

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ÖĞRETMEN ADAYLARININ NEWTON'UN HAREKET KANUNLARI
KONUSUNDAKİ KAVRAM YANILGILARININ GİDERİLMESİNE YÖNELİK
GELİŞTİRİLEN ÇALIŞMA YAPRAKLARININ ETKİLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Şengül ATASOY

OCAK 2008
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**ÖĞRETMEN ADAYLARININ NEWTON'UN HAREKET KANUNLARI
KONUSUNDAKİ KAVRAM YANILGILARININ GİDERİLMESİNE YÖNELİK
GELİŞTİRİLEN ÇALIŞMA YAPRAKLARININ ETKİLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Şengül ATASOY

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Doktor (Fizik Eğitimi)”
Unvanı Verilmesi İçin Teslim Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26. 12. 2007

Tez Savunma Tarihi : 21. 01. 2008

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Alipaşa AYAS

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Nedim ALEV

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ

Enstitü Müdür V.: Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

Bir toplumda bilimsel bilgileri anlayabilmek ve bunları günlük yaşamda uygulayabilmek o toplumun gelişmişlik düzeyini gösterir. Bu bağlamda, fen alanındaki gelişmeleri anlayabilen, kendisi ve toplum yararına kullanabilen bireylerin yetiştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu süreçte öğretmenlere ve onları yetiştiren kurumlara önemli görevler düşmektedir. Fenle ilgili konu ve kavramların tam ve doğru bir şekilde öğretilmesi ve varsa konu ile ilgili yanlışlarının giderilebilmesi için etkili öğretim materyallerinin geliştirilmesi ve eğitim fakültelerindeki derslerde uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada, Newton'un hareket kanunları ile ilgili fen bilgisi öğretmen adaylarının sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermeye yönelik geliştirilen çalışma yapılarının etkililiği araştırılmıştır.

Doktora çalışmamda danışmanlığımı üstlenen, yardım ve desteği ile çalışmalarına yön veren kıymetli hocam, sayın Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ Bey'e sonsuz şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım sırasında görüş ve önerilerinden yararlandığım değerli hocalarım, Prof. Dr. Alipaşa AYAS, Prof. Dr. Salih ÇEPNİ ve Öğr. Gör. Mehmet KURUOĞLU Bey'e teşekkürlerimi sunarım. Yardım ve desteklerini gördüğüm değerli arkadaşlarım ve meslektaşlarım Arş. Gör. Hülya DEMİRCİOĞLU ve değerli eşi Yrd. Doç. Dr. Gökhan DEMİRCİOĞLU'na ayrıca teşekkür etmek istiyorum. Ayrıca, bütün çalışma arkadaşlarıma ve araştırmamın örneklemini oluşturan fen bilgisi öğretmen adaylarına teşekkür ederim.

Yoğun işleri arasında benim sıkıntılara da katlanan, yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli hayat arkadaşım Mat. Öğrt. Ercan ATASOY'a ve tez çalışmalarımın son zamanlarında kızıma bakarak bana destek olan kayınvalideme teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen canım annem ile babama ve kardeşlerime çok teşekkür eder, bu tezimi onlara adadığımı belirtirim. Son olarak, varlığı ile hayatıma renk katan biricik kızım Elif Berra'ma da sevgilerimi sunarım.

Şengül ATASOY
Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Araştırmanın Problemi	4
1.3. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi	6
1.4. Araştırmanın Amacı	9
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları	9
1.6. İlgili Literatür İncelemesi..	9
1.6.1. Newton'un Hareket Kanunları ve Kuvvet Kavramı Konusunda Öğrencilerin Kavram Yanılgılarına Yönelik Yürütülen Araştırmalar... ..	10
1.6.2. Çalışma Yapraklarına Yönelik Yürütülen Araştırmalar	18
1.6.3. Kavram Karikatürlerine Yönelik Yürütülen Araştırmalar.....	23
1.6.4. Keşfedici Laboratuar Modeline Yönelik Yürütülen Araştırmalar.....	26
1.6.5. İncelenen Literatürün Genel Değerlendirmesi.....	28
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	32
2.1. Araştırmanın Tasarlanması	32
2.2. Araştırmanın Yöntemi	35
2.3. Örneklem Seçimi	36
2.4. Veri Toplama Araçları	38
2.4.1. Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinin Hazırlanması.....	38
2.4.2. Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinin Pilot Uygulaması.....	40
2.4.3. Mülakatlar	44
2.4.3.1. Örnekler Hakkında Mülakatlar.....	45
2.4.3.2. Örnekler Hakkında Mülakat Sorularının Pilot Uygulaması	46
2.4.3.3. Yarı Yapılandırılmış Mülakatlar.....	47

2.4.4.	Gözlemler.....	47
2.5.	Çalışma Yapraklarının Geliştirilmesi.....	47
2.5.1.	Çalışma Yapraklarındaki Konuların Belirlenmesi.....	50
2.5.2.	Çalışma Yapraklarındaki Amaçların Belirlenmesi	51
2.5.3.	Çalışma Yapraklarının Düzenlenmesi.....	52
2.5.4.	Öğrenme Ortamının Düzenlenmesi	57
2.5.5.	Çalışma Yapraklarının Uygulanması	57
2.5.6.	Çalışma Yapraklarının Değerlendirilmesi.....	58
2.6.	Çalışma Yapraklarının Pilot Uygulaması	58
2.7.	Asıl Uygulamaların Yapılması	68
2.8.	Elde Edilen Verilerin Analizi.....	73
2.8.1.	Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinden Elde Edilen Verilerin Analizi	73
2.8.2.	Örnekler Hakkında Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi.....	74
2.8.3.	Gözlemlerden ve Yarı Yapılandırılmış Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi.....	75
3.	BULGULAR	76
3.1.	Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinin Ön Test-Son Test Olarak Uygulanmasından Elde Edilen Bulgular.....	76
3.2.	Örnekler Hakkında Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular	101
3.3.	Gözlemlerden Elde Edilen Bulgular	124
3.3.1.	“Kuvvet ve Basınç” Konulu Çalışma Yaprığı	125
3.3.2.	“Aydaki Kuvvet” Konulu Çalışma Yaprığı.....	126
3.3.3.	“Serbest Düşmede Kuvvet” Konulu Çalışma Yaprığı.....	128
3.3.4.	“Serbest Cisim Diyagramı Çizme” Konulu Çalışma Yaprığı	130
3.3.5.	“Hareketi Başlatan Kuvvet” Konulu Çalışma Yaprığı	131
3.3.6.	“Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi” Konulu Çalışma Yaprığı	135
3.3.7.	“Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket” Konulu Çalışma Yaprığı	137
3.3.8.	“Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet” Konulu Çalışma Yaprığı	140
3.3.9.	“Etki-Tepki Kuvvetleri” Konulu Çalışma Yaprığı.....	141
3.4.	Yarı Yapılandırılmış Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....	147
4.	TARTIŞMA	155
4.1	Çalışma Yapraklarının Kavram Yanılgılarını Gidermeye Etkisine Yönelik Bulguların Tartışılması	155
4.1.1.	Newton'un I. ve II. Hareket Kanununa Yönelik Ön-Son Testten ve Ön-Son Mülakattan Elde Edilen Bulguların Tartışılması.....	156

4.1.2.	Newton'un III. Kanununa Yönelik Ön-Son Testten ve Mülakattan Elde Edilen Bulguların Tartışılması.....	169
4.2.	Çalışma Yapraklarının Öğrenci Merkezli Öğretime Yansımaları	176
4.3.	Araştırmacının Deneyimlerinden Yansımalar	181
5.	SONUÇLAR.....	182
5.1.	Çalışma Yapraklarının Kavram Yanılgılarını Gidermeye Etkisi İle İlgili Sonuçlar	182
5.2.	Çalışma Yapraklarının Öğrenci Merkezli Öğretime Yansımaları İle İlgili Sonuçlar	187
6.	ÖNERİLER	190
6.1.	Çalışma Yapraklarının Yanılgıları Gidermeye Etkisine ve Öğrenci Merkezli Öğretime Yansımalarına Yönelik Öneriler.....	190
6.2	Diğer Araştırmacılara Yönelik Öneriler	193
7.	KAYNAKLAR	195
8.	EKLER	207
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun Newton'un hareket kanunları konusunda geliştirilen çalışma yapraklarının Fen Bilgisi öğretmen adaylarının konuyla ilgili kavram yanlışlarını gidermeye etkisini ve öğrenci merkezli öğretime yansımalarını incelemektir. Araştırmada, tek gruplu ön test-son test deneysel desen yöntemi kullanılmıştır. Konuyla ilgili öğretmen adaylarının kavram yanlışlarını dikkate alan çoğu kavram karikatürleri ile zenginleştirilmiş ve ikisi keşfedici laboratuvar modeline dayalı toplam dokuz çalışma yaprağı geliştirilmiştir. Çalışma yapraklarının uygulanması yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı üç aşamalı bir modele göre gerçekleştirilmiştir. Çalışma yaprakları Fen bilgisi öğretmenliği programının birinci sınıfında öğrenim gören 38 öğrenci ile 6 haftalık bir sürede uygulanmıştır. Çalışmanın verileri; Newton'un hareket kanunlarına yönelik kavramsal anlama testi, örnekler hakkında mülakatlar, sınıf gözlemleri ve yarı yapılandırılmış mülakatlarla toplanmıştır. Nitel veriler nitel analiz teknikleri, nicel veriler ise nicel analiz teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Öğrencilerin sahip olduğu en önemli yanlışın "Hareketi başlatan kuvvet hareket süresince nesneye etki etmeye devam eder" olduğu tespit edilmiştir. Son mülakatlarda bu yanlışta rastlanmamasında, "Hareketi Başlatan Kuvvet" isimli çalışma yaprağının öğrencileri gözlemleri hakkında tartışmaya teşvik etmesi ve zihinsel dengesizliğin yaşanması sonucu doğru kavramların daha kolay öğrenilmesi olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, çalışma yapraklarının etkinliklere aktif katılmayı gerektirerek öğrencilerin bilgileri zihinlerinde doğru bir şekilde yapılandırmalarına katkı sağladığı ve bu bilgileri tekrar kullanmaları gerektiğinde doğru yorumlama becerisi kazandırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, çalışma yapraklarının öğrencilerde bireysel sorumluluğu ve öğrenci-öğretmen iletişimini artırdığı, pedagojik gelişimlerine katkı sağladığı ve kavramsal öğrenme kültürü kazandırdığı ortaya çıkmıştır. Çalışma yapraklarının özellikle öğrencilerin yanlışlarının olduğu ve anlamada güçlük çektikleri konularda geliştirilerek uygulanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Newton'un Hareket Kanunları, Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı, Çalışma Yaprağı, Öğretmen Adayı, Kavram Yanılgısı

SUMMARY

Researching Effectiveness of Worksheets Developed to Remediating Student Teachers' Misconceptions about Newton's Laws of Motion

The aim of this study is to determine the effectiveness of worksheets, developed according to constructivist view of learning about Newton's laws of motion, on remediating science student teachers' misconceptions and the reflections of them on learner-centered teaching. A pretest-posttest one group experimental design was used as a research methodology. Nine worksheets were developed keeping misconceptions of student teachers in mind and many of which were enriched with concept cartoons and two of which were based on discovery laboratory model. The implementation was carried out according to a three-step model based on the constructivist view of learning. Worksheets were used with 38 students at the first grade enrolled in The Primary Science Teacher Training Program in a period of six weeks. Data were gathered by means of a conceptual understanding test on Newton's laws of motion, interviews about instances, classrooms observations and semi-structured interviews. When the qualitative data was analyzed with qualitative analysis methods, the quantitative data was analyzed with quantitative methods. It is realized that the most common student misconception is that "The force which starts the motion continues to act on the object during its movement". In the post interviews this misconception was not observed. The reason for this is thought to be that worksheet called "The Force That Initiates the Motion" encourages students to discussion on observations and as a result of cognitive conflict right concepts are learned more easily. It is concluded that worksheets help students construct knowledge correctly in their minds by requiring active participation and help get right interpretation skills when they need to use this knowledge again. In addition, it is observed that worksheets increase students' responsibility, student-teacher communication and contribute to their pedagogical development and conceptual learning culture. It is suggestion that the worksheets should be developed about students' misconceptions and complicated subjects.

Key Words: Newton's Laws of Motion, Constructivist View of Learning, Worksheet, Student Teacher, Misconception

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tezin akış şeması	34
Şekil 2. Örnekler hakkında mülakatta kullanılan bir soru kartı	45
Şekil 3. Çalışma yaprağı geliştirme modeli	50
Şekil 4. “Serbest Düşmede Kuvvet” konulu çalışma yaprağındaki kavram karikatürü	54
Şekil 5. Sorulara DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların ön ve son teste göre dağılım grafiğı	80
Şekil 6. Sorulara YSKYİN anlama seviyesinde verilen yanıtların ön ve son teste göre dağılım grafiğı.....	81
Şekil 7. Sorulara YS anlama seviyesinde verilen yanıtların ön ve son teste göre dağılım grafiğı	82

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Watts ve Zylbersztajn (1981) tarafından kullanılan bazı soruların konusu ve öğrencilerin fikirleri	11
Tablo 2. NHK-KAT, ÖHM soruları ve çalışma yapraklarının pilot uygulamasına katılan öğrencilerin dağılımı	36
Tablo 3. Uygulama aşamalarına göre test ve mülakatlara katılan örneklemin dağılımı	37
Tablo 4. NHK-KAT'deki soruların konuları ve belirlemeyi amaçladığı kavram yanılgıları	39
Tablo 5. Uygulamadan sonra açık uçlu soruların çoktan seçmeli hale dönüştürülmesi	41
Tablo 6. Üst ve alt gruptaki öğrencilerin doğru yanıt sayısına göre madde analizi	43
Tablo 7. Çalışma yapraklarının içerdiği gündem	49
Tablo 8. Çalışma yapraklarında giderilmesi amaçlanan yanılgılar	51
Tablo 9. Kavram karikatürlerinin çalışma yapraklarının düzenlenmesindeki basamaklara göre dağılımı	53
Tablo 10. Asıl çalışmaya ait araştırma düzeni	68
Tablo 11. Çalışma yapraklarının uygulama aşamalarına göre tartışılan konular ve uygulanan öğretim teknikleri	70
Tablo 12. Anlama seviyelerine göre yapılan puanlandırma	74
Tablo 13. Öğrencilerin ön ve son testte NHK-KAT'ye verdikleri yanıtların anlama seviyelerine göre dağılımı	77
Tablo 14. Testlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistik sonuçları ..	82
Tablo 15. t-testi sonuçları	82
Tablo 16. Öğrencilerin testin 1. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	83
Tablo 17. Öğrencilerin testin 2. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	84
Tablo 18. Öğrencilerin testin 3. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	85
Tablo 19. Öğrencilerin testin 4. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	86
Tablo 20. Öğrencilerin testin 5. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	87
Tablo 21. Öğrencilerin testin 6. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	88
Tablo 22. Öğrencilerin testin 7. sorusuna ön ve son testte verdikleri	

	yanıtların yüzdesi	89
Tablo 23.	Öğrencilerin testin 8. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	90
Tablo 24.	Öğrencilerin testin 9. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	91
Tablo 25.	Öğrencilerin testin 10. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	92
Tablo 26.	Öğrencilerin testin 11. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	93
Tablo 27.	Öğrencilerin testin 12. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	93
Tablo 28.	Öğrencilerin testin 13. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	94
Tablo 29.	Öğrencilerin testin 14. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	94
Tablo 30.	Öğrencilerin testin 15. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	95
Tablo 31.	Öğrencilerin testin 16. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	96
Tablo 32.	Öğrencilerin testin 17. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	97
Tablo 33.	Öğrencilerin testin 18. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	98
Tablo 34.	Öğrencilerin testin 19. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	98
Tablo 35.	Öğrencilerin testin 20. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi	99
Tablo 36.	Birinci soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti	102
Tablo 37.	İkinci soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti	106
Tablo 38.	Üçüncü soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti	112
Tablo 39.	Dördüncü soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti	115
Tablo 40.	Beşinci soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti	120
Ek Tablo 41.	Newton'un günümüzde geçerli olan hareket kanunları ve tanımları	209
Ek Tablo 42.	Ön ve son testten öğrencilerin aldıkları puanlar.....	232

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Fen bilimlerindeki gelişmeleri anlamlandırıp günlük yaşamında uygulayabilen bireylerin yetiştirilmesi eğitimin genel hedeflerinden biridir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesinde, öğretmenlere büyük görevler düşmektedir. Bu bağlamda, fenle ilgili bilgi, beceri, tutum ve değerleri etkili bir şekilde kullanabilen bireyleri yetiştiren öğretmenlerin de fen alanındaki konuları tam ve doğru olarak anlamaları ve kullanım alanlarına göre uygulamaya hazır bir duruma getirilmeleri gerekmektedir. Bu süreçte, eğitim fakültelerinin önemli sorumluluklar üstlenmesi beklenir. Bunlardan bazıları, öğretmen adaylarına konu alanına bağlı bilgi ve becerileri kazandırma ve onların kritik düşünme ve iletişim yeteneklerini artırma şeklinde sıralanabilir (Tynjala, 1999).

Öğrencilerin ön bilgi ve deneyimleri, isteklilik durumları ve çevre gibi faktörler öğrenmenin istenilen düzeyde gerçekleşmesini etkileyebilir. Öğrenmeyi etkileyen bu faktörler dikkate alınmadan yürütülen öğretim faaliyetleri sonucunda kavram yanılgıları oluşabilmektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının hem ileri düzeydeki karmaşık konuları doğru bir şekilde öğrenememelerine hem de fenne karşı olumsuz tutum sergilemelerine neden olabilmektedir (Trumper vd., 2000). Bu nedenlerden dolayı, hizmet öncesi eğitimi yıllarında öğrencilerin bilgilerini doğru olarak yapılandırabilmeleri için ön bilgilerinin belirlenerek onlara sunulacak konuların buna göre yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu durum dikkate alınmadığında mezun olan öğretmenlerde alternatif kavramlar, kavram yanılgıları, konu ve problem çözme becerilerinin eksikliği gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Yip vd., 1998).

Fen bilimlerinde önemli bir yere sahip olan fiziğin soyut yapısını kavrayamadıkları için öğretimin her kademesindeki öğrencilerin birçok fizik kavramı ile ilgili yanılgıya sahip oldukları bilinmektedir. Öğrencilerin fiziğin özellikle kuvvet, hız, impuls, enerji, hareket ve yer çekimi ivmesi gibi soyut kavramları anlamada güçlük yaşadıkları yürütülen araştırmalarla ortaya konulmuştur (Osborne ve Wittrock, 1983; Watts, 1983; Whitaker, 1983; Marioni, 1989; Goldring ve Osborne, 1994; Legendre, 1997; Eryılmaz, 2002). Bu kavramlar arasında öğrencilerin kuvvet ile ilgili oldukça fazla yanılgıya sahip oldukları

belirlenmiştir (Helm, 1980; Gilbert vd., 1982; Ivowi, 1984; Jimoyiannis ve Komis, 2003; Kurt ve Akdeniz, 2004a).

Kuvvetle ilgili yanılgılara ilköğretime, ortaöğretime ve üniversiteye devam eden öğrencilerde rastlanılmaktadır (Watts ve Zylbersztajn, 1981; Clement, 1982; Trumper ve Gorsky, 1996; 1997; Kurt ve Akdeniz, 2004a). Üniversitelerde yürütülen araştırmalarda, Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuvvet kavramı ile ilgili önemli yanılgılara sahip oldukları tespit edilmiştir (Briscoe ve Prayaga, 2004; Kurt ve Akdeniz, 2004a). Bu araştırmaların birinde, kuvvet kavramı ile ilgili bazı yanılgıların mezun olmak üzere olan Fen Bilgisi öğretmen adaylarında lise öğrencilerine göre daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır (Kurt ve Akdeniz, 2004a). Bu bağlamda, araştırmacılar üniversitede yürütülen fizik derslerinin yeniden ele alınarak önemli kavramların yeterli bir şekilde öğretimine yönelik bir yapılanmaya gidilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar (Briscoe ve Prayaga, 2004; Kurt ve Akdeniz, 2004a).

