitap bir d uzaklığı kadar hareket ederken, iş yapan tek kuvvet kinetik sürtünme kuvvetidir. Bu kuvvet, kitabın kinetik enerjisinde bir azalmaya neden olur. Bu azalma, $\Delta K_{sürtünme} = -f_k d$ olur. Bu durumda $\Delta E = \Delta K + \Delta U = -f_k d$ eşittir. $(K_s - K_i) + (U_s - U_i) = -f_k d$ , $\Delta E = E_s - E_i$
	Teori ⊕	İş-Enerji teoremi
T <sub>2</sub>	Teknik τ	$-\mu_s mgd = K_s - K_i = 0 - \frac{1}{2} mV_i^2$ $d = \frac{V_i^2}{2\mu_s g}$
	Teknoloji θ	$V_i$ ilk hızına sahip olan ve $V_s$ son hızına ulaşmadan önce bir d uzaklığı kadar kayan bir cisim etkileyen kuvvet kinetik sürtünme kuvveti $f_s$ olduğu durumda; $-f_s = m \cdot a_x$ , $-f_s \cdot d = m \cdot a_x \cdot d$ , $a_x \cdot d = \frac{1}{2} (V_{xs}^2 - V_{xi}^2)$ $-f_s \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (V_{xs}^2 - V_{xi}^2) \rightarrow \Delta K_{sürtünme} = -f_s \cdot d$
	Teori ⊕	İş-Enerji teoremi
T <sub>3</sub>	Teknik τ	$-f_s \cdot x = -\frac{1}{2} k \cdot x^2$
	Teknoloji θ	Yola bağlı kuvvetin yaptığı iş yandaki potansiyel enerjiye eşittir.
	Teori ⊕	Mekanik enerji korunumu ilkesi
T <sub>4</sub>	Teknik τ	$d = d_i + V_i t + \frac{1}{2} at^2$
	Teknoloji θ	$\Delta x = \bar{V} \cdot \Delta t = \left(\frac{V_0 + V}{2}\right) \cdot t$ , $V = V_0 + at \rightarrow x - x_0 = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} at^2$
	Teori ⊕	
T <sub>5</sub>	Teknik τ	$h_1 - h_2 = h = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$
	Teknoloji θ	$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$ $\frac{1}{2} mV_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2} mV_2^2 + mgh_2$
	Teori ⊕	Mekanik enerjinin korunumu
T <sub>6</sub>	Teknik τ	$k = \frac{F}{x}$ $T_a$ : Yaya etkiyen kuvveti hesaplama $\tau_a$ : $F = mg$
	Teknoloji θ	$\theta_a$ : Newton'un II. yasası Hooke Yasası: Bir yayı germek veya sıkıştırmak için gerekli kuvvet, gerilme veya sıkıştırmamanın x büyüklüğü ile orantılıdır.
	Teori ⊕	

Ek Tablo 2'nin Devamı

T <sub>7</sub>	Teknik $\tau$	$W = \int_i^s F \cdot ds$ T <sub>a</sub> : Sisteme etki eden kuvveti hesaplama
	Teknoloji $\theta$	Küçük bir yer değiştirme için $\Delta W = F_x \cdot d_x$ $W \approx \sum_{X_i}^{X_s} F_x \cdot \Delta x \quad \rightarrow \quad \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{X_i}^{X_s} F_x \cdot \Delta x = \int_{X_i}^{X_s} F_x \cdot dx \quad \rightarrow$ $\sum W = W_{net} = \int_{X_i}^{X_s} (\sum F_x) \cdot dx$
	Teori $\Theta$	İş-Enerji teoremi
T <sub>8</sub>	Teknik $\tau$	W=ABC üçgeninin alanı = $\frac{1}{2} \cdot AC \cdot \text{yükseklik}$
	Teknoloji $\theta$	Yapılan iş, X <sub>i</sub> 'den X <sub>s</sub> 'a kadar eğrinin altında kalan toplam alana eşittir.
	Teori $\Theta$	İş-Enerji teoremi
T <sub>9</sub>	Teknik $\tau$	W = F <sub>ortalama</sub> · x T <sub>10a</sub> : Ortalama kuvveti hesaplama $\tau_a : F_{or} = \frac{1}{2} F \quad \theta_a : \text{Vektörel toplama kuralı}$
	Teknoloji $\theta$	Cisim üzerine sabit bir kuvvet uygulandığında cisim üzerinde yapılan iş, W, kuvvetin yer değiştirme yönündeki bileşeni ile yer değiştirmenin çarpımıdır.
	Teori $\Theta$	İş-Enerji teoremi
T <sub>10</sub>	Teknik $\tau$	$W = \frac{1}{2} ky^2$
	Teknoloji $\theta$	$W = \int_{x_{maks}}^0 F \cdot dx = \int_{x_{maks}}^0 kx \cdot dx = \frac{1}{2} kx^2$
	Teori $\Theta$	İş-Enerji teoremi
T <sub>11</sub>	Teknik $\tau$	$\sum W = \frac{1}{2} mV_s^2 + mgh_s + W_{sürtünme}$
	Teknoloji $\theta$	$(K+U)_i + \Delta E = (K+U)_s$
	Teori $\Theta$	İş-Enerji teoremi
T <sub>12</sub>	Teknik $\tau$	$\mu_s = \frac{W}{mg(2\pi r)}$
	Teknoloji $\theta$	W = f · d · cos $\alpha$
	Teori $\Theta$	İş-Enerji teoremi
T <sub>13</sub>	Teknik $\tau$	$f_s = \frac{m \cdot (V_s^2 - V_i^2)}{2d \cdot \cos \alpha}$
	Teknoloji $\theta$	$\theta : V_i$ ilk hızına sahip olan ve $V_s$ son hızına ulaşmadan önce bir d uzaklığı kadar kayan bir cismi etkileyen kuvvet kinetik sürtünme kuvveti $f_s$ olduğu durumda; $-f_s = m \cdot a_x \quad , \quad -f_s \cdot d = m \cdot a_x \cdot d \quad , \quad a_x \cdot d = \frac{1}{2} (V_{xs}^2 - V_{xi}^2)$ $-f_s \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (V_{xs}^2 - V_{xi}^2) \quad \rightarrow \quad \Delta K_{sürtünme} = -f_s \cdot d$
	Teori $\Theta$	İş-Kinetik enerji teoremi

Ek Tablo 2'nin Devamı

T <sub>14</sub>	Teknik $\tau$	$f_d = \frac{P_d}{V}$
	Teknoloji $\theta$	$P = \frac{dW}{dt} = F \cdot \frac{ds}{dt} = F \cdot V$ Cismin üzerinde yapılan işin cismine enerjisini artırması sebebiyle güç, enerji aktarma hızı olarak tanımlanır.
	Teori $\Theta$	
T <sub>15</sub>	Teknik $\tau$	$F = \frac{W}{d \cdot \cos \alpha}$
	Teknoloji $\theta$	Kuvvetin yaptığı iş cismine ilk ve son koordinatlarının fonksiyonudur. $W = \int_0^h F \cdot dh \Rightarrow F = \frac{W}{h}$
	Teori $\Theta$	İş-Enerji teoremi
T <sub>16</sub>	Teknik $\tau$	$\sum F = m \cdot a$ T <sub>17a</sub> : İvmeyi hesaplama $\tau_a : a = \frac{V_s^2 - V_i^2}{2x}$ $\theta_a : x = \frac{1}{2}(V + V_0) \cdot t$ , $t = \frac{V - V_0}{a} \rightarrow 2ax = V_s^2 - V_i^2$ $\tau_b : a = \frac{dV}{dt}$ $\theta_b$ : İvme hız-zaman grafiğinin eğimi olup hızın zamana göre türevine eşittir.
	Teknoloji $\theta$	Bir cismine üzerine etki eden bileşke kuvvet, cismine ivmesi ve kütlelerinin çarpımı ile doğru orantılıdır.
	Teori $\Theta$	Newton'un II. yasası
T <sub>17</sub>	Teknik $\tau$	$F = 2 \cdot k \cdot x \cdot \cos \alpha$
	Teknoloji $\theta$	$\vec{F} = \sum (\vec{F}_i + \vec{F}_j)$ , $\vec{F} = \vec{F}_i + \vec{F}_j - \vec{F}_j = 2 \vec{F}_i = 2k \cdot x \cdot \cos \alpha$
	Teori $\Theta$	Hooke yasası, Vektörel toplama kuralı
T <sub>18</sub>	Teknik $\tau$	$F = \frac{\rho A V^2}{2}$ T <sub>19a</sub> : Enerji aktarma hızını hesaplama $\tau_a : P = \frac{\rho A V^3}{2}$ $\theta_a : P \cdot \Delta t = W = \Delta K = \frac{(\Delta m) \cdot V^2}{2}$ , $\Delta m = \rho \cdot A \cdot \Delta x$ , $\Delta x = \Delta t \cdot V$
	Teknoloji $\theta$	Birim zamandaki enerji değişimi enerji aktarma hızına eşittir. $P = F \cdot V$
	Teori $\Theta$	
T <sub>19</sub>	Teknik $\tau$	$k = \frac{F}{x} = \frac{N}{m} = \frac{kg \cdot m/s^2}{m}$
	Teknoloji $\theta$	Boyut analizi
	Teori $\Theta$	