Öğrenci ve öğretmenlerin bazı fizik kavramlarında benzer kavram yanılgılarına sahip olduklarını gösteren araştırmalar da mevcuttur (Trumper, 1998; Yip vd., 1998; Trumper vd., 2000; Kikas, 2004). Bu araştırmalara göre, öğretmen ve öğrencilerin yanılgılarındaki benzerlikler, hizmet öncesi yıllarda adayların kavram yanılgılarının ve konu alanındaki yetersizliklerin giderilmeye çalışılmamasından ve geleneksel olarak yürütülen öğretim faaliyetlerinin yeterli olamamasından kaynaklandığı iddia edilmektedir (Trumper vd., 2000). Bu nedenle, öğrencilerin aktif olduğu öğretim yöntem ve tekniklerin kullanılması teşvik edilmelidir. Bu süreçte, öğrencilerin kendi bilgilerini kendi çabaları ile oluşturmaları için uygun öğrenme fırsatlarının sunulması gerekmektedir (Trumper ve Gorsky, 1996; Trumper, 1998). Milli Eğitim Bakanlığının yeni fen öğretim programlarının geliştirilmesinde de temel aldığı yapılandırmacı öğrenme kuramı bu görüş ile örtüşmektedir. Yapılandırmacı öğrenme kuramının son yıllarda öğrenme-öğretme faaliyetlerindeki etkililiğinin artmasının nedenleri arasında öğrenci merkezli öğrenmeyi savunması, öğrenci motivasyonunu artırmaya ve düşünme becerilerinin gelişimine katkı sağlaması sayılabilir (Boddy vd., 2003; Donaldson, 2004). Bu süreçte, öğretmenler öğrencilerin mevcut bilgilerini dikkate alarak onların fikirlerini ifade edebilecekleri ve tartışabilecekleri sınıf ortamlarını hazırlamakla görevlidirler (So, 2002).

Yapılandırmacı bir öğretimde öğrencilerin mevcut ön bilgilerinin belirlenmesi çok önemlidir. Bunun nedeninin, öğrencilerin yeni bilgileri anlaması için onları önceki deneyimleriyle ilişkilendirmesi ve zihninde yapılandırmasının gerektiğinin düşünülmesidir

(Ayas, 1995; Brooks ve Brooks, 1999a; Toh vd., 2003). Böylece, öğretmen öğrenme olgusunun aktif ve bireysel bir süreç olduğunu, öğrencilerin sınıflara alternatif fikirlerle gelebileceklerini ve bu fikirleri dikkate alması gerektiğini bilerek öğretim faaliyetlerini yürütmelidir. Bunun bir sonucu olarak, kavram yanlışlarının giderilebileceği ve buna bağlı olarak öğrenci başarısının artabileceği savunulmaktadır (Hand ve Treagust, 1991; Çepni vd., 2000; İbrahim, 2001; Stephenson ve Warwick, 2002). Bu bağlamda, yapılandırmacı öğrenme kuramını uygulayan bir öğretmenin fen müfredatının amaçlarına uygun bir ortam oluşturarak öğrencilerin mevcut fikirlerini ortaya çıkarma, bilişsel çelişki yaşatma, fikirlerinin yeniden yapılanması ve gelişmesi için stratejiler uygulama ve öğrendikleri bilgiler hakkında konuşmalarını ve bunları açıklamalarını sağlama gibi bir takım faaliyetlerde bulunması gerekir (Stephenson ve Warwick, 2002).

Öğretim ortamlarındaki eksiklikler, yazılı rehber materyallerin yetersizliği ve öğretmen ve öğrencilerin deneyimsizliği gibi nedenlerden dolayı, yapılandırmacı öğrenme kuramının uygulanmasında güçlükler yaşanmaktadır (Northfield vd., 1996). Sprague ve Dede (1999), öğretmenlerin yapılandırmacı bir sınıf ortamında görevini yapmadığı hissine kapıldıklarını, sınıf kontrolünün ellerinden alındığı düşüncesinde olduklarını ve öğretim planını hazırlayabilmek için yeterli zamanlarının olmadığını düşündüklerini ifade etmektedir. Yapılandırmacı öğrenme kuramının uygulanması ile ilgili bu belirsizliklerin ve güçlüklerin üstesinden gelmede literatürde çalışma yaprağı ve kavram karikatürü gibi bazı yardımcı öğretim materyallerinden söz edilmektedir (Naylor ve Keogh, 1999; 2000; Kurt, 2002; Kabapınar, 2005).

Kurt (2002) basit araç-gereçlerle sınıf ortamlarında gerçekleştirilebilecek, öğrenci merkezli etkinlikleri içeren çalışma yapraklarının kullanılmasının yapılandırmacı öğrenme kuramını daha uygulanabilir hale getirebileceğini savunmaktadır. Çalışma yapraklarının öğrencileri belli bir konu etrafında gözlem yapma, hipotez kurma ve denemeler yaparak bulguları kontrollü bir şekilde elde etmenin yollarını göstererek öğrenme ortamında aktif hale getirdikleri ifade edilmektedir (Yiğit vd., 2001; Atasoy ve Akdeniz, 2006). Kavram karikatürlerinin ise, öğrencilerin ön bilgilerinin belirlenmesinde, yanlışlarının farkında olmasında ve yürütülen etkinliklere daha istekli bir şekilde katılmasında etkili bir öğretim aracı olarak kullanılabilirliği belirtilmektedir (Naylor ve Keogh, 2000; Kabapınar, 2005).

Bu araştırmanın temel öğretim materyali olan çalışma yaprakları düzenlenirken, yapılandırmacı öğrenme kuramının uygulamaları arasında yer alan keşfedici laboratuvar modelinden de faydalanılmıştır. Keşfedici laboratuvar modelinde öğrencilerin bilgilerini

tahminler yaparak, tahminlerini test ederek ve kavramlar üzerine odaklanarak kurdukları savunulmaktadır (Bodner vd., 1998; Moss ve Cornely, 2001). Çepni ve Kurt (2004) tarafından yürütülen bir araştırmada, keşfedici laboratuvar modelinin fen bilgisi öğretmen adaylarının kavram yanılgıları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili yanılgılara sahip olmaları, bu yanılgıların giderilmesinde eğitim fakültelerinde yürütülen öğretim faaliyetlerinin yetersiz kalması, öğretmen adaylarının seviyesine uygun ve ilgili konuda mevcut materyallerin olmaması gibi nedenlerden dolayı kavram yanılgılarını gidermede etkili materyallerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, yapılandırmacı öğrenme kuramının kavram yanılgıları üzerine etkililiği göz önünde bulundurularak (Duit ve Treagust, 1995; Akkuş vd., 2003; Küçüközer, 2004), bu kurama uygun çalışma yapılarının geliştirilmesinde ve uygulanmasında izlenecek adımlar belirlenmelidir. Bu araştırma ile mevcut literatüre yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı, kavram karikatürleri ve keşfedici laboratuvar modeli ile desteklenmiş, bir modele dayalı olarak geliştirilmiş ve yapılandırmacı öğrenme kuramının üç aşamalı modeline göre uygulanabilme özelliğine sahip çalışma yapıları kazandırılacağına inanılmaktadır.

1.2. Araştırmanın Problemi

Genellikle üniversitelerdeki Genel Fizik dersleri öğretim elemanlarının kendi belirledikleri klasik yöntemlerle yürütülmektedir. Öğretim elemanlarının, kendi deneyimleriyle geliştirdikleri ve kendilerinin en iyi öğrendiklerini düşündükleri geleneksel öğretim modelleriyle yaptıkları öğretimle istenen başarının sağlanamadığı, öğrencilerin anlamlı öğrenmeden daha çok ezbere yönlendirildiği konu ve kavram bazında yürütülen araştırmalarda sıklıkla vurgulanmaktadır (Osborne ve Freyberg, 1985; Bodner, 1990; Trumper, 1998). Ancak, üniversite öğrencilerine yönelik materyalleri geliştiren araştırmaların yeterli olmadığı bilinmektedir.

Newton'un hareket kanunları konusu ile ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde 80'li yıllardan günümüze birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda ilköğretimden üniversite düzeyine kadar oranı küçümsenmeyecek kadar öğrencinin konu ile ilgili oldukça fazla kavram yanılgısına sahip olduğu belirlenmiştir (Helm, 1980; Watts ve Zylbersztajn, 1981; Gilbert vd., 1982; Osborne ve Wittrock, 1983; Maloney, 1984; Brown, 1989; Boeha, 1990; Goldring ve Osborne, 1994; Trumper ve Gorsky, 1996; Eryılmaz ve Tatlı, 1999; Oliva,

1999; Kurt ve Akdeniz, 2004a). Çok sayıdaki araştırmada aynı kavram yanlışları birçok kez belirlenmesine rağmen bunları gidermeye yönelik çok fazla araştırma yapılmadığı görülmektedir.

Öğretmen adaylarının da Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramı hakkında oldukça fazla yanlışla sahip oldukları tespit edilmiştir (Trumper ve Gorsky, 1996; 1997; Kurt ve Akdeniz, 2004a; Briscoe ve Prayaga, 2004; Atasoy ve Akdeniz, 2005). Yapılan çalışmalarda yalnızca öğrenci ve öğretmen adaylarının değil öğretmenlerin de benzer kavram yanlışlarına sahip olduklarını gösteren bulgular bulunmaktadır (Helm, 1980; Yip vd., 1998; Kikas, 2004). Eğitim fakültelerindeki derslerde, öğretmen adaylarının önceden sahip oldukları kavram yanlışlarının dikkate alınmadan öğretim faaliyetlerinin yürütülmesi daha sonraki yıllarda öğrencilerinin kavramları doğru anlama boyutunda problem yaşamalarına neden olmaktadır.

Öğretmen adaylarında önceki öğretim yıllarında yerleşen güçlü ve köklenmiş kavram yanlışlarının üniversite öğrenimleri sırasında dikkate alınmaması ve giderilememesi onların derslerde başarısız olmalarına ve fen derslerine karşı olumsuz tutum sergilemelerine neden olmaktadır (Trumper vd., 2000). Öğrencilik yıllarından getirdikleri kavram yanlışlarından dolayı, öğretmenlerin konuların öğretiminde güçlüklerle karşılaştıkları ve öğrencilerin bilgilerini sorguladıkları çağdaş öğrenme yaklaşımlarını kullanmaktan kaçınarak geleneksel yöntemlerle derslerini yürütmeye çalıştıkları belirtilmektedir (Kruger, 1990; Trumper, 1998; Trumper vd., 2000; Halim ve Meerah, 2002).

Son yıllarda yürütülen araştırmalarda, kavram yanlışlarını kabul edilebilir bilimsel görüşlere dönüştürmeye yönelik farklı stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır. Kavram öğretiminde yapılandırmacı yaklaşıma dayalı farklı uygulamalarla da olumlu sonuçlar elde edilmektedir. Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının öğrencilerdeki kavramsal gelişimin nasıl gerçekleştiğini en iyi şekilde açıkladığı belirtilmektedir (Duit ve Treagust, 1995). Ancak, bu tür yaklaşımların sınıf ortamlarında nasıl uygulanacağı ile ilgili yeterli bilginin, araştırmanın ve araştırmalara dayalı geliştirilen materyallerin olmadığı ifade edilmektedir (Naylor ve Keogh, 1999; Akdeniz ve Kurt, 2004; Atasoy ve Akdeniz, 2006). Öğretmenlerin pratikte kullanımına sunulacak materyallerin bulunmamasından dolayı, bu sorun güncelliğini korumaktadır. Bu bağlamda, mutlaka çalışma yapraklarının geliştirilip sorunun çözümüne katkıda bulunulması gerekir. Kavram yanlışlarının giderilmesinde çalışma yapraklarının hangi özelliklere sahip olarak geliştirilmesi ve hangi öğretim yöntem

ve teknikleri kullanılarak uygulanacağı ile ilgili araştırma yapıp bir örnek sunulmamıştır. Bundan dolayı, öğretmen sorunu görse bile çözmek için kullanabileceği somut bir materyale sahip değildir. Geliştirilen bu çalışma yapraklarının öğretmen adaylarının kavramlarla ilgili fikirleri üzerinde ne kadar etkili olduğu ve öğrenci merkezli öğretime etkilerinin neler olduğu sorusu araştırmanın temel problemini oluşturmaktadır.

Yukarıdaki temel görüşlere dayanarak bu çalışmanın alt problemleri aşağıda belirtilmiştir:

1. Fen Bilgisi Öğretmenliği birinci sınıf öğrencilerinin Newton'un hareket kanunları ile ilgili ön bilgileri nelerdir?
2. Geliştirilen çalışma yapraklarının öğretmen adaylarının belirlenen kavram yanlışlarının giderilmesinde etkileri nelerdir?
3. Geliştirilen çalışma yapraklarının öğrenci merkezli öğretime yansımaları nelerdir?
4. Öğretmen adaylarının çalışma yaprakları ile yürütülen dersler hakkındaki düşünceleri nelerdir?

1.3. Araştırmanın Gereçesi ve Önemi

Kavramların soyut olması ve bu kavramların öğretiminde doğrudan gözlem gerektiren etkinliklerin yapılamaması nedeniyle, öğrencilerin çoğu zaman enerji, hareket ve kuvvet kavramlarını birbiriyle karıştırdıkları belirtilmektedir (Driver vd., 1994). Bu bağlamda, öğrencilerin gözlem ve diğer bilimsel süreç becerilerini kullanabilecekleri ve bu yolla kendi kavramlarını yapılandırabilecekleri laboratuvar etkinliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, öğretmenler zaman ve araç-gereç yetersizliğini ileri sürerek çoğu zaman laboratuvarları kullanmamaktadırlar (Yiğit, 2001). Oysa, çalışma yaprakları basit araç-gereçlerle yapılabilecek deney ve etkinlikleri içermesi bakımından sınıf ortamında rahatlıkla kullanılabilir özelliklere sahiptirler (Yiğit vd., 2001; Atasoy ve Akdeniz, 2006).

Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramı kitaplarda bilimsel olarak tam ve doğru olarak tanımlansa da, öğrenciler bu konularla ilgili kavramlara günlük yaşamlarındaki sınırlı gözlemleri ve deneyimlerinden yola çıkarak kendilerine göre bir açıklama getirmektedirler. Bu sürecin sonunda kavram yanlışları oluşabilmektedir. Bu bağlamda, kuvvet kavramı üzerine yapılan birçok araştırma, öğrencilerin bilimsel olarak

yanlış kabul edilen “*sabit hareket sabit bir kuvvet gerektirir*”, “*kuvvet nesnenin içindedir ve hareket yönünde etki eder*”, “*etkileşim halindeki nesnelere daha ağır olan daha fazla kuvvet uygular*” şeklinde fikirlere sahip olduklarını göstermektedir (Helm, 1980; Watts and Zylbersztajn, 1981; Gilbert vd., 1982; Osborne and Wittrock, 1983; Brown, 1989; Boeha, 1990; Trumper ve Gorsky, 1996; Oliva, 1999; Eryılmaz, 2002; Jimoyiannis ve Komis, 2003; Kurt and Akdeniz, 2004a). Bu çalışmalarla tespit edilen yanlışları gidermeye yönelik araştırmalar (Dekkers ve Thijs, 1998; Eryılmaz, 2002; Kurt ve Akdeniz, 2004b), durumu tespit etmek için yürütülen çalışmalara göre oldukça yetersiz kalmaktadır.

Literatürdeki araştırmalar sadece öğrencilerin değil, öğretmen adaylarının ve hatta öğretmenlerin de Newton’un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili yanlışlara sahip olduklarını göstermektedir (Trumper ve Gorsky, 1996; Yip vd., 1998; Briscoe ve Prayaga, 2004; Kikas, 2004). Hizmet öncesi dönemde kavram yanlışları giderilemeyen öğretmenlerin, öğrencilere konuları sunarken fazla ayrıntıya inmekten kaçındıkları hatta bu konuları yeterince açıklayamadıkları belirtilmektedir (Yip vd., 1998). Bu durum, öğrencilerin hem kavramlarla ilgili sağlam bir alt yapı oluşturamamalarına, hem de öğretim süresince oluşabilecek kavram yanlışlarını bir sonraki eğitim kademesine ve günlük yaşantılarına taşımalarına neden olabilmektedir. Bu bağlamda, öğretim zincirinin önemli bir parçasını oluşturan öğretmen adaylarının kavram yanlışlarını gidermeye yönelik çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Literatürde Newton’un hareket kanunları üzerine yapılan çalışmalar birinci ve ikinci kanun ile ilgilidir. Newton’un üçüncü kanunu ile ilgili ise çok az çalışma bulunmaktadır (Maloney, 1984; Brown, 1989; Montanero vd., 1995). Bu çalışmanın, Newton’un üç kanununu da kapsamı bakımından literatüre önemli bir katkı yapacağı düşünülmektedir.

Öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilen kavramları öğrenebilmeleri ve eğer varsa bunlarla ilgili yanlışlarını giderebilmeleri için farklı öğrenme yaklaşımlarının kullanılması önerilmektedir. Bu yaklaşımlardan biri olan yapılandırmacı öğrenme kuramının öğrencileri kendi bilgilerini zihinlerinde yapılandırmalarına fırsat vererek daha etkili öğrenme ortamları sağlanabileceği ifade edilmektedir (Saka, 2006). Ancak, öğretmenlerin yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı etkinlikleri zamanın ve materyallerin yetersiz olması gibi nedenlerden dolayı sınıflarında uygulamaya istekli olmadıkları belirtilmektedir (Kurt, 2002). Bu bağlamda, yapılandırmacı öğrenme kuramına göre hazırlanan materyallerin ülkemiz koşullarında nasıl uygulanabileceğine ilişkin nitel sonuçların tespit edilip öğretmenlere sunulması gerekmektedir (Çepni vd., 2000). Bu

çalışmada, sınıf ortamında yapılan gözlemlerin ve mülakatların öğretmenlere yapılandırıcı öğrenme kuramına göre hazırlanan çalışma yapraklarının uygulanma süreci hakkında önemli bilgiler verebileceği düşünülmektedir.

Geleneksel yaklaşımla yürütülen derslerde öğretmenlerin zamanın çoğunu bilgileri öğrencilere doğrudan sunmak için kullandıkları ve öğrencilerin sıralarında oturan pasif dinleyiciler oldukları bilinmektedir. Oysa yapılandırıcı öğrenme kuramı, öğrenmenin bireyin bilgiyi zihninde kendi çabasıyla yapılandırması sonucu gerçekleşebileceğini savunarak öğretmenlere önemli sorumluluklar yüklemektedir. Yapılandırıcı öğrenme sürecinde, öğretmenler öğrencilerin problemlerini çözebilecekleri ve kendilerine ait keşifleri yapabilecekleri sınıf ortamlarını hazırlamakla görevlidirler (Watts ve Pope, 1989; Chen, 2002). Bununla birlikte, öğretmenin bilgiyi öğrenciye transfer edici değil öğrenmenin gerçekleşebilmesi için rehberlik eden kişi olduğu belirtilmektedir (Capel vd., 1998; Brooks ve Brooks, 1999b). Bu süreçte, öğretmenler öğrencilerin öğrenme ortamında grup ve sınıf tartışmalarına ve yürütülen araştırmalara istekli bir şekilde katılıp yeterince aktif olmalarını sağlayan materyallere ihtiyaç duymaktadırlar.

Yapılandırıcı öğrenme kuramına uygun etkinliklerin yürütülmesinde öğrencilerin sistematik bir şekilde takip edilmesi, ders içinde kontrolün sağlanması, öğrencilerin bireysel görüşlerinin tespit edilmesi ve en önemlisi onlarla gerekli iletişime girilebilmesi gerekmektedir (Proctor vd., 1997). Bununla birlikte Kirschner vd. (2006) yapılandırıcı öğrenme kuramı, keşfedici ve probleme dayalı öğretim gibi az rehberlikle yürütülen öğretim etkinliklerinde karşılaşılan en önemli problemlerden birinin rehberlik konusunda olduğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda, yapılandırıcı öğrenme kuramı ilkelerinin sınıf ortamlarında uygulanmasını kolaylaştırmak, mevcut öğrenme ortamlarındaki eksiklikleri gidermek ve sınıf organizasyonuna ilişkin problemleri en aza indirmek için çalışma yapraklarının fen öğretiminde kullanılabilir etkili bir öğretim materyali olduğu önerilmektedir (Proctor vd., 1997; Atasoy ve Akdeniz, 2006). Ayrıca, çalışma yaprakları ile öğrencilere gerekli rehberliğin sağlanarak, problemlerin çözüm yolunun işaret edilebileceği belirtilmektedir (Yiğit vd., 2001; Kisiel, 2003; 2006; Kirschner vd., 2006). Çalışma yapraklarının öğrenmeye diğer katkıları; kavram yanlışlarını iyileştirme (Hand ve Treagust 1991; Demircioğlu vd., 2004; Gürses vd., 2006), öğrencilerin aktif olarak etkinliklere katılmasını sağlama (Kurt, 2002; Cahyadi, 2004; Atasoy ve Akdeniz, 2006), öğrencileri iş başında tutma ve rehberlik etme (Yiğit vd., 2001; Kisiel, 2003; 2006) şeklindedir.

1.4. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun Newton'un hareket kanunları konusunda geliştirilen çalışma yapraklarının Fen Bilgisi öğretmen adaylarının konu ile ilgili kavram yanılgılarını gidermeye etkilerini ve öğrenci merkezli öğretime yansımalarını incelemektir.

Çalışmanın alt amaçları ise şu şekildedir:

1. Öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları ile ilgili ön bilgilerini belirlemek.
2. Geliştirilen çalışma yapraklarının öğretmen adaylarının konu ile ilgili yanılgılarını gidermeye etkilerini araştırmak.
3. Geliştirilen çalışma yapraklarının öğrenci merkezli öğretime yansımalarını araştırmak.
4. Öğretmen adaylarının geliştirilen çalışma yaprakları ile yürütülen dersler hakkındaki düşüncelerini belirlemek.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmanın sınırlılıkları, maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir.

1. Araştırmanın örneklemini, 2005–2006 eğitim-öğretim yılında KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programının birinci sınıfında öğrenim gören 38 öğretmen adayı oluşturmaktadır.
2. Araştırmanın konusu, kuvvet kavramı Newton'un hareket kanunları konusu altında ele alınarak sınırlandırılmıştır.

1.6. İlgili Literatür İncelemesi

Bu kısımda, öncelikle öğrencilerin Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik yapılan araştırmalara, daha sonra öğrencilerin sahip oldukları bu kavram yanılgılarını gidermeye ve yapılandırmacı öğrenme kuramının uygulamalarına ilişkin literatürde yer alan çalışma yaprakları, kavram karikatürleri ve keşfedici laboratuvar modeline yönelik uygulamaları içeren araştırmalara yer verilmiştir.

1.6.1. Newton'un Hareket Kanunları ve Kuvvet Kavramı Konusunda Öğrencilerin Kavram Yanılgılarına Yönelik Yürütülen Araştırmalar

Sudan'ı görmeye giden bir İngiliz aile, General Gordon'un heykelini görmek için her gün genç oğullarını yanlarına alırlar. Son gün genç delikanlı annesiyle birlikte General Gordon'a veda etmeye gider. Geri döndüklerinde delikanlı şaşkındır ve annesi problemin ne olduğunu sorar. Delikanlı "General Gordon'un üzerinde oturan adam kimdi?" der.

Bu hikâyede delikanlının, her gün görmeye gittiği heykeldeki deveyi General zannettiği ve devenin üzerinde oturan General'i fark etmediği anlaşılmaktadır. Berry vd. (1989) bu hikâyede olduğu gibi, yanlış fikirlere sahip olmanın ve yanlış anlamaların gerçekleşmesinin ne kadar kolay olduğuna işaret etmektedirler.

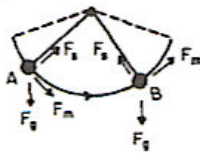
Öğrencilerin ortak deneyimlerinden "*yanlış yola yönlendirilmiş bilgiler*" aldıkları ve ondan sonra bu bilgileri yanlış kavramları kullanarak genelledikleri ifade edilmektedir. Böylece, öğrencilerde kavram yanılgılarının olduğu ve bu sürecin zaman içinde sürekli tekrar ettiği belirtilmektedir (Gilbert ve Watts, 1983). Bu kısımda, 80'li yıllar ile 2000'li yıllar arasında yürütülen bazı araştırmalar incelenmiştir. Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili yürütülen bu araştırmalarda farklı öğrenim seviyesindeki öğrencilerin taşıdığı kavram yanılgıları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Watts ve Zylbersztajn (1981) tarafından yürütülen çalışmada, "Newton'a dayalı olmayan düşünce ne kadar yaygındır ve bu durumdan öğretmenler ne kadar haberdardır?" soruları üzerinde durulmuştur. Kuvvet kavramı ile ilgili 12 sorudan oluşan *açıklamalı-çoktan seçmeli bir test* kullanılmıştır. Bu testteki bazı soruların konuları ve öğrencilerin fikirleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Örnekleme, üçüncü yıllarının sonunda olan 125 öğrenci (14 yaşında) ve beş öğretmenden oluşmuştur. Öğretmenlerle yapılan görüşmelerde onlardan öğrencilerin testteki sorularda hangi alternatifleri işaretlemiş olabileceklerini tahmin etmeleri istenmiştir. Öğretmenlerin tahminlerinin genellikle verilen oranlarla uyduğu belirlenmiştir. Bütün sorularda, öğrencilerin fizikçilerden çok daha farklı bir fizik dili kullandıkları açıkça görülmektedir. Elde edilen sonuçlardan biri de potansiyel enerji, güç, enerji, yerçekimi kuvveti ve kuvvet terimlerinin 14 yaşındaki bu öğrenciler tarafından farklı şekillerde kullanılmasıdır. Araştırma sonunda, öğrencilerin kavram yanılgıları ile mücadele etmek için uygulanacak öğretim stratejilerinin öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alması ve bunları öğretimde başlangıç noktası olarak kullanması gerektiği önerilmiştir.

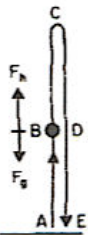
Tablo 1. Watts ve Zylbersztajn (1981) tarafından kullanılan bazı soruların konusu ve öğrencilerin fikirleri

Soru No	Soruların Konusu	Öğrencilerin Fikirleri
1-6	Kuvvet ve hareket arasındaki ilişki	Öğrencilerin %85'inin kuvvetle hareketi ilişkilendirmektedirler. Buna göre öğrenciler, yukarı doğru fırlatılan topa adamın elinden çıktıktan sonra da hareket yönünde bir kuvvet etki ettiğini düşünmektedirler.
7-8	İp çekme yarışında etki-tepki ve hareket	İp çekme oyununda öğrencilerin %82'si kazanan taraftaki adamın ipe daha fazla kuvvet uyguladığına inanmaktadırlar.
9	Biri diğerinden daha uzakta olan iki benzer araba aynı tepeden serbest bırakılmıştır.	Fizikçilerin görüşüne göre arabaları durdurmak için aynı kuvvet uygulanmalıdır. Ancak, öğrencilerin %48'i daha yukarıda olan arabayı durdurmak için daha büyük bir kuvvetin uygulanması gerektiğini düşünmektedirler.
11	Aydaki bir astronot somon anahtarını serbest bırakmıştır. Daha sonra anahtara ne olur?	Hemen hemen öğrencilerin %80'inin yanıtlarından iki alternatif ortaya çıkmaktadır. Anahtar ya aya doğru iner ya da uzaya doğru yükselir. Sebeplerden biri, ayda atmosfer yoktur ve bu nedenle kuvvet de yoktur. Öğrencilerin bazıları ayda yerçekimi olmadığı için kuvvetin olmayacağını belirtmiştir. Çok azı ayın havasının anahtara yukarı doğru kuvvet uyguladığını düşünmüştür.

Clement (1982) öğrencilerin kuvvet ve ivme arasındaki ilişkiye yönelik yanılgılarını belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmada, 150 mühendislik fakültesi öğrencisine fiziğe giriş dersinin öncesinde ve sonrasında açık uçlu test ve video gösterimine dayalı olarak problem çözmeye yönelik mülakatlar uygulanmıştır. Açık uçlu testte basit sarkaç, madeni para ve



Basit sarkaç



Madeni para

roket başlıklı problemler sunulmuştur. Her üç problem durumunda da öğrenciler cisimlerin hareketlerine devam edebilmeleri için sürekli bir kuvvetin etkisi altında olmaları gerektiğini belirtmişlerdir. Basit sarkaç problemi, şekilde görüldüğü gibi, öğrencilerin F_m olarak adlandırdıkları bir kuvvetin sarkacın aşağıya ya da yukarıya doğru hareket etmesi için gerekli olduğu şeklinde yanılgıya sahip olduklarını göstermiştir. Madeni para probleminde, öğrencilerin %88'i ön testte, %72'si son testte ve %70'i ikinci dönemin sonunda uygulanan testte "Hareket bir kuvvet gerektirir" yanılgısını taşıdıklarını tespit edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, öğrencilerin çoğu madeni paraya yukarı doğru yükselirken etki eden bir kuvvet olduğunu düşünmektedirler. Öğrenciler bu kuvveti adlandırırken "fırlatma kuvveti", "yukarıya doğru asıl kuvvet", "uygulanan kuvvet", "hızdan kaynaklanan kuvvet", "parayı yukarıya fırlatan kuvvet" gibi ifadeler kullandıkları belirlenmiştir. Roket sorusunda ise, yanlış cevap oranı sırasıyla %89, %77 ve %65'tir. Çalışma sonunda öğrencilerin "Hareket bir kuvvet

gerektirir” yanılığının belirgin özellikleri şu şekilde belirtilmiştir: (1) Sabit hızla da olsa devam eden bir hareket, aynı yönde var olan bir kuvveti ve onun yönünü gösterir. (2) Hareket eden bir cisim hareket yönünde etki ettiği düşünülen kuvvet, harekete ters yönde etki eden kuvvetlerden büyük olduğu için cisim hareketine devam eder. (3) Öğrenciler nesnenin hızındaki değişimi dikkate alarak nesneye etki ettiğini düşündükleri kuvvetin arttığını ya da azaldığını düşünebilirler. Araştırmada, öğrencilerin kuvvet ve hareket konularında boş bir tahta olarak görülmemesi ve ön bilgilerini dikkate alarak daha anlamlı öğrenmelerine katkı yapacak yeni öğretim stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği önerilmektedir.

Gilbert vd. (1982), tarafından yürütülen araştırmada, “Öğrencilerin anlamalarını nasıl tanımlayabiliriz?, Öğrencilerin anlamalarında ne gibi modeller vardır?, Bu modellerin öğrenme ve öğretme için anlamları nelerdir?” sorularına odaklanılmıştır. Bu bağlamda, kuvvet kavramı ile ilgili *örnekler hakkında mülakat yöntemi* kullanılarak 7 ile 20 arasında değişen yaşlardaki öğrencilerle görüşmeler yapılmıştır. Mülakatlar sonucunda öğrencilerde beş tür anlama gözlenmiştir. Bunlar: a) *günlük dili kullanma*, b) *kişisel bakış açısı*, c) *gözle görülmeyen şeylerin var olmayacağı inancı*, d) *insan ve hayvanların özelliklerini nesnelere yakıştırma*, e) *fiziksel niceliğin miktarı ile bir nesnenin durumunun belirlenmesi* şeklinde sınıflandırılmıştır. Öğrencilere, golf sopasıyla topa vurup havalandıran bir adam resmi gösterilerek havadaki topa bir kuvvetin etki edip etmediği sorulmuştur. Fizik almayan birçok genç öğrenci topa hareket yönünde etki eden bir kuvvetin var olduğu şeklinde yanıtlar vermiştir. Bu düşünce Aristotle’nin görüşüyle uyum göstermektedir. Buna benzer öğrencilere dünyanın etrafında bir uydu ile dolaşan adama bir kuvvetin etki edip etmediği sorulmuştur. Bunlara paralel olarak bilimsel bilginin transferine ilişkin ve öğrenci yanıtlarına yönelik sonuçların değerlendirildiği modeller sunulmuştur. Öğretmen ve öğrenci biliminin etkileşimi sonucunda şu üç modelin ortaya çıktığı belirtilmiştir: I) *Boş bellek modeli*: Öğrenci sınıfa ön bilgileri veya deneyimleri olmadan boş olarak gelir ve öğretmenin fenle ilgili bilgileri ile doldurulur. II) *Öğretmen merkezli model*: Öğrenciler her ne kadar ön bilgi ve deneyimlere sahip olsalar da bunlar oldukça zayıftır ve öğretime bir engel teşkil etmez ve kolayca değiştirilirler. III) *Öğrenci merkezli model*: Öğrencilerin fikirleri oldukça güçlü ve değişime karşı dirençlidir. Bununla birlikte bu fikirler fen öğretimi ile etkileşim içerisinde. Son olarak araştırmada, fen derslerinin öğrencilerin kavram yanılgıları ile mücadele edebilmelerini sağlayıcı şekilde tasarlanması gerektiği ifade edilmektedir.

Ivowi (1984) Nijerya’da lise öğrencilerinin (15–17 yaşları arasında) fiziğin çeşitli konularındaki yanlışlarını belirlemek için 20 maddeden oluşan çoktan seçmeli bir test uygulamıştır. Testin hazırlanmasında Helm’in (1980) çalışmasından yararlanılmıştır. Testte Newton’un üçüncü kanunu (etki-tepki) ile ilgili üç soruya yer verilmiştir. Birinci soruda, masanın üzerindeki bir bloğa ip yardımıyla bağlanan başka bir blok masadan aşağıya sarkıtılmıştır. Masanın üzerindeki bloğa kuvveti kimin uyguladığı sorulmaktadır. Bu soruya 258 öğrenciden sadece 12’si ip yanıtını vermiştir. İkinci soruda bir iple masanın bacağına bağlı olan adamın ipi çektiği ve buna göre adama tepki kuvvetini neyin uyguladığı sorulmaktadır. Bu soruda ip yanıtını verenlerin sayısı 72’dir. Bu sorularda öğrencilerden temas kuvvetlerini anlamaları beklenmektedir. Üçüncü soruda masa üzerinde duran bir nesneye etki eden kuvvetler ile ilgili yanlış ifadenin bulunması istenmektedir. Buna göre öğrencilerin 141’i masa ile nesne arasında sürtünmenin olmadığı şeklindeki yanlış ifadeyi işaretlemişlerdir. Sonuç olarak, kavram yanlışlarının öğretim, günlük dili kullanma ve maddi dünyadaki günlük deneyimler gibi üç temel nedenden kaynaklanabileceği ifade edilmektedir. Bu yanlışların üstesinden gelebilmek için, öğretmenin sınıfta öğrencilerinin zihinsel gelişimlerine uygun bir ortam oluşturması ve iyi rehberlik etmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Maloney (1984), öğrencilerin Newton’un III. kanunu ile ilgili fikirlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmada, etkileşim halindeki nesnelerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler hareket eden sistemlerde incelenmiştir. 112 lise öğrencisinin oluşturduğu örnekleme yanıtlarının nedenlerini de açıkladıkları 24 sorudan oluşan çoktan seçmeli bir test uygulanmıştır. Testteki sorularda düz bir zemin üzerinde duran iki blokla ilgili iki özellik söz konusudur. Birinci özellik blokların kütlelerinin eşit ve farklı olduğu durumlar, ikinci özellik sistemin hareketsizlik, sabit hızla hareket veya sabit ivmeli hareket şeklindeki durumlarını içermektedir. Bu sorulara verilebilecek olası yanıtlar için 5 kategori oluşturulmuştur. Tanımlanan bu 5 kuralı öğrencilerin %63’ünün okul bilgilerine karşı kullandığı belirlenmiştir. Bu kurallardan öğrenciler tarafından en çok kullanılan iki tanesi şöyledir: 1) Durgun haldeyken etkileşim halindeki nesnelerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir, fakat hareketli sistemlerde harekete neden olan nesne daha büyük bir kuvvet uygular (%19), 2) Durgun haldeyken etkileşim halindeki nesnelerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir, fakat hareketli sistemlerde kütlesi büyük olan daha büyük bir kuvvet uygular (%16). Sonuç olarak, doğrudan etkileşen nesneler arasındaki kuvvetleri

gözlemek mümkün olmadığından öğretmenlerin sınıf içinde etkinlikleri özenli bir şekilde planlaması gerektiği belirtilmektedir.

Boeha (1990) Papua Yeni Gine’de 12. sınıf lise fizik öğrencilerinin kuvvet kavramını içeren olaylarda Aristotle’ye ait görüşleri ne derece tuttuklarını belirlemek amacıyla bir araştırma yapmıştır. *Örnekler hakkında mülakat yöntemi* ile yürütülen çalışmada öğrencilere iki durum sunulmuştur. 1. durum yukarı doğru vurduktan sonra golf topunun yörüngesi, 2. durum maksimum yüksekliğe çıktıktan sonra aşağı doğru aynı golf topunun yörüngesi ile ilgilidir. Öğrencilerin Aristotle’ye benzeyen düşüncelerini; tasarlanmış kuvvetler, hareket ettirici kuvvetler, işleyen kuvvetler, karşılaşan kuvvetler, etki kuvvetleri ve konum kuvvetleri şeklindeki kategorilere göre incelemiştir. Sonuç olarak, çoğu lise öğrencisinin Aristotle’nin fikirlerini benimsediği görülmüştür. Bu araştırmanın sonuçlarına bakarak öğretmenlerin öğrencileri için uygun öğretim stratejilerini belirleyebileceği ifade edilmiştir.

Trumper ve Gorsky (1996) fizik öğretmen adaylarının kuvvet kavramları ile ilgili düşüncelerini belirlemek amacıyla enlemsel bir çalışma (cross-college age) yürütmüşlerdir. Araştırmaya İsrail’deki farklı okullardan toplam 68 (16’sı birinci, 12’si ikinci, 21’i üçüncü ve 19’u dördüncü sınıftan) fizik öğretmen adayı katılmıştır. Araştırmada, öğrencilerin sınıf düzeylerine göre kavram yanlışlarında benzerlikler olduğu belirlenmiştir. Bazı öğrenci düşünceleri maddeler halinde şöyle özetlenmiştir: 1) Fizik öğretmen adayları, çoğunlukla ağırlığın bir kuvvet oluşunun farkındadırlar ancak, yönünü belirtmede güçlüklerle sahiptirler. 2) Çok sayıda öğrenci, sabit hızla hareket eden cisme etkiyen kuvvetlerin hareket boyunca dengelendiğini belirtememekte ve yine birçoğu hareketlinin sabit ya da değişen bir hıza sahip olup olmadığına karar verememektedir. 3) Öğrenciler tepkiyi bir kuvvet olarak tanımlarken ve yönünü belirtirken oldukça kararsızdırlar. 4) Öğrencilerin birçoğu kuvveti basit bir itme veya çekmenin etkisi olarak tanımlamaktadırlar. 6) İçsel kuvvetin (impetus teorisi) varlığını yok saymada başarısızlar ve nesnenin hareket yönünde net bir kuvvetin etki ettiğini düşünmektedirler. Bu bağlamda, geleceğin öğretmenlerinin anlamalarını geliştirmek için hizmet öncesi eğitime yapılandırmacı öğrenme kuramının adapte edilmesi gerektiğini önermektedirler.

Yip vd. (1998) fizikle ilgili bazı kavramlarda öğretmenlerin kavram yanlışlarını ve konu alanı bilgilerini belirlemeye yönelik bir araştırma yürütmüşlerdir. Hong Kong’da yürütülen araştırmada, 55 okuldan 1 ile 32 yıl arasında deneyime sahip 147 lise öncesi öğretmenlerine 36 maddeden oluşan bir doğru-yanlış testi uygulanmıştır. Test fiziğin

enerji, ısının iletimi, elektrik, kuvvet ve iş gibi konularını kapsamaktadır. Kuvvet ve iş başlığı altında kuvvetin etkileri, sürtünme, yerçekimi, Newton'un üçüncü kanunu ve iş gibi konular ele alınmıştır. Testin uygulanması sonucu en az yirmi kavram yanlışlığı ortaya çıkmıştır. Bu yanlışlıklara sahip öğretmenlerin oranının ise %40 olduğu ifade edilmektedir. Özellikle bu araştırmanın üzerinde durduğu kavramlarla ilgili öğretmenlerin yanlışlarından bazıları “etki ve tepki kuvvetleri aynı nesneye etki eder”, “el arabası çekilirken etki kuvveti tepki kuvvetinden daha büyüktür” gibidir. Bunun üstesinden gelebilmek için öğretmenlere öğretim materyalleri, alternatif öğretim kaynakları ve fen konuları ile ilgili bilgilerin sağlanması ve fen öğretimindeki araştırmalar üzerine seminerlerin daha çok düzenlenmesi gerektiği önerilmektedir.