Ek Tablo 2'nin Devamı

T <sub>20</sub>	Teknik $\tau$	$P = \frac{\sum W}{t}$
	Teknoloji $\theta$	Birim zamanda yapılan iş güce eşittir.
	Teori $\oplus$	
T <sub>21</sub>	Teknik $\tau$	$P = F.V$ T <sub>22a</sub> : Tek boyutta sabit ivmeli harekette hızı hesaplama $\tau_a : V_s = V_i + at$ $\theta_a : a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_s - V_i}{t_s - t_i}$ , $t_i=0 \rightarrow a = \frac{V_s - V_i}{t}$
	Teknoloji $\theta$	Enerji aktarma hızı = Güç
	Teori $\oplus$	
T <sub>22</sub>	Teknik $\tau$	$A.B = A.B.\cos \alpha$
	Teknoloji $\theta$	Skaler çarpma (nokta çarpma): İki vektörün büyüklükleri ile bunların arasındaki açının kosinüsünün çarpımı skaler niceliğe eşittir.
	Teori $\oplus$	
T <sub>23</sub>	Teknik $\tau$	$\alpha = \cos^{-1} \frac{A.B}{AB}$
	Teknoloji $\theta$	
	Teori $\oplus$	
T <sub>24</sub>	Teknik $\tau$	$\cos \alpha = \frac{A_x}{A}$ , $\cos \beta = \frac{A_y}{A}$ , $\cos \gamma = \frac{A_z}{A}$
	Teknoloji $\theta$	$A_i = A.(1).\cos \alpha$ , $\cos \alpha = \frac{A_x}{A}$ ; $A_j = A.(1).\cos \beta$ , $\cos \beta = \frac{A_y}{A}$ ; $A_k = A.(1).\cos \gamma$ , $\cos \gamma = \frac{A_z}{A}$
	Teori $\oplus$	
T <sub>25</sub>	Teknik $\tau$	$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = \left(\frac{A_x}{A}\right)^2 + \left(\frac{A_y}{A}\right)^2 + \left(\frac{A_z}{A}\right)^2 = 1$
	Teknoloji $\theta$	
	Teori $\oplus$	
T <sub>26</sub>	Teknik $\tau$	$k = \frac{F}{x}$
	Teknoloji $\theta$	Hooke Yasası : Bir yayı germek veya sıkıştırmak için gerekli kuvvet, gerilme veya sıkıştırmamanın x büyüklüğü ile orantılıdır.
	Teori $\oplus$	
T <sub>27</sub>	Teknik $\tau$	$mgy_i = mgy_s + \frac{1}{2} kx_s^2$ $k = \frac{2mg\Delta y}{x^2}$
	Teknoloji $\theta$	$K_i + U_{gi} + U_{yi} = K_s + U_{gs} + U_{ys}$
	Teori $\oplus$	Mekanik enerjini korunumu ilkesi