Montanero vd. (2002) tarafından yürütülen bu araştırma, Montanero vd.'nin 1995 yılında yaptıkları çalışmanın devamı niteliğindedir. İki nesne arasındaki statik etkileşimle ilgili öğrencilerin dolaylı olarak anlaşılan teorilerinin (implicit theories) incelendiği bu araştırmada, farklı kütlelerde ve üst üste duran nesnelerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler hakkında öğrencilerin görüşlerini belirlemek için, çoktan seçmeli bir test uygulanmış ve öğrencilerden yanıtlarını kısaca açıklamaları istenmiştir. Örneklem ilköğretim, ortaöğretim, üniversite ve üniversiteden mezun olan 571 kişiden oluşmaktadır. Elde edilen bulgular, bu kişilerin 420'sinin (%73,5) etki-tepki kanununu yanlış uyguladığını ve devamlı dolaylı teorileri uygulayan öğrencilerin oranının ise %17,2 olduğu göstermiştir. Testin birinci maddesi ile ilgili 13 yaşındaki bir öğrencinin yorumu; “A kuvvet uygulayandır, çünkü B'nin üzerindedir ve kütlelerini B'ye uygular”, bir kimya mezununun yanıtı ise “uygulanan tek kuvvet üstteki taştan gelmektedir, çünkü B tarafından uygulanan kuvvet ağırlıktır ve aşağıya doğru gider” şeklindedir. Araştırmanın sonucunda, eğitim seviyesi yükseldikçe yanlış yanıtların oranının azaldığı görülmüştür. Bu bağlamda, öğrencilerin kavramlar hakkındaki düşüncelerinin temelini oluşturan dolaylı olarak anlaşılan teorilerini anlamak için testlerin uygulanması gerektiği ve böylece öğrencilerin mevcut yanlışlarının azaltılabileceği ifade edilmektedir.

Jimoyiannis ve Komis (2003) kuvvet ve hareket konusunda yürüttükleri araştırmada, Yunanistan'daki lise öğrencilerinin yalnızca yerçekimi kuvvetinin etkisi altında hareket eden nesnelere etki eden kuvvetler hakkındaki fikirlerini araştırmayı amaçlamışlardır. 15 ve 16 yaşlarındaki toplam 146 öğrenciye 3 sorudan oluşan bir anket uygulanmıştır. Uygulama sonunda öğrencileri üç gruba ayırmışlardır. Büyük çoğunluğu oluşturan birinci gruptaki öğrenciler “net kuvvet topa hareketi süresince devamlı olarak etki eder” fikrine

sahiptirler. İkinci gruptakiler genel olarak anketin üç sorusuna da doğru yanıt vermişlerdir. Üçüncü gruptaki öğrenciler yerçekimi kuvvetinin varlığını önemsememektedirler ve hareket halindeki topa etki-tepki kuvvetlerinin etki ettiğini düşünmektedirler. Geleneksel yaklaşımların istenilen başarıyı sağlamayacağına dikkat çekilen çalışmada, öğrencilerin aktif olduğu, kavramsal değişimi gerçekleştirmeye yönelik bilişsel çatışma durumlarını sunan fizik laboratuvarlar deneylerinin sunulması gerektiği belirtilmiştir.

Kurt ve Akdeniz (2004a) farklı öğrenim düzeyindeki öğrencilerin kuvvetle ilgili yanılgılarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Örnekleme, lise ikinci sınıf öğrencileri ve birinci ve dördüncü sınıftaki fen bilgisi öğretmen adayları oluşturmaktadır. Her gruptan 60'ar kişi olmak üzere toplam 180 öğrenci ile yürütülen araştırmada, 3 tane açık uçlu sorudan oluşan bir test kullanılmıştır. Araştırmada en yaygın olarak belirlenen *“İtilerek zemin üzerinde kaymaya bırakılan bir bloğa hareket yönünde bir kuvvet etki etmeye devam eder”* şeklindeki yanılgıya lise ikinci sınıf öğrencilerinin %55'inin, Fen Bilgisi Öğretmenliği birinci ve dördüncü sınıf öğrencilerinin %83'ünün sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmada tespit edilen diğer yanılgılardan bazıları; “Havaya fırlatılan top maksimum yüksekliğe çıkınca ona hiç bir kuvvet etki etmez, çünkü hızı sıfırdır”, “Yerin tepki kuvveti N cisim yere değmediğinde de etki eder”, “Bir cismin hızlanabilmesi için uygulanan kuvvetin artırılması, sabit hızla gidebilmesi için sabit bir kuvvetin etki etmeye devam etmesi gerekir” şeklindedir. Araştırmadaki önemli sonuçlardan biri, kuvvet kavramı ile ilgili elde edilen yanlış anlamaların yaşa veya sınıfa bağlı olmaksızın öğrenciler arasında benzerlikler gösterdiğiidir. Bu bağlamda araştırmacılar, öğrencilerin kavram yanılgılarını giderebilmek için ön bilgilerinin tespit edilmesi, uygun ve derinlemesine kavram öğrenimi sağlayan etkinliklerin geliştirilmesi ve uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi gerektiğini önermektedirler.

Katipoğlu ve Gürel (2005) öğrencilerin Newton'un III. hareket kanununu araba çarpışmalarına uygulama becerilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada, 10. sınıfta geleneksel öğretim yoluyla ders almış 243 öğrenciye uygulanan iki açık uçlu soruya ait bulgular sunulmuştur. Öğrencilere, aynı hızla giden ve aynı maddeden yapılmış bir kamyonla bir taksi aynı yapıdaki bir duvara çarptıklarında hangisinin daha çok hasar göreceği sorulduğunda yaptıkları bazı açıklamalar ve öğrenci sayıları şöyledir: (a) Taksinin kütlesi az olduğu için çarpışması şiddetli olur (63 öğrenci). (b) Aynı maddeden yapıldıkları, kütleleri ve hızları eşit olduğu için momentumları ve dolayısıyla kuvvetler eşittir. Kuvvetler eşit olduğu için hasarları da eşittir (40 öğrenci). (c) Aynı hızla gittiklerine göre,

kütlesi büyük olan kamyonun momentumu, dolayısıyla duvara uyguladığı kuvvet fazladır. Her etkiye karşılık bir tepki olduğu için duvar da kamyonu büyük bir kuvvetle karşılık verecek, dolayısıyla kamyonun gördüğü hasar fazla olacaktır (42 öğrenci). İkinci soruda öğrencilere, karşıdan kendilerinininkine özdeş ve aynı hızla gelmekte olan arabaya mı yoksa büyük ve sağlam bir ağaca mı çarpmayı tercih edecekleri sorulmuştur. Bu soruya verilen bazı yanıtlar ve öğrenci sayısı şöyledir: (a) Hızlı cisimler çok fazla tepki verirler, buna karşın durgun cisimlerin tepkisi daima az olduğundan daha az hasar verirler (81 öğrenci). (b) Hem kütleler hem de hızlar eşit olduğu için iki araç birbirlerinin tepkisini sıfırlar. Bu nedenle iki araba birbirine az hasar verir. (20 öğrenci). (c) Araba ile toplam hızım daha fazla olacağından durgun olan ağaca çarpmayı tercih ederim. Çünkü ağaç toplam hıza göre daha az tepki vereceğinden hasar daha az olur (24 öğrenci). Öğrencilerin kavramları yeterli düzeyde zihinlerinde değerlendirip yorumlayamadıkları ve bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirme seviyelerinin oldukça düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, araştırmacılar bu problemlerin çözümüne yönelik herhangi bir öneride bulunmamışlardır.

Bayraktar (2006) fizik öğretmen adaylarının kuvvet ve hareket kavramları ile ilgili yanılgılarını belirlemeyi amaçlamıştır. Örneklemini birinci sınıftan dördüncü sınıfa kadar her seviyeden farklı sayılarda olmak üzere toplam 79 fizik öğretmen adayı oluşturmaktadır. Yazar, bunun için 29 çoktan seçmeli soru içeren Kuvvet Kavramı Envanteri (FCI) testini kullanmıştır. Testten elde edilen veriler üzerinde yapılan istatistik işlemler, doğru yanıtların oranı bakımından cinsiyet açısından anlamlı bir farkın olmadığını, eğitim seviyesi yükseldikçe tamamen ortadan kalkmasa bile kavram yanılgılarında bir azalma olduğunu göstermiştir. Literatürdeki çalışmalara göre bu araştırmada, öğrencilerin Newton'un üçüncü kanununda daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Öğrencilerin en çok "içsel kuvvet" ve "aktif kuvvet" fikirlerini tuttukları ortaya çıkmıştır. Yazar bu araştırmadaki sonuçlarla dünya literatüründeki araştırmaların sonuçları arasında bir karşılaştırma yaparak, dünyanın neresinde olursa olsun bireylerin benzer fikirlere sahip olduklarını ortaya koymuştur. Bu yanılgıların üstesinden gelebilmek için; grup tartışması, eşli öğretim, bilgisayar destekli öğretim ve işbirlikli öğrenme çeşitleri gibi etkileşimli ve yapılandırmacı metotların kullanılması gerektiği önerilmektedir.

1.6.2. Çalışma Yapraklarına Yönelik Yürütülen Araştırmalar

Çalışma yapraklarına yönelik fen bilimlerindeki araştırmaların az olması nedeniyle bu kısımda, fizikle birlikte diğer fen dallarında da gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde yürütülen çalışmalar incelenip sunulmuştur.

Çalışma yaprakları, öğrencilerin ne yapması gerektiğinin belirtildiği işlem basamaklarını içeren, bilgilerini kendi zihinlerinde kendilerinin kurmalarına yardım eden ve aynı anda bütün sınıfın verilen etkinliğe katılımını sağlayan önemli araçlar olarak tanımlanmaktadır (Sands ve Özçelik, 1997; YÖK, 1998; Atasoy ve Akdeniz, 2006).

Hand ve Treagust (1991) tarafından yürütülen araştırmada, öğretmenlerin öğrencilerin kavram yanlışlarını sınavabilmelerine yardım etmek için yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun fen öğretim programını nasıl tasarlayabilecekleri sorusuna odaklanılmıştır. Bu bağlamda, ön mülakatlarla belirlenen öğrenci yanlışlarını gidermek amacıyla yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun olarak “asitler ve bazlar” ünitesi ile ilgili 7 çalışma yaprağı geliştirilmiştir. Materyaller geliştirilirken yapılandırmacı öğrenme kuramının bir şekli olan “kavram uyuşmazlığı öğretim stratejisi” kullanılmıştır. Çalışma yaprakları üç bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler (1) öğrencilerin önceden belirlenen ilgili yanlış anlaması, (2) etkinlik ve (3) sorular şeklindedir. Her çalışma yaprağı belirlenen yanlış anlamalardan birini hedef aldığından etkinliğe başlanmadan önce öğrencilerden mevcut yanlış anlamayı kabul ya da reddetmeleri istenmiştir. Daha sonra her bir etkinlik gerçekleştirilmiş ve etkinlikler sonucunda grup tartışmaları yapılmıştır. Üçüncü bölümde ise, sorularla öğrencilerin karşı karşıya geldikleri özel tutarsızlıkların giderilmesinin amaçlandığını belirtilmiştir. Bu bölümde öğrencilerin aralarında tartışmaları ve mümkün olduğunca kendi ifadelerini kullanarak yanıtlar yazmaları beklenmiştir. Uygulamalar sonunda uygulanan testle yapılandırmacı öğrenme kuramının uygulandığı sınıfın daha başarılı olduğu, öğrencilerin yaklaşık %50’sinin hem öğretilen kavramları anladıkları hem de problem çözme olaylarında uygulayabildikleri belirlenmiştir. Yapılandırmacı öğrenme ortamında belirlenen ön bilgilere göre düzenlenen etkinlikler sırasında öğrenciler kendi kavramlarını grup ve sınıf tartışmaları yoluyla yapılandırırken öğretmenin öğrenmeyi kolaylaştırıcı bir rol üstlenmesi gerektiği önerilmektedir.

Rix ve McSorley (1999) okula dayalı etkileşimli fen merkezinin çocukların bütün fen eğitimine, bilgilerine, bilimsel süreç becerilerinin ve olumlu tutumlarının gelişmesine katkısını ortaya çıkarmak amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. İngiltere’de yürütülen

çalışmada, araştırmacılar okulda etkileşimli fen etkinliklerini içeren bir mini müze oluşturmuşlardır. Aksiyon araştırması yöntemiyle yürütülen bu çalışmada, araştırmacı mini müzedeki bilimsel gezide öğrencilere yardım istedikleri takdirde sergide gördükleri olayların arkasındaki bilimi anlamalarında yardım etme görevini üstlenmiştir. İlköğretim 6. ve 7. sınıftan toplam 26 kişiden oluşan 3 grup üzerinde yürütülen araştırmada, birinci grup müze gezisini çalışma yaprakları olmadan, ikinci grup çalışma yapraklarını kullanarak, A seviyesinde olan üçüncü grup da birinci grup gibi çalışma yaprakları olmadan yapmışlardır. Araştırmanın verileri gözlemler, video kayıtları, grup tartışmaları, öğrencilerin müze gezisinden önce ve sonra tamamladıkları anketler yoluyla elde edilmiştir. Çalışma yaprakları açısından elde edilen sonuçlardan bazıları şöyledir: 1) Çalışma yaprağı verilen öğrencilerin diğer gruplara göre anlamalarında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. 2) Çalışma yaprağı verilen gruptaki öğrencilerin ‘Ne yapmam gerekiyor?’ şeklindeki soruları daha çok sorarken, ‘Bu niçin böyle oldu?’ şeklindeki sorularında azalma olmuştur. Bunun nedeninin, öğrencilerin çalışma yaprağına yazmalarının gerekmesi olduğu belirtilmiştir. 3) Çalışma yaprağı verilen ve verilmeyen gruplar arasındaki en büyük farklılığın davranışları açısından olduğu ifade edilmiştir. Çalışma yaprağı verilen öğrencilerin kalem ve çalışma yaprakları konusunda arkadaşları ile tartıştıkları ve kavga ettikleri tespit edilmiştir. Araştırmacılar, öğrencilerin fende daha aktif olmalarını engellemek için öğretmenlerin fen gezilerinde kapalı uçlu sorular sormamaya ve öğretici bir yaklaşım kullanmamaya dikkat etmeleri gerektiğini önermektedirler.

Yiğit vd. (2001) tarafından yürütülen araştırmada, manyetik alanlar konusunun öğretiminde yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı çalışma yapraklarını geliştirmek amaçlanmıştır. Çalışma yaprağı uygulamaları, laboratuvarında üçlü ve dörtlü gruplar oluşturularak yürütülmüştür. Öğrencilerin gruplar halinde çalışmasına rağmen onlardan kendi çalışma yapraklarını bireysel olarak tamamlamaları istenmiştir. Araştırmanın bulguları 5 fizik öğretmeni ile bireysel ve 28 öğrenciyle grup mülakatları yapılarak toplanmıştır. Bu araştırma sonunda, çalışma yapraklarının bireysel çalışmalara olanak sağlayarak öğrencilerin deney düzeneği kurma, el becerilerinin gelişmesi, ölçüm yapma, verileri tabloya kaydetme, verilere göre grafik çizme gibi bilimsel süreç becerilerini kazandıkları belirlenmiştir. Çalışma yapraklarında öğrencilerin, yaprağın giriş kısmındaki karikatür, şekil, açıklama, araç-gerecin belirtilmesi, deney düzeneğinin çizilmesi, verileri kaydetmek için tabloların verilmesi ve yönergelerin olması gibi yapısal özelliklere dikkat ettikleri belirlenmiştir. Materyallerin eğlenceli hale getirilmesi, konunun özünü

oluşturması, basit araç-gereçlerle yapılabilecek deneyleri içermesi, her seviyedeki öğrenciye hitap etmesi ve kavram öğrenimine yardımcı olması gibi özellikleri taşıdıkları belirlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen mülakat bulguları, çalışma yapraklarının öğrencilerin ilgi ve dikkatini çektiğini göstermektedir. Bu durum, basit araç-gereçlerle öğrencilere sağlanan ortamlardaki öğretmen etkisinin en aza indirilmesi ve yaparak yaşayarak öğrenmeyi gerçekleştirmede çalışma yapraklarının önemli araçlar olduğunu göstermektedir. Araştırmada, çalışma yapraklarının fiziğin diğer konularında da geliştirilerek bilişsel ve duyuşsal alandaki etkilerinin belirlenmesi gerektiği önerilmiştir.

Saka ve Akdeniz'in (2001) biyoloji öğretmenlerine çalışma yaprağı geliştirme ve kullanma becerileri kazandırmak için bir yaklaşım konulu araştırmada, Trabzon il merkezindeki liselerden üç biyoloji öğretmeniyle tartışma toplantıları yürütülmüştür. İlk tartışma toplantısında duyularımız konusunda hazırlanan çalışma yaprakları tanıtılmış ve öğretmenlerin görüşleri yarı formal mülakatlarla tespit edilmiştir. İkinci tartışma toplantısında öğretmenlerin bizzat öğrenci gibi çalışma yapraklarını uygulamaları sağlanmış ve uygulamaya yönelik düşünceleri yarı formal mülakatlarla tespit edilmiştir. Çalışma sonunda öğretmenlerin çalışma yapraklarını faydalı fakat öğretim programını tamamlama zorunluluğundan dolayı zaman alıcı olarak buldukları ortaya çıkmıştır. Öğretmenlere yalnızca çağdaş öğretim yöntemleri hakkında bilgi sunulmasının yeterli olmadığı, uygulama düzeyi hakkında da bilinçlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Deneyimli öğretmenlerin çağdaş öğretim yöntemlerine dirençli oldukları belirtilmiştir. Bu bağlamda, öğretmenlerin çalışma yaprağı geliştirme ve kullanma becerileri kazanmaları için hizmet öncesi ve hizmet içi kurslarla eğitilmeleri gerektiği önerilmiştir.

Coştu vd. (2003) tarafından yürütülen araştırmada, kavram öğretiminde öğretmene rehberlik edecek bir çalışma yaprağı geliştirmek amaçlanmıştır. Çalışma yaprağını hazırlamadan önce durum tespiti için 36 lise öğrencisi ile bireysel ve grup mülakatları yapılarak basıncın kaynama sıcaklığına etkisi ile ilgili yanılgılar tespit edilmiştir. Bu yanılgıları gidermek ve etkili kavram öğretimini sağlamak amacıyla yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun bir çalışma yaprağı geliştirilmiştir. Çalışma yaprağının uygulanması 24 kişilik bir lise ikinci sınıfında grup çalışması ve tartışması yoluyla öğretmen rehberliğinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonunda materyalin değerlendirme bölümündeki sorulara öğrencilerin verdikleri cevaplardan elde edilen bulgular, çalışma yapraklarının öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgılarını gidermede etkili olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, öğretmenlerin hizmet öncesi dönemde çalışma yaprağı

geliştirme konusundaki bilgi ve becerileri kazanmaya yönelik eğitilmeleri gerektiği önerilmiştir.

Cahyadi (2004) etkileşimli katılım metodu ile yapılan öğretimin öğrencilerin kuvvet kavramını anlamalarına etkisini araştırmıştır. Bu öğretim metodu akran öğretimi, çalışma yapraklarının kullanımı, yapılandırmacı sınıf diyalogları ve sınıf içi gösterimleri gibi etkinlikleri içermektedir. Örneklemini Endonezya'daki özel bir üniversitenin mühendislik fakültesi birinci sınıf öğrencilerinin oluşturduğu araştırma deneysel yaklaşımla yürütülmüştür. Kontrol grubunda 255, deney grubunda ise 149 öğrenci bulunmaktadır. Öğretim metodunun etkililiğini belirlemek için yapılan uygulamalar; “Kuvvet Kavramı Envanteri” ile kavramsal anlamının ölçülmesi, sınav puanları ile problem çözme becerilerinin ölçülmesi ve bir anketle yeni metoda karşı öğrencilerin tutumlarının belirlenmesi şeklindedir. Araştırmanın sonunda deney sınıfı öğrencilerinin kavramsal anlamalarında ve problem çözme becerilerinde önemli bir gelişme olduğu belirlenmiştir. Kavram yanlışlarını gidermek amacıyla uygulanan bu özel öğretim metodundan önce öğrencilerin doğru yanıtlarının oranı %20 iken, uygulamadan sonra yaklaşık %48'e çıkmıştır. Öğrencilerin etkileşimli metotlara olumlu bir tutum geliştirdikleri ancak yine de, öğrenciler tercihlerini geleneksel öğretimden yana kullanmışlardır. Araştırmacı bu durumun nedenini öğrencilerin ve eğitimcilerin en iyi bildikleri metodun geleneksel öğretim yaklaşımı olmasına bağlamaktadır. Bu bağlamda bir gelişimin sağlanabilmesi için yeniliklerin yapılması gerektiğinin farkına varacak açık görüşlü bireylerin yetiştirilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Demircioğlu vd. (2004) maddenin tanecikli yapısına ilişkin kavram yanlışlarının giderilmesinde çalışma yapraklarının etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Yarı-deneysel yöntemle yürütülen araştırmada, çalışma yapraklarının sınıf öğretmen adaylarının konu ile ilgili kavram yanlışlarını gidermeye etkisini belirlemek amacıyla ön ve son test uygulanmıştır. Yapılandırmacı öğrenme kuramının kavram yanlışlarını gidermeye etkisinden yararlanarak iki farklı çalışma yaprağı geliştirilmiştir. Öğrencilerin grup tartışmaları yapmaları ve tartışmalar sonunda her öğrencinin çalışma yapraklarını bireysel olarak yanıtlamaları sağlanmıştır. Öğrencilerin çalışma yaprağının her bir bölümündeki sorulara verdikleri yanıtlardan kavram yanlışlarının büyük oranda azaldığı görülmüştür. Yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun hazırlanan çalışma yaprakları ile onların sahip oldukları kavram kargaşasından kurtularak soyut düşünceleri ve karşılaştıkları durumları zihinlerinde anlamlılaştırabilmeleri büyük ölçüde sağlanmıştır. Çalışma yaprağının

öğrencilerin bu konudaki anlama güçlüklerini ortadan kaldırılması açısından olumlu etkileri olduğu ortaya konulmuştur.