Ek Tablo 2'nin Devamı

T <sub>28</sub>	Teknik $\tau$	$K = \frac{1}{2} mV^2$ T <sub>28a</sub> : Hızı hesaplama $\tau_a : V = \frac{dx}{dt}$
	Teknoloji $\theta$	<p>Bir parçacığın bir d uzaklığı kadar yer değiştirmişse, toplam <math>\sum F</math> kuvvetinin yaptığı iş <math>\sum W = (\sum F)d = (ma)d</math> olur. Bir parçacık sabit ivme ile gittiğinde aşağıdaki bağıntıların geçerli olduğunu bilinmektedir:</p> $d = \frac{1}{2}(V_i + V_s)t \quad a = \frac{V_s - V_i}{t}$ <p>Burada <math>V_i</math>, t=0'daki sürat ve <math>V_s</math>, t anındaki sürattir. Bu ifadeler yukarıdaki eşitliğe yerleştirilirse</p> $\sum W = m\left(\frac{V_s - V_i}{t}\right) \frac{1}{2}(V_i + V_s)t = \frac{1}{2}mV_s^2 - \frac{1}{2}mV_i^2$ <p>elde edilir. <math>\frac{1}{2}mV^2</math> Niceliği parçacığın hareketiyle ilgili enerjiyi temsil eder. Bu nicelik, kinetik enerji olarak isimlendirilir. Bir parçacığa etkileyen net sabit bir <math>\sum F</math> kuvveti tarafından parçacık üzerinde yapılan iş, onun kinetik enerjisindeki değişime eşittir. Genel olarak bir V süratiyle hareket eden m kütleli bir parçacığın K kinetik enerjisi:</p> $K \equiv \frac{1}{2}mv^2$ <p>olarak tanımlanır.</p>
T <sub>29</sub>	Teori $\oplus$	Kinetik enerji teoremi
	Teknik $\tau$	$K_{\max} = E - U_{\min}$
	Teknoloji $\theta$	<p>Bir sistem üzerinde hiçbir dış kuvvet iş yapmazsa ve sistemdeki cisimlere hiçbir korunumsuz kuvvet etkimiyorsa, sistemin toplam mekanik enerjisi sabit kalır.</p> $E_s = E_i = K_i + U_i = K_s + U_s$
T <sub>30</sub>	Teori $\oplus$	Mekanik enerjinin korunumu ilkesi
	Teknik $\tau$	$\Delta K = K_s - K_i = \frac{1}{2}m.(V_s^2 - V_i^2)$
	Teknoloji $\theta$	<p>Bir parçacık üzerinde yapılan net iş, kinetik enerjideki değişime eşittir.</p> $\sum W = \int_{x_i}^{x_s} (\sum F).dx = \int_{x_i}^{x_s} ma.dx = \int_{x_i}^{x_s} mV \frac{dv}{dx}.dx = \int_{x_i}^{x_s} m.V.dv = \frac{1}{2}m.(V_s^2 - V_i^2)$
T <sub>31</sub>	Teori $\oplus$	İş-kinetik enerji teoremi
	Teknik $\tau$	$\sum W = W_F + W_{fk} + W_g$
	Teknoloji $\theta$	Net iş bir parçacık üzerinde dış kuvvetlerin yaptığı işlerin toplamıdır.
T <sub>32</sub>	Teori $\oplus$	İş-enerji teoremi
	Teknik $\tau$	$\Delta K = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (V_s/c)^2}} - 1\right)mc^2 - \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (V_i/c)^2}} - 1\right)mc^2$
	Teknoloji $\theta$	$\Delta K = K_s - K_i$
	Teori $\oplus$	Görelilik teoremi



Ek Tablo 2'nin Devamı

T <sub>33</sub>	Teknik $\tau$ 1	$\Delta K + f_k d = W_{diğer}$
	Teknoloji $\theta$	Newton'un ikinci yasası, $f_k = ma_x$ dir. Bu ifadenin her iki tarafını d ile çarpıp, sabit ivmeli hareketlerin $V_{xs}^2 - V_{xi}^2 = 2a_x d$ biçimindeki eşitliğini kullanırsak $-f_k d = (ma_x)d = \frac{1}{2}mV_{xs}^2 - \frac{1}{2}mV_{xi}^2$ veya $\Delta K_{sürtünme} = -f_k d$ eşitliğini elde ederiz. Bu sonuç, kinetik sürtüne kuvvetinin, cismin kinetik enerjisinde yapacağı değişimin $-f_k d$ kadar olduğunu söyler. Gerçekte, $-f_k d$ niceliği, kinetik sürtünme kuvvetinin cisim üzerinde yaptığı iş ile aynı kuvvetin yüzey üzerinde yaptığı işin toplamına eşittir. Bir cisim üzerine diğer kuvvetler ile birlikte sürtünme kuvveti de etki ettiği zaman, iş-kinetik enerji teoremi $K_i + \sum W_{diğer} - f_k d = K_s$ olarak yazılır. Buradaki $\sum W_{diğer}$ , kinetik sürtünenin dışındaki kuvvetlerin yaptıkları işlerin toplamını temsil eder.
	Teori $\oplus$	İş-kinetik enerji teoremi
T <sub>34</sub>	Teknik $\tau$	$mgh_i + \frac{1}{2}mV_i^2 + F.d = mgh_s + \frac{1}{2}mV_s^2$
	Teknoloji $\theta$	İş-kinetik enerji teoremine göre $W_{iy} + W_g = \Delta K$ ifadesi yazılabilir. Kütle çekim kuvveti korunumlu olduğu için $W_g = -\Delta U$ $W_{iy} = \Delta K + \Delta U \rightarrow K_i + U_i + w_{iy} = K_s + U_s$
	Teori $\oplus$	Enerjinin korunumu ilkesi
T <sub>35</sub>	Teknik $\tau$	$mgh_i + \frac{1}{2}mV_i^2 + \frac{1}{2}kx_i^2 = mgh_s + \frac{1}{2}mV_s^2 + \frac{1}{2}kx_s^2$
	Teknoloji $\theta$	$K_i + \sum U_i = K_s + \sum U_s$ Bir sistem üzerinde hiçbir dış kuvvet iş yapmazsa ve sistemdeki cisimlere hiçbir korunumsuz kuvvet etkimiyorsa, sistemin toplam mekanik enerjisi sabit kalır.
	Teori $\oplus$	Mekanik enerjinin korunumu ilkesi
T <sub>36</sub>	Teknik $\tau$	$\frac{1}{2}mV_i^2 + \frac{1}{2}kx_i^2 - f.d = \frac{1}{2}mV_s^2 + \frac{1}{2}kx_s^2$
	Teknoloji $\theta$	$(K + U)_i + \Delta E = (K + U)_s$ Sistemin son toplam mekanik enerjisi ile ilk toplam mekanik enerjisi arasındaki fark, korunumsuz kuvvetler tarafından sisteme aktarılan ya da sistemden alınan enerjiye eşittir.
	Teori $\oplus$	
T <sub>37</sub>	Teknik $\tau$	$V = V_i + at$ T <sub>34a</sub> : İvmeyi hesaplama $\tau_a : a = \frac{\sum F}{m}$ $\theta_{a1}$ : Bir cismin ivmesi, ona etki eden bileşke kuvvetle doğru orantılı, kütle ile ters orantılıdır. $\oplus$ : Newton'un II. yasası
	Teknoloji $\theta$	$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_s - V_i}{t_s - t_i}$ , $t_i = 0 \rightarrow a = \frac{V_s - V_i}{t}$
	Teori $\oplus$	

Ek Tablo 2'nin Devamı

T <sub>38</sub>	Teknik $\tau$	$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m.(V_s^2 - V_i^2)$
	Teknoloji $\theta$	$\sum W = \Delta K = \frac{1}{2}m.(V_s^2 - V_i^2)$
	Teori $\Theta$	İş-kinetik enerji teoremi
T <sub>39</sub>	Teknik $\tau$	$t = \frac{\Delta x}{V}$
	Teknoloji $\theta$	$x_s - x_i = \frac{(V_i + V_s)}{2} . t$
	Teori $\Theta$	
T <sub>40</sub>	Teknik $\tau$	$\Delta m_2 = m_2 - \mu m_1$
	Teknoloji $\theta$	$W_s + W_g = \Delta K$ $-\mu m_1 gh + (m_2 - \Delta m_2)gh = \Delta K$
	Teori $\Theta$	İş-enerji teoremi
T <sub>41</sub>	Teknik $\tau$	$-k.x + mg.\sin \alpha = m.a$
	Teknoloji $\theta$	Bir cismin ivmesi, ona etki eden bileşke kuvvetle doğru orantılı, kütle ile ters orantılıdır. $\sum F = m.a$
	Teori $\Theta$	Newton'un II. yasası
T <sub>42</sub>	Teknik $\tau$	$U = - \int_{x_i}^{x_s} F . dx$
	Teknoloji $\theta$	Korunumlu bir kuvvet tarafından yapılan iş, bu kuvvete ait potansiyel enerjideki değişimin negatifine eşittir. $W_g = (mg).d = (-mgj).(y_s - y_i)j = mgy_i = mgy_s$ $W_g = U_i - U_s = -(U_s - U_i) = -\Delta U$ $-\Delta U = W_{kuvvet} = \int_{x_i}^{x_s} F_x . dx$ , $\Delta U = U_s - U_i$ , $U_s = - \int_{x_i}^{x_s} F_x . dx + U_i$
	Teori $\Theta$	
T <sub>43</sub>	Teknik $\tau$	$W = \int F . ds$ , F sürekli ise korunumlu, değil ise korunumsuzdur.
	Teknoloji $\theta$	Bir kuvvetin, her hangi iki nokta arasında hareket eden bir parçacık üzerinde yaptığı iş, parçacığın aldığı yoldan bağımsızsa kuvvet korunumludur. Bir kuvvet, E mekanik enerjisinde bir değişime neden olursa, bu kuvvet korunumsuzdur.
	Teori $\Theta$	
T <sub>47</sub>	Teknik $\tau$	Bir blok-yay sisteminde $x=0$ konumu kararlı denge konumudur. $X_{maks}$ ve $-X_{maks}$ konumları kararsız denge konumlarıdır.
	Teknoloji $\theta$	$U_{(x)}$ 'in minimum olduğu noktalar kararlı denge konumlarıdır. $U_{(x)}$ 'in maksimum olduğu noktalar kararsız denge konumlarıdır.
	Teori $\Theta$	