Atasoy ve Akdeniz (2006) yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun olarak enerji konusunda geliştirilen çalışma yapraklarının uygulama sürecini değerlendirmek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada 5 çalışma yaprağı kullanılmıştır. 5 fizik öğretmenin çalışma yaprakları hakkındaki görüşleri belirlendikten sonra, 24 kişiden oluşan bir lise ikinci sınıfta grup ve bireysel çalışma yöntemleri kullanılarak uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Dersler öğretmen ve öğrencilerle yürütülen mülakatlar ve gözlemler yoluyla değerlendirilmiştir. Aynı zamanda öğrencilerin tamamladıkları çalışma yaprakları incelenmiştir. Bu çalışmada, öğretmenlerin çalışma yapraklarını fizik derslerinde kullanmaya istekli oldukları ortaya çıkmıştır. Ayrıca, çalışma yapraklarının yapılandırmacı sınıf ortamında öğrencilere yeterince rehberlik ettiği ve düşüncelerini rahatlıkla ifade etmenin yolunu gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, çalışma yapraklarının gözlem yapmayı, ölçümler almayı ve sonuçlar çıkarmayı geliştirmesi ve öğrenmeyi zevkli hale getirmesi bakımlarından faydalı olduğu ifade edilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda mevcut kavram yanlışlarının tespit edilmesi ve çalışma yapraklarının bunları gidermedeki etkililiği üzerine çalışmaların yapılması gerektiği önerilmiştir.

Gürses vd. (2006) 6.sınıf düzeyine yönelik durgun elektrik konusunda, 5E modeline uygun geliştirilen çalışma yapraklarının öğrencilerin başarısı üzerine etkisini araştırmışlardır. Deneysel yöntemle yürütülen çalışmada, materyallerin etkisini belirlemek için uygulamadan önce ve sonra olmak üzere 40 kişiden oluşan deney ve kontrol gruplarına çoktan seçmeli bir başarı testi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular, çalışma yapraklarının öğrenci başarısına, kavram öğrenmeye ve bilimsel becerilerin gelişmesine olumlu katkısı olduğunu göstermiştir. Bu başarının, çalışma yapraklarında yer alan karikatür ve resimlerin, ilginç etkinliklerin yanı sıra günlük hayatla kurulan bağlantıların ve değerlendirme kısımlarında yer alan oyun, bulmaca gibi etkinliklerin öğrencilerin ilgisini çekmesinin, dolayısıyla uygulamalarda öğrenmeye ve paylaşma isteklerinin bir sonucu olduğu belirtilmiştir. Daha sonraki araştırmalarda, öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal yapılarının nasıl etkilendiğini belirleyebilmek için uzun süreli ve kapsamlı sınıf gözlemlerinin yapılması gerektiği önerilmiştir.

1.6.3. Kavram Karikatürlerine Yönelik Yürütülen Araştırmalar

Bu kısımda, öncelikle kavram karikatürleri teorik olarak kısaca açıklanmıştır. Kavram karikatürlerinin yanılırları gidermesi üzerine yapılan çalışmaların oldukça az olması nedeniyle, bunların birçok değişken üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalara da bu kısımda yer verilmiştir.

Kavram karikatürlerinin öğretme ve öğrenme amaçları için; okuma becerilerini, sözcük dağarcığını, problem çözme becerilerini, yazma ve düşünme becerilerini geliştirmek, motivasyonu artırmak, bilişsel karmaşanın çözümüne katkıda bulunmak ve söylenmeden anlaşılan bilimsel bilgileri ortaya çıkarmak gibi farklı amaçlar için kullanıldığı belirtilmektedir (Naylor ve Keogh, 1999). Bunlara ek olarak, kavram karikatürleri en yaygın olarak kavramsal anlamayı geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Naylor ve Keogh, 1999; Kabapınar, 2005; Akdeniz ve Atasoy, 2006). Stephenson ve Warwick (2002) kavram karikatürlerinin öğretmenin öğrencilerin kavramlar hakkındaki mevcut bilgilerini belirleyecek daha sonra yürüteceği öğretim etkinliklerini şekillendirmesine katkı sağladığını ifade etmektedir. Ayrıca, kavram karikatürlerinin öğrencilerin zihinlerinde kavram kargaşası oluşmasını sağlayarak, onları araştırma yapmaya teşvik ettiği ifade edilmektedir (Naylor ve Keogh, 1999, 2000; Stephenson ve Warwick, 2002). Kavram karikatürlerinin öğretimde öğrencilerin bilimsel düşüncelerini keşfetme, onların kendi fikirlerinin farkına varmalarını sağlama, çalışma yapraklarını daha dikkat çekici hale getirme, öğretim materyalini daha etkili hale getirme ve konu sonunda öğrencileri değerlendirme gibi amaçlarla kullanılabilmesi belirtilmektedir (Keogh ve Naylor, 1999; Naylor ve Keogh, 2000).

Naylor ve Keogh (1999) tarafından İngiltere’de yürütülen araştırmada hizmet öncesi fen öğretmeni eğitiminde kavram karikatürlerinin kullanımının iki yönüne odaklanılmıştır: (a) kavram karikatürlerinin bir öğrenme ve öğretme yaklaşımı olarak kullanımını değerlendirmek ve (b) yapılandırmacı prensiplerin sınıfta nasıl kullanabildiği ile ilgili öğretmen adaylarının algılayışlarını sorgulamaktır. Öğretmen adayları sınıf temelli araştırmalarında kavram karikatürlerini tartışmayı başlatmak için bir araç olarak kullanmayı tercih etmişlerdir. Üç yıllık bir dönem boyunca 85 öğretmen adayı sınıf temelli bu araştırmada görev almışlardır. Yaptıkları bu araştırma onlara kavram karikatürlerinin sınıfta kullanımını değerlendirme ve öğretimlerinde yapılandırmacı prensipleri nasıl uygulayabilecekleri üzerine düşünme fırsatları sağlamıştır. Veriler her öğretmen adayından

gelen bireysel yazılı geri dönütlerden, sınıf temelli araştırma tamamlandıktan sonra kapsamlı üniversite temelli grup tartışmasından ve üç yıllık dönem boyunca 10 öğretmen adayı ile yürütülen derinlemesine mülakatlardan sağlanmıştır. Sonuç olarak, öğretmen ve öğretmen adaylarının kavram karikatürlerini öğrencilerin mevcut yanlışlarını gidermek için kullanabilecekleri belirtilmiştir. Yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun yürütülen derslerde, öğrencilerin mevcut fikirlerinin ortaya çıkarılması, tartışmalara katılmalarının sağlanması, araştırmalara teşvik edilmesi ve güdünün devamlılığının sağlanması gibi uygulamalarda yaşanan güçlüklerin ve belirsizliklerin üstesinden gelebilmek için kavram karikatürlerinin bir kolaylaştırıcı olarak kullanılabilmesi ifade edilmektedir.

Kinchin (2004) İngiltere’de toplam 349 lise öğrencisi ile yürüttüğü çalışmada, öğrencilerin objektivist ve yapılandırmacı öğrenmeden hangisini tercih ettiklerini araştırmayı amaçlamıştır. Bu amaçla biri objektivist öğrenmede diğeri yapılandırmacı öğrenmede öğrenci ve öğretmen rollerini diyalog şeklinde gösteren iki kavram karikatürü tasarlanmıştır. Burada kavram karikatürleri bir veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Öğrencilere bu iki kavram karikatüründeki diyalogları incelemeleri, daha sonra bu iki sınıftan hangisinde öğrenci olmak istediklerini nedeni ile birlikte açıklamaları istenmiştir. Öğrencilerin %88,8’inin yapılandırmacı öğrenmeyi tercih ettikleri belirlenmiştir. Öğrenciler yapılandırmacı öğrenme ortamlarının daha ilginç ve anlamanın gelişmesinde daha etkili olduğunu, kendi öğrenmelerinde daha büyük sorumluluk almalarına izin verdiğini düşünmektedirler. Bu bağlamda araştırmada, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının etkili bir şekilde uygulanabilmesi için öğrencilerin ihtiyaçlarının göz önünde bulundurularak onlarla diyalog içinde olunması gerektiği önerilmektedir.

Kabapınar (2005) kavram karikatürüne dayalı öğretimin öğrencilerin kavramsal öğrenmeleri üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmacı, problemlerine dayalı olarak iki araştırma yöntemini kullanmıştır. Bunlar, *tek gruplu ön test-son test deneysel desen* ve *örnek olay çalışması*dır. Araştırmalarda temel veri toplama araçları, kavram karikatürü şeklindeki sondaj soruları ve uygulamaların video kayıtlarıdır. Kavram karikatürleri ilköğretim fen bilgisi konularından olan madde ve ısı ünitelerinden poster ve çalışma yaprağı formatında tasarlanmıştır. 4. ve 5. sınıflardan toplam 84 öğrenci ile yürütülen uygulamalarda elde edilen sonuçlara göre kavram karikatürlerinin; 1) sınıf içi tartışmalar sırasında öğrencilerin bireysel düşünce biçimlerini, sınıftaki diğer düşünce biçimlerinden etkilenmeksizin açığa çıkarabildiği, 2) etkili bir sınıf içi etkileşim ve takip edici soruların eşliğinde, öğrencilerde mevcut olan yanlışların altında yatan nedenleri

açığa çıkarılmasına ve tartışmalara ortam hazırlayarak öğrencileri araştırmaya sevk edebildiği, 3) yüksek motivasyon sağladığı, 4) yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, poster ve çalışma yaprağı formatında sunulmuş olan öğretimin öğrencilerde mevcut kavram yanlışlarını gidermede başarılı olduğu belirlenmiştir. Araştırmada, kavram karikatürlerinin özellikle, öğrencilerin ön bilgilerinin belirlenmesinde ve sahip oldukları kavram yanlışlarının farkında olarak bunları gidermeye yönelik veya kavramsal yapılanmayı sağlamak için yürütülen etkinliklere daha istekli bir şekilde katılmalarında etkili bir öğretim aracı olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

Akdeniz ve Atasoy (2006) kavram karikatürlerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının ‘havaya fırlatılan topa etki eden kuvvetler’ ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermeye etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada, bir çalışma yaprağı geliştirmişlerdir. Çalışma, birinci sınıfta öğrenim gören 38 fen bilgisi öğretmen adayı ile yürütülmüştür. Öğrencilerin uygulamadan önce ve sonra konu ile ilgili fikirlerini belirlemek için 4 açıklama-çoktan seçmeli sorudan oluşan bir test (38 öğrenci) ve örnekler hakkında mülakat yöntemi (5 öğrenci) kullanılmıştır. Çalışma yaprağının uygulanması süresince öğretmen ve öğrenciler arasındaki birebir diyaloglara, grup ve sınıf tartışmalarına ağırlık verilmiştir. Uygulamadan önce öğretmen adaylarının havaya fırlatılan topa etki eden kuvvetler ile ilgili tam doğru yanıt verme oranı %0 ila %5 arasında iken, uygulamadan sonra bu oran önemli miktarda artarak %40’a kadar çıkmıştır. Uygulamadan önce konu ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışları %60 civarındayken, uygulamadan sonra bu oran %30’a kadar düşmüştür. Araştırmacılar test ve mülakatlarla belirlenen kavram yanlışlarındaki azalmanın ve kavramları doğru bir şekilde ifade etmedeki artmanın nedeninin, kavram karikatürü ile yürütülen dersteki tartışmaların öğrencilerin zihinlerindeki fikirleri açıklamayı ve doğru bilgileri araştırmayı teşvik etmesinin bir sonucu olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmada, fizik derslerinde öğretmen adaylarının kavramlarla ilgili tartışmalarını ve bilimsel olarak doğru kabul edilen kavramlarla ilgili daha etraflı bilgi edinebilmek için kavram karikatürlerinin kullanılması önerilmektedir.

Keogh ve Naylor (1999) fende öğrenme ve öğretmeyi desteklemede kavram karikatürlerinin etkililiğini değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla İngiltere’de 51 öğretmen ve 85 öğretmen adayından sınıflarında ışık, ses, kuvvetler, hal değişimi ve canlılar konusundaki kavram karikatürlerini normal müfredat programına dahil ederek uygulamaları istenmiştir. Öğretmen ve adaylara anketler uygulanmış ve mülakatlar

yürütülmüştür. Ayrıca, bir lise sınıfında ve fizik mezunlarının devam ettiği bir kursta gözlemler yapılmıştır. Öğretmenlerin kavram karikatürlerini tartışmayı oluşturmak, araştırmaya teşvik etmek ve öğrencilerin fikirleri ile çatışmalarını sağlamak için kullandıkları belirlenmiştir. Gözlemler sonucu kavram karikatürlerinin konuşmada isteksiz olanlara yardım ettiği ve motivasyonu artırdığı tespit edilmiştir. Kavram karikatürlerinin de diğer öğretim stratejileri gibi sürekli kullanılması sonucu etkililiğini kaybedebileceğinin göz önünde bulundurularak, aktif öğrenmeye ve kavramsal değişime katkı sağlayan diğer öğretim stratejileri ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği önerilmiştir.

Bu bağlamda, bu araştırmada çalışma yapılarında kavramsal anlamayı geliştirmek ve öğrencilerin öğrenme ortamlarında daha aktif olmalarını sağlayan kavram karikatürleri ile birlikte keşfedici laboratuvar modelinin de kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

1.6.4. Keşfedici Laboratuvar Modeline Yönelik Yürütülen Araştırmalar

Bu kısımda, öncelikle keşfedici laboratuvar modeli açıklanmış ve daha sonra bu modele yönelik yürütülen araştırmalar özetlenmiştir.

Keşfedici laboratuvar modeli, laboratuvar veya etkinliklerin yürütülebildiği öğrenme ortamlarında öğrenilen bilginin öğrencinin zihninde yapılandığı fikrini esas almaktadır. Keşfedici laboratuvar modeli laboratuvar öncesi tartışma, deney tasarlama ve yürütme aşaması ve laboratuvar sonrası tartışma olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir (Ditzler ve Ricci, 1994; Çepni ve Kurt, 2004; Ayas vd., 2005). Bu aşamalarda öğretmen ve öğrencilerin yerine getirmeleri gereken görevleri aşağıda açıklanmıştır.

a) Laboratuvar öncesi tartışma: Derse bir kavramı içeren odak sorunun sorulması ile başlanır. Daha sonra grup tartışmaları yapılarak öğrencilerden bir hipotez önermeleri beklenir. Sınıf tartışmaları ile öğrencilerin hipotezlerini desteklemek veya karşı tarafın hipotezini çürütmek için deliller sunmaları ve tahminler yapmaları beklenir. Bu sırada öğretmen tartışma sürecini takip ederek fazla gürültü ve anlaşmazlıkları çözmek için hipotezlerin sunumunda bir sıralama yapabilir (Ditzler ve Ricci, 1994).

b) Deney tasarlama ve yürütme: Öğrencilerden hipotezlerini doğrulamak için bir deney tasarımları ve deneyi yaparak veriler toplamaları istenir. Elde edilen verileri grupça tartışmaları ve daha sonra sınıf tartışması yolu ile diğer öğrencilerle verilerin tutarlılığının değerlendirilmesi beklenir (Friedler ve Tamir, 1990; Moss ve Cornely, 2001).

c) Laboratuvar sonrası tartışma: Gruplardan verileri tartışarak sonuç çıkarmaları ve bu sonuçları sınıfa sunmaları istenir. Sonuçlar sınıfça tartışılır. Bu sırada öğretmen tartışmaları kesecek hiçbir müdahalede bulunmadan sürecin aksamadan işlemlerini sağlayıcı rehberlik eder (Friedler ve Tamir, 1990; Moss ve Cornely, 2001).

Bodner vd. (1998) üniversitede keşfedici laboratuvarların genel kimya müfredatı ile birleştirildiğinde ne gibi etkiler ortaya çıkaracağını belirlemek amacıyla bir aksiyon araştırması yürütmüştür. Purdue’de fen ve mühendislik fakültesinden yaklaşık 2000 öğrenci ilk yıllarının birinci döneminde aldıkları kimya laboratuvarına keşfedici laboratuvar modeli uygulanmıştır. Uygulamalar sonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir: 1) Keşfedici laboratuvarlar büyük bir araştırma üniversitesindeki kimya müfredatı ile başarılı bir şekilde bütünleştirilebilir. 2) Genellikle, öğrencilerin keşfedici laboratuvarında kendi kararlarını vermek ve kavramları kendi kendilerine keşfetmek konularında daha çok sorumluluk almışlardır. 3) Genellikle öğrencilerin keşfedici laboratuvarlara karşı tepkileri olumlu olmuştur. 4) Keşfedici laboratuvarlara katılmak öğrencilerin öğrenmeleri üzerine etkili olabilir. Bu bağlamda, keşfedici laboratuvar dersleri düzenlenirken aşağıdaki özelliklerin dikkate alınması gerektiği önerilmektedir:

- a) Keşfedici laboratuvar dersleri düzenlenirken tek bir kavram veya problem esas alınmalıdır.
- b) Öğrencilere deneyin tasarımı ve yapımında gerekli olan bilgiler verilmelidir.
- c) Öğrenciler küçük gruplar halinde çalışarak veriler toplamalıdır.
- d) Öğrencilere deneyden elde ettikleri verilerin içindeki gizli anlamları ortaya çıkarmalarına yardım edecek sorular sorularak tartışmalar yaptırılmalıdır.
- e) Her grubun toplayıp bir araya getirdiği bilgiler sınıfta yapılacak olan tartışmalarla paylaşılmalıdır.
- f) Bilgi toplamaktan daha çok tartışmak için zaman ayrılmalıdır.

Çepni ve Kurt (2004) fen bilgisi öğretmen adaylarının kuvvet kavramı ile ilgili yanlışlarını gidermede keşfedici laboratuvar modelinin etkisini belirlemeye yönelik bir araştırma yürütmüşlerdir. Öğretmen adaylarındaki “sabit hareket sabit bir kuvvet gerektirir” yanlışını gidermek için araştırmada keşfedici laboratuvar modeli kullanılmıştır. Öğrencilerin öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını, hipotezler kurmalarını ve hipotezlerini doğrulamak için deneyler yapmalarını sağlamak için modele uygun bir etkinlik hazırlanmıştır. Etkinlik 30 birinci sınıf fen bilgisi öğretmen adayına uygulanmıştır. Uygulama süresince grup ve sınıf tartışmalarına katılma, laboratuvar araç-gereçlerini

kullanarak veri toplama ve deneyler tasarlama gibi davranışlar gözlenmeye çalışılmıştır. Uygulama süresince öğretmen adaylarının kurdukları hipotezleri ve kendilerinin planlayıp yaptıkları deneyleri mevcut bilgilerinin etkilediği belirlenmiştir. Uygulamadan sonra çizimle olayın gösterildiği iki ana sorudan oluşan “Kavram Başarı Testi” uygulanmıştır. Testten elde edilen verilerde anlama düzeyinin %70’in üzerinde ve kavram yanlışlarının oranının ise %10–20 arasında olduğu görülmektedir. Kavram başarı testinden elde edilen sonuçlar öğrencilerin etkinlik sonunda kavram yanlışlarını büyük oranda bıraktıklarını göstermiştir. Öğrencilerin ön kavramlarıyla çelişkiye düşmesinde keşfedici laboratuvar modelinin oldukça etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda araştırmanın önerileri arasında eğitim fakültelerindeki laboratuvar etkinliklerinin keşfedici laboratuvar modeline göre düzenlenmesi gerektiği yer almaktadır. Bu yolla öğretmen adaylarının kavram yanlışlarının önemli düzeyde giderilebileceğine inanılmaktadır. Kurt ve Akdeniz (2004b) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada da keşfedici laboratuvar modelinin öğrencilerin başarıları üzerinde anlamlı bir fark oluşturduğu belirlenmiştir.

1.6.5. İncelenen Literatürün Genel Değerlendirmesi

İncelenen literatür, Newton’un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili öğretimin hangi kademesinde olursa olsun öğrencilerin günümüzde bilimsel olarak geçerli olan Newton’un görüşleri (Ek 1) ile çelişen fikirlere sahip olduklarını ve bu fikirlerin de çoğunun kavram yanlışlığı içerdiğini göstermektedir (Watts ve Zylbersztajn, 1981; Clement 1982; Maloney, 1984; Boeha, 1990; Goldring ve Osborne, 1994; Montanero vd., 1995; Trumper ve Gorsky, 1996; Eryılmaz ve Tatlı, 1999; Jimoyiannis ve Komis, 2003; Kurt ve Akdeniz, 2004a; Katipoğlu ve Gürel, 2005; Bayraktar, 2006). Yukarıda incelenen çalışmalardan yararlanarak öğrencilerin Newton’un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili sahip oldukları yanlışlar genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Aristotle’ye ait görüşler (Ek 1): Öğrenciler, sürtünmesiz ortam olmasına rağmen bir cismin hareketini devam ettirebilmesi için daima hareket yönünde etki eden bir kuvvete ihtiyaç olduğunu düşünmektedirler. Bir başka ifade ile “Hareket kuvveti gerektirir” yanlışlığına sahiptirler (Clement, 1982; Boeha, 1990; Jomoyiannis ve Komis, 2003; Kurt ve Akdeniz, 2004a).

2. İçsel kuvvet teorisi (Ek 1): Öğrenciler bir cismin hareketini başlatan kuvvetin nesnenin içine girdiğini ve onu hareket halinde tuttuğunu düşünmektedirler (Trumper ve Gorsky, 1996; Kurt ve Akdeniz, 2004a; Bayraktar, 2006).
3. Öğrenciler sabit bir kuvvet etkisinde nesnelerin sabit hızla hareket edeceklerini düşünmektedirler (Gilbert ve Watts, 1983; Kurt ve Akdeniz, 2004a).
4. Öğrenciler hareket halindeki bir nesneye etki eden kuvvet ortadan kaldırılırsa nesnenin yavaşlayacağını ya da duracağını düşünmektedirler. Bir başka ifadeyle öğrenciler “Kuvvet yoksa hareket yoktur” yanılığine sahiptirler (Eryılmaz, 2002; Kurt ve Akdeniz, 2004a).
5. Etki-tepki kuvvetleri ile ilgili yanılığalar: Öğrenciler etki-tepi kanununu dinamik sistemlere uygulayamamaktadırlar (Maloney, 1984; Katipoğlu ve Gürel, 2005).

İncelenen araştırmaların çoğunda yanılığaları belirlemek amacıyla test yönteminin çoğunlukla çoktan seçmeli, zaman zaman açıklamalı-çoktan seçmeli ve açık uçlu türlerinin kullanıldığı görülmüştür. Çok az sayıda çalışma, kavram yanılığalarını belirlemek için mülakat yöntemini kullanılmıştır. Bu araştırmalarda da mülakat yöntemi olarak örnekler hakkında mülakat yöntemi tercih edilmiştir. Araştırma bulgularının test ve mülakat yöntemleri birlikte kullanılarak elde edildiği çalışma sayısı oldukça azdır.

Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili yanılığaları gidermek amacıyla yapılan araştırmalar irdelendiğinde; fen bilgisi öğretmen adaylarına yönelik çalışmaların oldukça yetersiz olduğu görülmüştür. Öğretmen adaylarının kavram yanılığaları üzerine yürütülen az sayıdaki çalışmada (Trumper ve Gorsky, 1996; Kurt ve Akdeniz, 2004a), öğretmen adaylarının nitelikli yetiştirilebilmesi için ön bilgilerinin ortaya çıkarılması ve öğretimin varsa kavram yanılığalarını gidermeye ve eksiklikleri tamamlamaya yönelik yeniden ele alınması gerektiği üzerinde durmuştur. Yapılandırmacı öğrenme kuramının öğrencileri farklı ön deneyimlere sahip bireyler olarak görmesi nedeniyle, yapılacak öğretim etkinliklerinin bunlar dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gerektiği öne çıkmıştır.

Araştırmanın temel materyali olan çalışma yapraklarının literatürde farklı amaçlar doğrultusunda uygulamalarının yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışma yapraklarının yapılandırmacı öğrenme kuramına yönelik etkinlikleri gerçekleştirme (Kurt ve Akdeniz, 2002; Akkuş vd., 2003; Atasoy ve Akdeniz, 2006), öğrencilerin öğrenme ortamında aktif olmalarını sağlama (Kurt, 2002; Cahyadi, 2004; Atasoy ve Akdeniz, 2006), kavram yanılığalarını iyileştirme (Hand ve Treagust, 1991; Demircioğlu vd., 2004) gibi

amaçlar doğrultusunda yürütülen öğretim etkinliklerinin bir parçası olarak kullanıldığı görülmektedir. Ancak, çalışma yapraklarının öğrencilerin kavram yanlışları üzerine ve öğrenci merkezli öğrenmeye etkilerini araştıran ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır.

İlgili literatürde kavram karikatürlerinin yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun yürütülen derslerde, öğrencilerin ön bilgilerini açığa çıkarmada, tartışmalara teşvik etmede, motivasyonu artırmada ve iletişim becerilerini geliştirmede etkili oldukları görülmektedir. Bunlara ek olarak, kavram karikatürlerinin kavram yanlışlarını giderme ve kavramsal anlamayı geliştirmede etkili olduğu üzerinde durulmaktadır (Naylor ve Keogh, 1999; Kabapınar, 2005; Akdeniz ve Atasoy, 2006). Ayrıca, kavram karikatürlerinin öğretmen ve öğretmen adaylarının pedagojik gelişimlerine katkı sağlamak (Keogh ve Naylor, 1999; Naylor ve Keogh, 1999) için ve bir araştırma yöntemi olarak da kullanıldığı (Kinchin, 2004; Kabapınar, 2005) görülmektedir. Bu çalışmada, kavram karikatürleri çalışma yapraklarına daha fazla görsellik kazandırma, öğrencilerin kavramlar hakkındaki fikirlerini ortaya çıkarma, tartışmalara daha çok katılmalarını sağlama, zihinlerinde kavram kargaşası oluşturma, doğru kavramları araştırmaya teşvik etme ve motivasyonu yüksek tutma gibi amaçlar için kullanılmıştır. Kavram karikatürleri ile birlikte uygulanabilmesi mümkün olan keşfedici laboratuvar modelinin de öğrencilerin kavramsal anlamalarını geliştirmede etkili olabileceği düşünülmektedir. Keşfedici laboratuvar modeline dayalı yürütülen etkinlikler sonucu öğrencilerin yanlışlarının giderilmesinde başarılar elde edildiği belirtilmektedir (Çepni ve Kurt, 2004).

Araştırıldığı çalışmaların sayısı çok az olsa da kavram yanlışlarının giderilmesinde yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulamaları arasında yer alan çalışma yapraklarının, kavram karikatürlerinin ve keşfedici laboratuvar modelinin etkili olduğu görülmektedir. Literatürde bu öğretim materyallerinin öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramına yönelik yanlışlarının giderilmesine ve öğrenci merkezli öğretime yansımalarını araştıran çalışmalara fazla rastlanılamaması araştırmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çalışma yapraklarına yönelik yukarıda özetlenen araştırmaların hiç biri çalışma yapraklarının geliştirilme ve uygulama süreci hakkında yeterli bilgi vermemektedir. Bununla birlikte, bir öğretim materyali olarak çalışma yaprakları geliştirilirken ve uygulanırken planlı bir yolun izlenmediği görülmektedir. Ayrıca, çalışma yapraklarının kavram karikatürleri ve keşfedici laboratuvar modeli ile desteklenerek yapılandırmacı öğrenme kuramının üç aşamalı modeline dayalı uygulamasına literatürde rastlanılmamıştır.

Bu bağlamda, bu araştırma ile öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları konusundaki kavram yanlışlarını gidermede etkili bir materyale kavuşulacağı ve yapılandırmacı öğrenme kuramının sınıf ortamlarında uygulanması ile ilgili araştırmalara önemli bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

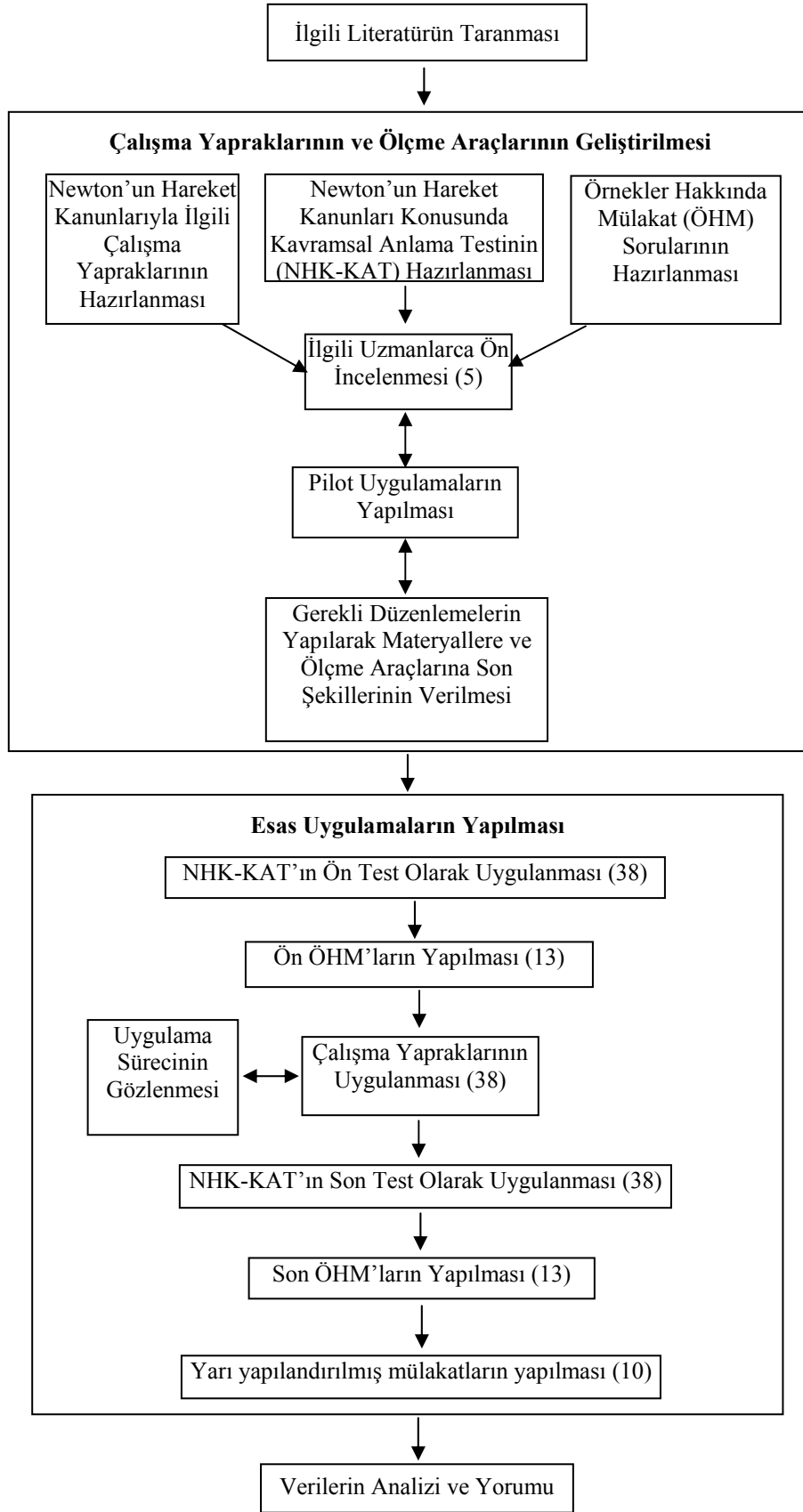
Bu çalışmada, Newton'un hareket kanunları ile ilgili Fen Bilgisi Öğretmenliği birinci sınıftaki öğrencilerin ön bilgilerini ve kavram yanlışlarını dikkate alan, yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun öğretim yöntemlerinin kullanıldığı çalışma yaprakları geliştirilerek üç aşamalı bir modele göre uygulanmış ve uygulama sonuçları değerlendirilmiştir. Bu bölümde; araştırmanın bütünüün tasarlanması, yöntemi, örneklem, çalışma yapraklarının geliştirilmesi, verilerin toplanması ve analizi konularına yer verilmiştir.

2.1. Araştırmanın Tasarlanması

Fizik eğitimi alanında yürütülen araştırmalar, ilköğretimden üniversiteye kadar öğretimin her seviyesindeki öğrencilerin, öğretmen adaylarının ve hatta öğretmenlerin kuvvet, hareket, enerji ve momentum gibi mekanik konularında anlama güçlüklerine ve yanlışlara sahip olduklarını göstermektedir (Helm, 1980; Goldring ve Osborne, 1994; Trumper ve Gorsky, 1996; Yip vd., 1998; Trumper vd., 2000; Espinoza, 2004; Kurt ve Akdeniz, 2004a). Bu bağlamda, fiziğin önemli konularından biri olarak mekaniğin temel yapı taşı oluşturulan Newton'un hareket kanunları konusunda oldukça fazla yanlışın yaşanması araştırmacının ilgisini çekmiştir. Literatürde Newton'un hareket kanunları ve kuvvet kavramı ile ilgili çok sayıda kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik araştırmanın olmasına karşın bunların giderilmesi amacıyla yürütülen çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir (Dekkers ve Thijs, 1998; Eryılmaz, 2002). Özellikle yüksek öğrenim düzeyinde bu tür çalışmalara pek rastlanılmamaktadır. Bu bağlamda, Newton'un hareket kanunları ile ilgili fen bilgisi öğretmen adaylarının kavram yanlışlarını gidermeye yönelik çalışma yapraklarının geliştirilmesine karar verilmiştir. Öğrencilerin ön bilgilerini başlangıç noktası olarak kabul eden ve bilgilerini aktif olarak yapılandırmalarına fırsat veren yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı geliştirilen çalışma yapraklarının kavram yanlışlarını gidermede etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği ilgili literatürde ifade edilmektedir (Demircioğlu vd., 2004; Atasoy ve Akdeniz, 2006). Kavram yanlışlarını gidermek amacıyla çalışma yapraklarının seçilmesinin nedenlerinden biri, yapılandırmacı

öğrenme kuramının öğrenme süreci ile bütünleşmesini kolaylaştırıcı yöntemlerden olan kavram karikatürü ve keşfedici laboratuvar modelinin makul bir sunumunu sağlamasıdır.

Bu çalışmada, Newton'un hareket kanunları ile ilgili öğrencilerin yanılgılarını gidermek ve anlamalarını geliştirmek amacıyla yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun yöntemlerin kullanıldığı çalışma yaprakları geliştirilmiştir (Ek 2). Çalışma yapraklarının konu ile ilgili yanılgıları gidemeye etkisini belirlemek için ön test ve son test olarak kullanmak amacıyla "Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testi" (NHK-KAT) geliştirilmiştir (Ek 3). Ayrıca, uygulamadan önce ve sonra yürütülecek örnekler hakkında mülakatlar (ÖHM) için soru kartları hazırlanmıştır (Ek 4). Çalışma yaprakları ile derslerin yürütülme sürecini değerlendirmek amacıyla gözlem ve mülakat yöntemleri kullanılmıştır. Bu araştırmanın tasarımı ve yürütülme sürecinin şematik yapısı Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Tezin akış şeması

2.2. Araştırmanın Yöntemi

Araştırılan konuya, probleme ve ortama bağlı olarak kullanılacak olan yöntemin değişeceği bilinmektedir. Bu alanda yürütülen araştırmalar incelendiğinde çalışmanın problemine en uygun yöntemin deneysel yöntem olduğu öne çıkmaktadır (Demircioğlu, 2003; Küçüközer, 2004). Deneysel yöntem, bir araştırmada değişkenleri ölçebilmek ve bu değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkisini ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanıldığı çalışmalarda deney ve kontrol grupları yer alır. Uygulama yürütülürken kontrol grubuna herhangi bir müdahale yapılamamakta, deney grubuna yeni yaklaşım uygulanmakta ve gruplar deneye başlamadan önce ve başladıktan sonra birer kez ölçülmektedir (Kaptan, 1998; Karasar, 1999). Deneysel yöntemin, tam deneysel yöntem ve yarı deneysel yöntem olarak iki uygulaması bulunmaktadır. Tam deneysel yöntemin en önemli özellikleri, bireylerin deneysel koşullara yansız atanması ve kontrole olanak sağlamasıdır. Bununla birlikte, bireylerin gruplara rasgele dağılması her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda ise, yarı deneysel yöntem kullanılmaktadır (Çepni, 2005). Yarı deneysel yöntemin, eşitlenmemiş gruplara yalnızca son test uygulanması, tek bir gruba ön test ve son test uygulanması ve eşitlenmemiş gruplara ön test ve son test uygulanması şeklinde farklı uygulamaları vardır. Bu araştırmada, yukarıda sıralanan yöntemlerden ikincisi kullanılmıştır. Bu yöntem “tek gruplu ön test-son test deneysel desen” olarak adlandırılmaktadır.

Tek gruplu ön test-son test deneysel desen yöntemi: Bu yöntemde göre, bir değişken uygulamadan önce ölçülmekte ve aynı değişken uygulamadan sonra da ölçülerek yine kendisi ile karşılaştırılmaktadır (Karasar, 1999). Böylece uygulamanın etkisini değerlendirmek amacıyla iki ölçüm arasındaki farklılık incelenmektedir. Herhangi bir kontrol grubu ya da karşılaştırma yapmak için bir grup kullanılmaz. Ancak, bu yöntemde göre ön test uygulayarak temelde öğrenci düzeylerinin belirlenebilmesi bir avantaj olarak görülmektedir (Nachmias ve Nachmias, 1997). Bu sayede en azından bağımlı değişkende veya sonuçta herhangi bir değişim olup olmadığının gözlenebileceği belirtilmektedir (URL-1).

Tek gruplu ön test-son test deneysel desen yönteminin en büyük eksikliği, iki ölçüm arasındaki değişimin gerçekleşme nedeninin net olarak ortaya konulamamasıdır (Karasar, 1999; URL-1). Bu araştırmada, güvenilirliği artırmak için test, mülakat ve gözlem metodlarının tümü aynı anda kullanılarak üçgenleme yapılmıştır. Böylece, ön test ve son

test ile birlikte öğrencilerin kavramlar hakkındaki görüşlerini daha detaylı araştırmak için uygulama öncesi ve sonrası mülakatların yapılması, uygulama sürecinin gözlenmesi ve uygulama sonunda öğretmen adayları ile uygulama hakkında mülakatların yapılması uygulamanın etkililiği hakkında daha net ve geçerli bilgiler sağlamıştır.

2.3. Örneklem Seçimi

Geliştirilen çalışma yapraklarının içeriğini oluşturan Newton'un hareket kanunları konusunun Fizik-I dersinin konularından olması uygulamanın üniversite birinci sınıf öğrencileriyle yapılmasını gerektirmektedir. Araştırmanın örneklemini KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programı birinci sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Tablo 2, araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının pilot uygulamalarına katılan öğrencilerin sayısını göstermektedir.

Tablo 2. NHK-KAT, ÖHM soruları ve çalışma yapraklarının pilot uygulamasına katılan öğrencilerin dağılımı

Araç	Uygulama Türü	Fen Bilgisi Öğretmenliği 1. Sınıf Öğrencileri
NHK-KAT	Testin çoktan seçmeli hale dönüştürülmesi	39
	Testin çoktan seçmeli bölümünün pilot uygulaması	85
ÖHM Soruları	Pilot	5
Çalışma Yaprakları	Pilot	11 ila 25 kişi arası değişmektedir.