Ek Tablo 2'nin Devamı

T <sub>48</sub>	Teknik $\tau$	$\cos \alpha = \frac{2gh + V_i^2 - V_s^2}{2gh}$
	Teknoloji $\theta$	$K_i + U_i = K_s + U_s$ $mgh + \frac{1}{2}mV_i^2 = mgh \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2}mV_s^2$ Bir sistem üzerinde hiçbir dış kuvvet iş yapmazsa ve sistemdeki cisimlere hiçbir korunumsuz kuvvet etkimiorsa, sistemin toplam mekanik enerjisi sabit kalır. Buradan hareketle denklemde yer alan kavramlar hesaplanabilir.
	Teori $\oplus$	Mekanik enerjini korunumu ilkesi
T <sub>49</sub>	Teknik $\tau$	Bir cisim doğrusal bir yol boyunca bir F kuvvetinin etkisinde, d yer değiştirmesi yaptığında cisim üzerinde yapılan iş, kuvvetin yer değiştirme yönündeki bileşeni ile yer değiştirmenin çarpımıdır.
	Teknoloji $\theta$	
	Teori $\oplus$	İş-enerji teoremi
T <sub>50</sub>	Teknik $\tau$	Kinetik enerji bir parçacığın hareketiyle ilgili enerjii temsil eder. Bu nicelik hızın karesinin kütle ile çarpımının yarısına eşittir. Bir parçacık üzerine etkiyen dış kuvvetlerin bu parçacık üzerinde yaptığı net iş ise kinetik enerjideki değişime eşittir.
	Teknoloji $\theta$	
	Teori $\oplus$	İş-enerji teoremi
T <sub>51</sub>	Teknik $\tau$	Bir sistemin toplam mekanik enerjisi, kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı olarak tanımlanır: $E \equiv K+U$ Bir sistem üzerinde hiçbir dış kuvvet iş yapmazsa ve sistemdeki cisimlere hiçbir korunumsuz kuvvet etkimiorsa, sistemin toplam mekanik enerjisi sabit kalır. $K_i + U_i = K_s + U_s$ Bununla birlikte bir sistemin son toplam mekanik enerjisi ile ilk toplam mekanik enerjisi arasındaki fark, korunumsuz kuvvetler tarafından sisteme aktarılan ya da sistemden alınan enerjiye eşittir.
	Teknoloji $\theta$	
	Teori $\oplus$	Mekanik enerjini korunumu ilkesi
T <sub>52</sub>	Teknik $\tau$	m kütleli bir parçacık dünya yüzeyinden bir y uzaklıkta ise, parçacık-Dünya sisteminin kütle çekim potansiyel enerjisi vardır. Bu $U_g = mgy$ ile ifade edilir. Ayrıca k yay sabitli bir yayda esneklik potansiyel enerjisi depolanmıştır. Bu ifade nicel olarak $U_y = 1/2kx^2$ şeklinde ifade edilir. Bu iki eşitliği çeşitli durumlarda cismin potansiyelini belirlemede kullanırız.
	Teknoloji $\theta$	
	Teori $\oplus$	İş-enerji teoremi

## **ÖZGEÇMİŞ**

11.07.2007 tarihinde İzmir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kırşehir'de tamamladı. 1997 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Öğretmenliği programına başladı ve 2001 yılında mezun oldu. 2002 yılında Milli Eğitim Bakanlığında sınıf öğretmeni olarak göreve başladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisansa başladı.