Tablo 2’de de görüldüğü üzere, NHK-KAT’in pilot uygulamalarına toplam 124 Fen Bilgisi Öğretmenliği programında öğrenim gören birinci sınıf öğrencisi katılmıştır. ÖHM için hazırlanan soru kartları, aynı programdaki 5 birinci sınıf öğrencisi ile yürütülen pilot çalışma sonucunda yeniden düzenlenmiştir. Çalışma yapraklarının pilot uygulamalarına dersler dışında düzenlenen bir program kapsamında 11 ila 25 arasında değişen sayıda öğrenci katılmıştır. Uygulamalara katılma konusunda öğrencilere herhangi bir yaptırım uygulanmaması sayının belirtilen şekilde değişmesine neden olmuştur. Ancak, bu durumun

çalışma yapraklarındaki eksikliklerin belirlenmesine herhangi bir olumsuz katkısı olmamıştır.

Araştırmanın esas uygulamaları süresince veri toplama araçlarının uygulanma aşaması ve öğrencilerin sayısı Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Uygulama aşamalarına göre test ve mülakatlara katılan örneklemin dağılımı

Örneklem Grubu	Toplam Örneklem Sayısı	Uygulamalar				
Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı 1. Sınıf Öğrencileri	38	Ön Uygulamalar				
		NHK-KAT'ın Uygulanması		ÖHM'lerin Yürütülmesi		
		38		13		
		Çalışma Yapraklarının Uygulanması				
		Gözlem				
		38				
		Son Uygulamalar				
		NHK-KAT'ın Uygulanması		ÖHM'lerin Yürütülmesi	Yarı Yapılandırılmış Mülakatların Yürütülmesi	
		38		13	10	

Tablo 3'te görüldüğü gibi, çalışma yapraklarının uygulanmasından önce öğrencilerin mevcut kavram yanlışlarını ve nedenlerini belirlemek amacıyla 38 öğrenciye NHK-KAT uygulanmış ve bunlardan 13 öğrenci ile ÖHM yürütülmüştür. Uygulama sonunda aynı mülakat soruları öğrencilerdeki değişimi daha ayrıntılı incelemek amacıyla yine aynı öğrencilere sorulmuştur. Yarı yapılandırılmış mülakatlara ise 10 öğretmen adayı katılmıştır. Mülakatlara katılan öğrenciler belirlenirken istekli ve konuşmayı seven öğrenciler tercih edilmiştir. Bunun nedeni, öğrencilerden daha ayrıntılı bilgiler elde edilebileceğinin düşünülmesidir. Araştırmanın ilerleyen zamanlarında mülakatlara katılan öğrencilerin farklı bilgi seviyelerine sahip oldukları görülmüştür. Bu bağlamda, bu öğrencilerin sınıfı temsil ettiği düşünülmektedir.

2.4. Veri Toplama Araçları

Bu başlık altında çalışmada kullanılan veri toplama araçlarının hazırlanması, pilot çalışmaları ve uygulamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Çalışmanın verileri; Newton'un hareket kanunlarına yönelik kavramsal anlama testi (NHK-KAT), örnekler hakkında mülakat (ÖHM) ve yarı yapılandırılmış mülakatlar ile toplanmıştır.

2.4.1. Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinin Hazırlanması

Öğrencilerin kavramlarla ilgili yanılgılarını gidermek için öncelikle bu kavramlarla ilgili zihinlerindeki düşünceleri resmedilmelidir. Bunun için literatürde farklı araçların kullanıldığı bilinmektedir. Öğrencilerin kavramlarla ilgili düşünceleri ayrıntılı ve geniş olarak belirlemek için mülakatların (örn; klinik mülakat, örnekler hakkında mülakat) yapılması gerektiği belirtilmektedir (White ve Gunstone, 1992). Literatürdeki araştırmalarda mülakatlar (Boeha, 1990) ve bunun yanında açık uçlu soruları içeren testlerin kullanıldığı görülmektedir (Demircioğlu, 2002; Hewson ve Hewson, 2003). Literatürde yanılgıları belirlemek için en sık kullanılan yöntemlerden birinin çoktan seçmeli testler olduğunu söylemek mümkündür (Savinainen ve Scott, 2002; Jimoyiannis ve Komis, 2003; Trumper, 2003). Ancak bu yolla öğrencilerin niçin o cevabı seçtiğini belirlemek güçtür. Bu nedenle testler uygulandıktan sonra öğrencilerle mülakat yapıldığı görülmektedir (Brown, 1989; Oliva, 1999). Öğrencilerin verdikleri yanıtların nedenlerini araştırmak için açıklamalı-çoktan seçmeli testler de literatürde etkili sonuçlar vermektedir (Watts ve Zylbersztain, 1981; Eryılmaz, 2002; Montanero vd., 2002; Demircioğlu, 2003; Küçüközer, 2004). Çeldiricilerle birlikte doğru yanıtın yer aldığı seçenekleri içeren sorulardan sonra öğrencilerin niçin bu seçimi yaptıklarını açıklamaları için boşluk bırakılır. Buraya öğrencilerin yazdıkları yanıtlar ile çoktan seçmeli kısma verdikleri yanıtlar arasında ilişki kurularak veriler yorumlanır. Literatürde “teşhis edici test” olarak da geçen bu test kavram yanılgılarını belirlemek için en sık kullanılan araçlardan biridir. Ülkemizde bu türden sorulara “tanı koymaya yönelik sorular” da denilmektedir (Kocakulah, 2002).

Literatürde kavramlarla ilgili öğrencilerin görüşlerini belirlemek amacıyla bir ölçme aracı geliştirirken öncelikle açık uçlu sorular kullanıldığı daha sonra bu sorulara öğrencilerin verdikleri yanıtlardan yola çıkarak çoktan seçmeli testler oluşturulduğu görülmektedir (Küçüközer, 2004). Bu çalışmada, 20 sorudan oluşan açıklamalı-çoktan

seçmeli bir test kullanılmıştır. Bunun için öncelikle sorular açık uçlu olarak uygulanmış ve daha sonra öğrencilerin verdikleri yanıtlardan yararlanılarak, yanıt seçenekleri oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanılan testin her bir sorusunun literatürü, konusu ve belirlemeyi amaçladığı yanılığ(lar) hakkında bilgiler Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. NHK-KAT’deki soruların konuları ve belirlemeyi amaçladığı kavram yanılığları

Soru No ve Faydalanılan Kaynak	Sorunun Konusu	Kavram Yanılığsı
1 (Gunstone ve Mitchell, 1998)	Kuvveti ifade eden terimlerin seçilmesi	Kuvvetin basınç, momentum, enerji ve hareket gibi kavramlarla karıştırılması
2 (Trumper ve Gorsky, 1996)	Sarkacın tam bir salınımı	Sarkaç topunun hareket yönünde bir kuvvet etki eder Top denge durumuna geldiğinde aşağı yönde bir kuvvet etki eder
4, 5 (Trumper ve Gorsky, 1996) 9 (Kurt ve Akdeniz, 2004a)	Düşey atış hareketi yapan top Yere fırlatılan top Zemin üzerinde kayan blok	Hareketi başlatan kuvvet hareket boyunca etki etmeye devam eder
4 (Trumper ve Gorsky, 1996) 7 (Kurt ve Akdeniz, 2004a)	Düşey atış hareketi yapan top Yere çarptıktan sonra maksimum yüksekliğe çıkan top	Maksimum yüksekliğe çıkan bir cisme hızı sıfır olduğu için hiçbir kuvvet etki etmez
3 (Savinainen ve Scott, 2002) 8 (Gunstone ve Mitchell, 1998) 10 (Kurt ve Akdeniz, 2004a)	Öğrencinin avucundaki tuğlayı yukarı doğru sabit hızla yükseltmesi Kaykayla kayan bir adam Zeminde bir F kuvveti ile çekilen blok	Sabit hız sabit bir kuvvet gerektirir
10 (Kurt ve Akdeniz, 2004a)	Zeminde bir F kuvveti ile çekilen blok	Uygulanan kuvvet artarsa hız artar Hareket halindeki bir cisme etki eden net kuvvet sıfır olunca cisim durur
3 (Savinainen ve Scott, 2002) 10 (Kurt ve Akdeniz, 2004a) 12 (Montanero vd., 1995)	Öğrencinin avucundaki tuğlayı yukarı doğru sabit hızla yükseltmesi Zeminde bir F kuvveti ile çekilen blok Duvarı iten bir adam	Hareket net bir kuvvet gerektirir ya da kuvvet yoksa hareket de yoktur.
5 (Kurt ve Akdeniz, 2004a)	Yere fırlatılan top	Fırlatma kuvveti hareket boyunca etki eder
6 (Kurt ve Akdeniz, 2004a)	Yere çarptıktan sonra tekrar yükselen top	Yere çarptıktan sonra havaya yükselen cisme hareketi süresinde yerin tepki kuvveti etki eder
11 (Watts ve Zylbersztajn, 1981)	Aydaki bir nesnenin serbest bırakılması	Boşlukta kuvvet yoktur
13 (Ivowi, 1984)	Masa üzerinde duran kitap	Masa üzerinde duran cisme yerin tepki kuvvet etki eder

Tablo 4'ün devamı

13 (Iwovi, 1984)	Masa üzerinde duran kitap Birbirini iten iki çocuk	Bir sistemdeki etki ve tepki kuvvetleri birbirini yok eder
14 (Osborne ve Freeman, 1989)	Birbirini iten iki çocuk	
14 (Osborne ve Freeman, 1989)	Farklı kütlelerde birbirine yapışık iki bloğun itilmesi	Etkileşim halindeki nesnelere ağırlığı fazla olan daha büyük bir kuvvet uygular
15, 19 (Maloney, 1984)	Birbirlerine iple bağlı iki bloğun çekilmesi	
16 (Brown, 1989)	Üst üste iki blok	
17 (Brown, 1989)	Bowling topunun lobuta çarpması	İki nesne çarpıştığında hareketli olan daha fazla kuvvet uygular
18 (Savinainen ve Scott, 2002)	İki bilyenin çarpışması	Hızlı olan daha fazla kuvvet uygular
20 (Iwovi, 1984)	Makaradan geçen bir ipe asılarak ipin diğer ucundaki bloğun çekilmesi	İp kuvveti iletmez

Bu testi hazırlamak için literatürden birçok araştırmadan faydalandığı görülmektedir. Bunun nedenlerinden biri, fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenim düzeylerine uygun ve araştırılan kavramların tümünü içerebilecek bir testin oluşturulabilmesidir. Bu durumu sağlayabilmek için testin geliştirilmesinin her aşamasında olduğu gibi testin hangi sorulardan oluşacağına karar verilirken de alanında uzman öğretim elemanlarının görüşlerine başvurulmuştur.

2.4.2. Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinin Pilot Uygulaması



Öğretmen adaylarının Newton'un her üç kanunu ile ilgili kavram yanlışlarının belirlenmesi için, ilgili literatür incelenerek yaygın olan kavram yanlışları belirlenmiş ve aynı konuda hazırlanan testler incelenmiştir. Her üç kanun ile ilgili sorular araştırmacı tarafından yorumlanarak öğretmen adaylarının seviyesine uygun bir şekilde açık uçlu olarak yeniden yazılmıştır. 20 tane açık uçlu sorudan oluşan testte öğrencilerden şekil üzerinde kuvvetleri çizerek göstermeleri ve nedenini açıklamaları istenmiştir. Bu test, 39 Fen Bilgisi öğretmen adayına uygulanmıştır. Bu uygulama sonucu öğrencilerce anlaşılmayan sorular yeniden düzenlenmiştir.

Testteki soruların daha iyi anlaşılması için yapılan bazı değişiklikler: Testin birinci sorusu "...kuvvet ifadesi..." yerine "...tam bir kuvvet ifadesi..." yazılarak düzeltilmiştir. İkinci soruya "Sarkaç topunun Şekil 1'de tam soldaki, Şekil 2'de tam ortadaki ve Şekil 3'te

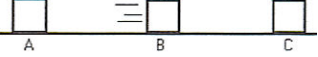

tam sağdaki pozisyonu verilmiştir” cümlesi ilave edilmiştir. On birinci soru “...şekildeki gibi bırakmaktadır...” yerine “...bıraktığı anı göstermektedir...” ve “...anahtara etkiyen kuvvet...” yerine “...Bu andan sonra anahtara nasıl bir kuvvet etki edecektir...” yazılarak yeniden düzenlenmiştir. 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19. sorularda sürtünme olmadığı belirtilmiştir. Yirminci soru “...Şekilde görüldüğü gibi bir blok zeminde kaymaktadır...” yerine “...Ali’nin tutunduğu ipin bağlı olduğu blok zemin üzerinde kaymaktadır...” şeklinde yazılarak düzeltilmiştir.

Bu sorulara verilen yanıtlardan ve literatürdeki kavram yanlışlarından yararlanarak test çoktan seçmeli hale dönüştürülmüştür. Öğrencilerin niçin o seçeneği seçtiklerini açıklamaları için her sorunun sonuna “Açıklama” kısmı ilave edilmiştir. Böylece öğrencilerin niçin o cevabı verdiklerinin belirlenebileceği düşünülmektedir. 20 açıklamalı-çoktan seçmeli testin her bir sorusu 5 seçenek içermektedir. Bazı sorularda bu seçeneklerden dördü kavram yanlışını veya ilgisiz bir yanıtı, biri doğru cevabı içermektedir. Bazılarında ise seçeneklerden biri kavram yanlışını, dördü doğru cevabı belirtmektedir. Bu tür sorularda amaç öğrencilerin yanlış olan yanıtı bulmasıdır. Açık uçlu sorulardan çoktan seçmeli hale dönüştürülen testteki iki örnek soru Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Uygulamadan sonra açık uçlu soruların çoktan seçmeli hale dönüştürülmesi

	Sorunun İlk Hali	Sorunun Son Hali
1. Örnek	<p>Bir adam şekildeki gibi bir duvara dayanmıştır.</p>  <p>a. Buna göre adam duvara bir kuvvet uygular mı? Niçin? b. Eğer adam duvarı hareket ettirebilirse bir kuvvet uyguladığını söyleyebilir miyiz? Niçin?</p>	<p>Bir adam şekildeki gibi bir duvara dayanmıştır. Buna göre aşağıdaki durumlardan hangisi yanlıştır?</p>  <p>a) Adam duvara bir kuvvet uygular b) Adamın ağırlığı duvara uyguladığı kuvveti etkilemez c) Adam duvarı hareket ettiremezse bile bir kuvvet uyguladığı söylenebilir d) Duvar hareket etmediği için duvara etkiyen bir kuvvet yoktur e) Duvarın tepki kuvveti adamın uyguladığı kuvvete eşittir</p> <p>Açıklama:</p>

Tablo 5'in devamı

2. Örnek	<p>Şekilde, A noktasından itilerek bırakılan bloğun zemin üzerindeki hareketi görülmektedir. Bir süre hareket eden blok C'de durmuştur. Buna göre;</p>  <p>a. Zeminde kayarken (B noktasındayken) b. Durduğunda yani durgun haldeyken (C noktasındayken) bloğa etki eden net kuvveti çizerek adlandırınız.</p>	<p>Şekilde, A noktasından itilerek bırakılan bloğun zemin üzerindeki hareketi görülmektedir. Bir süre hareket eden blok C'de durmuştur. Buna göre, zeminde kayarken (B noktası) ve durduğunda (C noktasında) bloğa etki eden net kuvvet ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?</p>  <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">B noktasında</td> <td style="text-align: center;">C noktasında</td> </tr> <tr> <td>a) İtme kuvveti ve sürtünme kuvvetinin bileşkesi</td> <td>Net kuvvet sıfır</td> </tr> <tr> <td>b) Sürtünme kuvveti</td> <td>Net kuvvet sıfır</td> </tr> <tr> <td>c) Sürtünme kuvveti</td> <td>Sürtünme kuvveti</td> </tr> <tr> <td>d) İtme kuvveti</td> <td>Net kuvvet sıfır</td> </tr> <tr> <td>e) İtme kuvveti</td> <td>Sürtünme kuvveti</td> </tr> </table> <p>Açıklama:</p>	B noktasında	C noktasında	a) İtme kuvveti ve sürtünme kuvvetinin bileşkesi	Net kuvvet sıfır	b) Sürtünme kuvveti	Net kuvvet sıfır	c) Sürtünme kuvveti	Sürtünme kuvveti	d) İtme kuvveti	Net kuvvet sıfır	e) İtme kuvveti	Sürtünme kuvveti
B noktasında	C noktasında													
a) İtme kuvveti ve sürtünme kuvvetinin bileşkesi	Net kuvvet sıfır													
b) Sürtünme kuvveti	Net kuvvet sıfır													
c) Sürtünme kuvveti	Sürtünme kuvveti													
d) İtme kuvveti	Net kuvvet sıfır													
e) İtme kuvveti	Sürtünme kuvveti													

Çoktan seçmeli hale dönüştürüldükten sonra yeniden düzenlenen testin pilot uygulaması yapılmıştır. Testin çoktan seçmeli kısmının güvenilirliğini belirlemek amacıyla 85 Fen Bilgisi öğretmen adayı ile pilot çalışma yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda madde analizi yapılmıştır. Madde analizindeki temel amaç, test maddelerinin bilenle bilmeyen öğrenciyi ayırt edip etmediğini ve işlerliğini ortaya çıkarmaktır (Tekin, 2000). Öğrencilerin testten aldıkları puanlar belirlendikten sonra en yüksekten en düşüğe doğru sıralanmıştır. Bu sıralamanın sonucunda en yüksek ve en düşük puana sahip olanlardan 22'ser ($85 \cdot 27/100$) öğrenci belirlenmiştir. Daha sonra madde güçlüğü için $p = (D_u + D_a) / 2N^*$ (N^* : Tüm grubun %27'sidir) formülünden, ayırt edicilik ise $d = (D_u - D_a) / N^*$ formülünden faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucu elde edilen ayırt edicilik ve madde güçlüğü değerleri Tablo 6'da sunulmuştur. Madde analizi sonucunda maddenin ayırt ediciliği değerlendirilirken dikkat edilecek kriterler şunlardır: ayırt edicilik indisi 0,40 veya daha yüksek bir değerde ise madde çok iyi, düzeltilmesi gerekmez; 0,30–0,40 arasında ise iyi, düzeltilmesi gerekmez; 0,20–0,30 arasında ise madde zorunlu hallerde aynen kullanılabilir veya değiştirilebilir; 0,20'den daha küçük bir değerde ise madde kullanılmamalıdır veya yeniden düzenlenmelidir. Ayırt ediciliği sıfır veya negatif olan maddeler teste dahil edilmez (Turgut, 1992; Özçelik, 1997).

Tablo 6'da görüldüğü gibi testin ortalama madde güçlüğü 0,35'tir. Bu değer testin güç sayılabilecek bir test olduğunu göstermektedir. Bunun yanında test maddelerinin ayırt ediciliği en yüksek 0,64 ve en düşük 0,18 arasındadır. Buradan ranj 0,41 olarak

belirlenmiştir. Bu durum testin ayırt ediciliğinin iyi durumda olduğunu ancak, bazı maddelerin düzeltilmesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 6. Üst ve alt gruptaki öğrencilerin doğru yanıt sayısına göre madde analizi

Soru No	d_u	d_a	p	d	Sonuç
1	11	3	0,34	0,41	Çok iyi
2	4	0	0,10	0,19	Kullanılmamalı
3	11	1	0,30	0,50	Çok iyi
4	5	0	0,12	0,24	Kullanılabilir
5	6	1	0,17	0,22	Kullanılabilir
6	4	0	0,09	0,18	Kullanılmamalı
7	10	5	0,37	0,23	Kullanılabilir
8	15	6	0,51	0,41	Çok iyi
9	10	3	0,33	0,29	Kullanılabilir
10	16	3	0,43	0,59	Çok iyi
11	14	7	0,49	0,35	İyi
12	21	14	0,80	0,32	İyi
13	12	6	0,46	0,28	Kullanılabilir
14	16	11	0,63	0,26	Kullanılabilir
15	18	4	0,58	0,62	Çok iyi
16	16	3	0,49	0,64	Çok iyi
17	9	1	0,24	0,38	İyi
18	7	2	0,23	0,23	Kullanılabilir
19	8	2	0,27	0,31	İyi
20	4	0	0,10	0,21	Kullanılabilir

d_u : Üst gruptaki öğrencilerin doğru yanıt sayısı

d_a : Alt gruptaki öğrencilerin doğru yanıt sayısı

p: Madde güçlüğü

d: Maddenin ayırt ediciliği

Test puanlarının standart kayması 3,48 iken madde istatistiklerine göre testin güvenilirlik katsayısı Kuder-Richardson (KR-20) formülüne göre hesaplandığında 0,72 elde edilmiştir. Madde istatistiklerine göre hesaplanan bu güvenilirlik katsayısı yanında Çalık ve Ayas (2003) tarafından yürütülen bir araştırmada da kullanılan iki eşdeğer yarıya bölme yöntemine göre güvenilirlik hesaplaması tekrar yapılmıştır. Bir testin güvenilirlik hesaplamasında her iki yöntemin de kullanılabilmesi belirtilmektedir (Linn ve Gronlund, 1995). Bu defa, testin güvenilirliği Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı formülü kullanılarak, iki eşdeğer yarı için korelasyon 0,48 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Sperman Brown formülü ile düzeltilerek tüm testin güvenilirlik katsayısı 0,65 olarak bulunmuştur. Gerekli görülen bütün düzeltmelerden sonra son hali verilen test Ek 3'te sunulmuştur.

Çalışma yapraklarının uygulanması tamamlandıktan sonra 38 kişiden oluşan örnekleme testin son uygulaması yapılmış ve elde edilen veriler üzerinde KR-20 tekrar hesaplanmıştır. Bu durumda, güvenilirlik katsayısı 0,82 olarak tespit edilmiştir.

Testin geçerlik ve güvenilirliği için yapılan çalışmalar yukarıda ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Araştırmanın geneli açısından geçerlik ve güvenilirliğin nasıl sağlandığı konusunda ise aşağıda bilgi verilmiştir.

Araştırmaların sunduğu sonuçların inandırıcılığı açısından geçerlik ve güvenilirlik önemli iki ölçüt olarak ele alınmaktadır (Karasar, 1999). Geçerlik, bir araştırmadan elde edilen bulguların araştırılan olgu ve olayı olabildiğince yansız sunabilmesi ile ilgilidir (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Bu araştırmada, araştırmacı geçerliliği sağlamak için üçgenleme yaparak testlerden elde ettiği verileri mülakat ve gözlemlerle teyit etmiştir. Bununla birlikte, araştırmacının örnekleme daha önceki dönemden itibaren tanıyor olması; öğrencilerin araştırmacıya daha kolay güven duymalarını ve böylece dersler ve mülakatlar süresince daha samimi ve açık bir şekilde düşüncelerini ifade etmelerini sağlamıştır. Elde edilen nitel verilerin betimsel analiz yöntemiyle analiz edilerek öğrencilerin ifadelerinden doğrudan alıntılara yer verilmesi ve bunlardan yola çıkarak sonuçların açıklanması bu araştırmanın geçerliğini artıran bir diğer unsuru oluşturmaktadır.

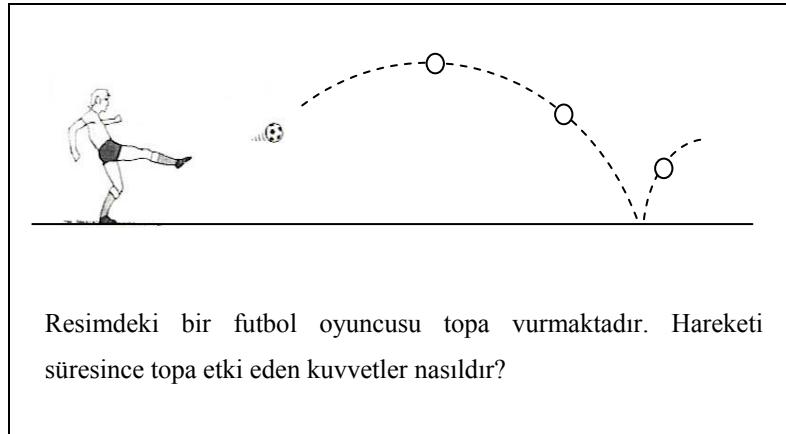
Bir araştırmada güvenilirlik olgusu, araştırma sürecinin ve sonuçlarının tutarlılığı ile ilgilidir (Erözkan vd., 2007). Araştırmacının kendi konumunu açık hale getirmesi, veri toplama ve analiz yöntemlerini ile ilgili ayrıntılı bilgi sunması güvenilirliği artıran önlemlerden bazılarıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Bu araştırmada, araştırmacı katılımcı gözlemci olarak olayın bir parçası gibi davrandığını açıklamış, gözlem ve görüşmelerin nasıl yapıldığı, verilerin nasıl kaydedildiği, verilerin nasıl analiz edildiği, elde edilen sonuçların nasıl ilişkilendirildiği ve sunulduğu gibi yöntemle ilişkin konuları ayrıntılı bir şekilde sunmuştur. Güvenirliği artırmak için ayrıca araştırmacı, veri toplamak için kullandığı bütün ölçme araçlarının pilot uygulamalarını yapmıştır.

2.4.3. Mülakatlar

Mülakat, belirli amaçlar için iletişime girilen kişilerin bir konu hakkındaki duygu, düşünce ve inançlarının belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu araştırmada iki tür mülakat kullanılmıştır. Bunlar, örnekler hakkında ve yarı yapılandırılmış mülakatlardır.

2.4.3.1. Örnekler Hakkında Mülakatlar

Çalışma yapraklarının uygulanmasından önce öğretmen adaylarının kavramlarla ilgili mevcut fikirlerini ve uygulamadan sonraki fikirlerini belirlemek amacıyla örnekler hakkında mülakat (ÖHM) yöntemi kullanılmıştır. Bu mülakat yapılırken öğrencilere bir tek kavramla ilgili çizimin yer aldığı bir soru kartının verildiği ve gördüğü şekildeki durumla ilgili düşüncelerini açıklaması istendiği ifade edilmektedir (Osborne ve Gilbert, 1980; Osborne ve Freyberg, 1985; Carr, 1996). Örnekler hakkında mülakatın, öğrencilerin kavramları, prensipleri ve durumları anlama düzeyini ortaya çıkarmak için kullanılabilmesi belirtilmektedir. Ayrıca bu yöntemin kullanım amaçları arasında, öğrencilerin önceki bilgilerini, öğrenmenin son durumunu, eski bilgilerle yeni bilgilerin tutarlı olup olmadığını ve öğrencinin genel öğrenme ortamındaki niteliğini belirlemek de yer almaktadır. Bu mülakat yönteminin öğrencilerin kavramlarla ilgili düşüncelerini daha ayrıntılı olarak belirleme fırsatı verdiği için çok sık kullanılan ve tercih edilen bir yöntem olduğundan söz edilmektedir (White ve Gunstone, 1992; Kurt ve Akdeniz, 2004a). Bu çalışmada kullanılan sorulardan birini içeren kart Şekil 2’de sunulmuştur. Bu soru kartında öğrencilerden havaya fırlatılan topa etki eden kuvvetler ile ilgili fikirlerini belirlemek amaçlanmaktadır.



Şekil 2. Örnekler hakkında mülakatta kullanılan bir soru kartı

Mülakata öğrenciden topun hareketi süresince etki eden kuvvetleri düşünmeleri söylenerek başlanmıştır. Daha sonra top yükselirken, tam tepe noktasında, düşerken ve yere çarpıp tekrar yükselmeye başladığında etki eden kuvvetleri çizerek göstermeleri

istenmiştir. “*Burada niçin bu kuvvetin etki ettiğini düşünüyorsun?*”, “*Bu kuvvetin büyüklüğü hareket süresince değişir mi?*” gibi sorularla öğrencilerin yanıtlarını daha da açıklamaları sağlanmıştır. White ve Gunstone (1992) soru kartların sayısının konuya, öğrencilerin yaş grubuna ve zamanın yeterliliğine göre değişebileceğini belirtmektedir. Carr (1996) teyp kaydı için öğrencilerden izin alınması gerektiğini ve bir öğrenci ile yürütülen mülakat için 15 ila 30 dakika arasında bir sürenin yeterli olduğunu belirtmektedir.

2.4.3.2. Örnekler Hakkında Mülakat Sorularının Pilot Uygulaması

Öğretmen adaylarının çalışma yapraklarının uygulanmasından önce ve sonra Newton’un hareket kanunları ile ilgili düşüncelerini ayrıntılı bir şekilde incelemek amacıyla 7 soru kartı hazırlanmıştır. Bu soru kartlarının ilk dördü Newton’un I. ve II. kanununa, diğer üçü ise III. kanununa yönelik kavramlarla ilgilidir. Daha sonra 3 öğretmen adayı ile bu soru kartları hakkında yapılan görüşme sonunda bazı soruların aynı kavramlarla ilgili olduğu ve öğrencilerin yanıtlarını tekrarlattığı belirlenmiştir. Ayrıca, esas uygulamanın yapılacağı sınıfta NHK-KAT’ın uygulanması sonucu, öğretmen adaylarının araştırılan bazı kavramlarla ilgili düşüncelerinin ayrıntılı ve yeterince ortaya çıkarıldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, iki soru kartının mülakattan çıkartılmasına karar verilmiştir. Ancak, Newton’un III. kanununa yönelik testteki soruların açıklama kısmında yeterince açıklama yapmadıkları ve verdikleri cevabın nedenini daha çok “Etki-tepki prensibinden dolayı kuvvetler eşittir” diyerek geçtirdikleri tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu kanuna yönelik üç soru kartına yer verilmiştir. Böylece mülakatta kullanılacak soru kartı sayısı toplam 5 olarak belirlenmiştir (Ek 4). Mülakattaki 1. soru kartı Trumper ve Gorsky (1996), 2. soru kartı yazar, 3. ve 5. soru kartları Taşar (2001), 4. soru kartı Katipoğlu ve Gürel (2005) tarafından yürütülen araştırmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

Esas uygulamada, 13 öğrenci ile çalışma yapraklarının uygulanmasından önce ve sonra örnekler hakkında mülakatlar yürütülmüştür. Her öğrenci ile yapılan mülakatlar 15 ila 20 dakika arasında sürmüştür. Mülakatlar süresince öğrencilerden izin alınarak verdikleri yanıtlar teyp kullanılarak kaydedilmiştir. Mülakatların kaydedilmesinde araştırmacının ön yargılarını en aza indirerek verilerin güvenilirlik ve geçerliliğini artırmak için teyp kullanılması gerektiği belirtilmektedir (Cohen ve Manion, 1990).

2.4.3.3. Yarı Yapılandırılmış Mülakatlar

Bu araştırmada, öğretmen adaylarının çalışma yapraklarının uygulanması ile ilgili görüş ve düşüncelerini belirlemek amacıyla toplam 10 kişi ile bireysel mülakatlar yürütülmüştür. Bu mülakatlar süresince öğretmen adaylarına yöneltilen ana sorular Ek 5'te sunulmuştur. Mülakatlar teyp kullanılarak kaydedilmiştir. Bu çalışmanın değişik aşamalarında öğretim üyeleri ve uygulamalara katılan öğretmen adayları ile informal mülakatlar yapılmıştır. Bu mülakatlardan elde edilen veriden materyalin geliştirilmesinde faydalanılmıştır.

2.4.4. Gözlemler

Gözlem, olayları doğal ortamları içinde sistematik ve amaçlı bir şekilde incelemektir (Karasar, 1999). Böylece gerçekte olayların nasıl meydana geldiği konusunda bilgi edinilebilmektedir. Bu araştırmada, pilot uygulama süresince yapılan gözlemlerle materyalin eksik yanları ve uygulama güçlükleri belirlenmeye çalışılmıştır. Esas uygulama süresince, araştırmacının katılımcı olduğu ve herhangi bir gözlem aracını kullanmadığı gözlemin bir türü olan yapılandırılmamış alan çalışması yoluyla öğretmen adaylarının öğrenme ortamındaki davranışları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu gözlemler, dersler sırasında araştırmacının zaman zaman tuttuğu kısa notlarla ve iki yardımcı elemanın tuttuğu notlarla kaydedilmiştir. Çalışma yapraklarının uygulanması süresince yapılan gözlemler 12 saat sürmüştür. Her dersten sonra araştırmacı kendi notlarını ve yardımcı elemanların notlarını bir araya getirip tartışarak yeniden düzenlemiştir. Bu araştırmada yürütölen gözlemler yoluyla, çalışma yapraklarının öğrenci merkezli öğretime yansımaları ve öğrencilerin bu uygulamaya yönelik yaklaşımlarını belirlemek amaçlanmaktadır.

2.5. Çalışma Yapraklarının Geliştirilmesi

Bu araştırma kapsamında öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları ile ilgili kavram yanılgılarını gidermek amacıyla farklı öğrenme stratejilerini içeren toplam 9 çalışma yaprağı hazırlanmıştır (Ek 2). Çalışma yaprakları literatürde yürütölen benzer araştırmalardan, test ve mülakatlar ile belirlenen öğrenci görüşlerinden faydalanılarak geliştirilmiştir.

Çalışma yaprakları, öğrencilerin ne yapması gerektiğinin belirtildiği işlem basamaklarını içeren, bilgilerini kendi zihinlerinde kendilerinin kurmalarına yardım eden ve aynı anda bütün sınıfın verilen etkinliğe katılımını sağlayan önemli öğretim araçları olarak tanımlanmaktadır (Sands ve Özçelik, 1997; Kurt, 2002). Saka (2001) ve Kurt (2002) tarafından yürütülen araştırmalarda, yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun hazırlanan çalışma yapraklarının öğrencileri aktif hale getirdiği belirlenmiştir. Literatürde, yapılandırmacı çalışma yapraklarının öğrencilerin kavramları daha etkili bir şekilde zihinlerinde yapılandırmalarına yardım ettiği ve kavram yanlışlarını en aza indirdiği şeklinde sonuçlara da rastlanmaktadır (Hand ve Treagust, 1991; Demircioğlu vd., 2004). Bununla birlikte, öğrencilerin bireysel farklılıkları dikkate alındığında, çalışma yaprakları kullanılarak yetenek açısından karma olan sınıflarda hem bireysel hem de grup olarak aynı konunun farklı düzenekler kurularak öğretilbileceği belirtilmektedir (Cohen vd., 1996). Çalışma yapraklarının zaman kaybını ortadan kaldırdığı ve öğrencilere sorumluluk vererek az kabiliyetli ve motivasyonu düşük öğrenciler üzerinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Dowdeswell, 1981).

Çalışma yapraklarının geliştirilme sürecinde dikkate alınan konulardan biri çalışma yapraklarının dayandığı öğrenme kuramlarının teorik temelleridir. Bu araştırmada, çalışma yaprakları yapılandırmacı öğrenme kuramının daha çok kavram öğretimi yönüyle ele alınmıştır. Kavram öğretimi açısından yapılandırmacı öğrenme kuramının iki farklı boyutta uygulanabileceği belirtilmektedir. Elby (2000) bunları, kavram yanlışlarını gidermeye yönelik yaklaşım ve küçük parçalardan bütüne öğretim anlayışı olarak ifade etmektedir. *Kavram yanlışlarına yönelik yapılandırmacı öğrenme*, öğrencilerin sınıfa alternatif kavram ve teorilere sahip olarak geldiklerini kabul etmektedir. *Küçük parçalardan bütüne yönelik yapılandırmacı öğrenmeye* göre, öğrencilerin sezgisel bilgilerinin çoğu zayıf bağlantılı ve çoğu zaman yetersiz genellemelerden oluşur. Yapılandırmacılığın kavram yanlışlığı boyutunda, ön bilgi birçok durumda geçerliliği olan kalıcı alternatif kavramlar olarak görülmektedir. Elby (2001) yaptığı çalışmalar sonunda, bu iki yapıyı birbirinden ayrı düşünmenin mümkün olmadığını ifade etmiştir. Bu araştırmada, yapılandırmacı öğrenme kuramının bu iki boyutu dikkate alınarak materyaller geliştirilmiştir.

Kisiel (2003) çalışma yapraklarında yapılacak işlemleri iki farklı boyutta ele almaktadır. Bunları araştırma gündemi ve kavram gündemi olarak adlandırmaktadır. Kavram gündemini içeren çalışma yapraklarında öğrenciler daha çok kavramları düşünmeye zaman ayırmaktadırlar. Bu araştırmadaki çalışma yapraklarında araştırılan

konu ile ilgili hem kavramsal tartışmalara hem de etkinliklere bağlı olarak yürütülen araştırmalara yer verilmiştir. Çalışma yapraklarında yer alan bu gündemlerin dağılımı Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Çalışma yapraklarının içerdiği gündem

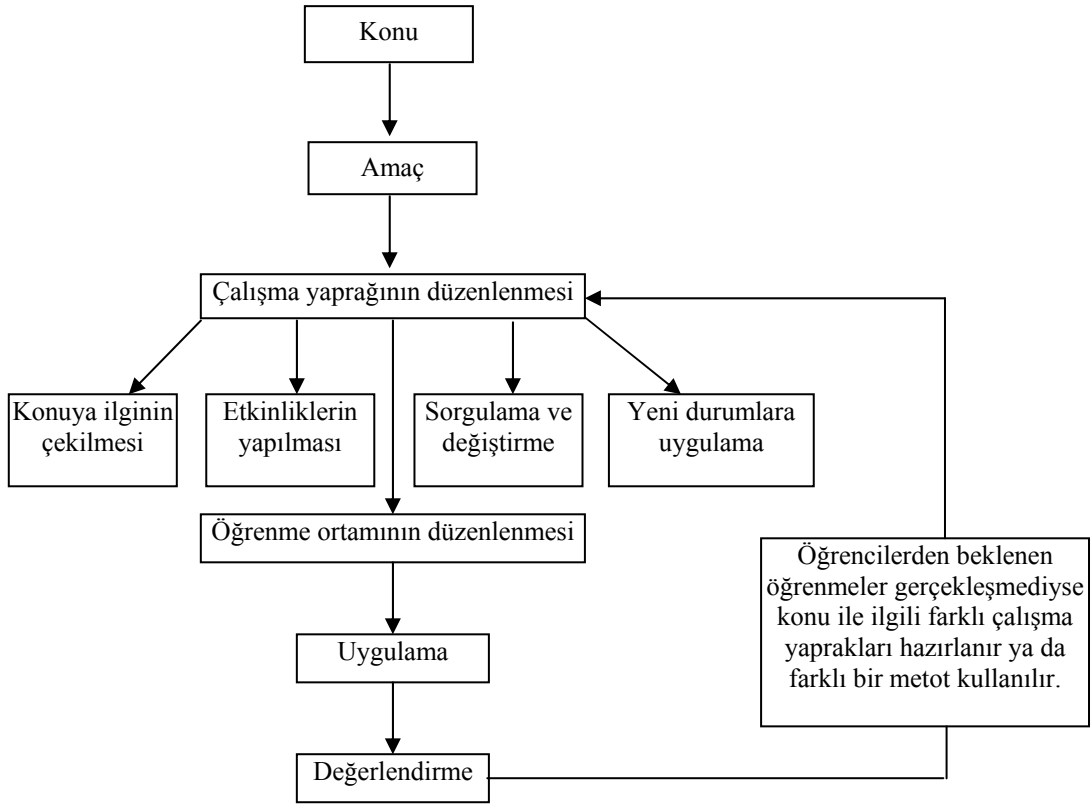
	Kuvvet ve Basınç	Aydaki Kuvvet	Serbest Düşmede Kuvvet	Serbest Cisim Diyagramı Çizme	Hareketi Başlatan Kuvvet	Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi	Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket	Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet	Etki Tepki Kuvvetleri
Gündem	X	X	X ✓	X	X ✓	X ✓	X ✓	X	X ✓

X: Kavramsal Tartışmalar

✓: Araştırmalar

Tablo 7’te de görüldüğü gibi dört çalışma yaprağında sadece kavramsal tartışmalara yönelik bir gündem yer almıştır. Kavramlarla ilgili yürütülen tartışmaların öğrencilerin konuya ilgilerini çekmek, mevcut kavramlarını açığa çıkarmak ve bunlarla ilgili araştırma yapmaya teşvik etmek amaçlanmaktadır. Diğer çalışma yapraklarında her iki gündem birlikte kullanılmıştır. Böylece öğrencilerin araştırmanın konusu olan kavramlarla ilgili hem araştırma yapmaları hem de elde ettikleri sonuçları tartışmaları sağlanmaktadır.

Literatürde çalışma yapraklarının farklı yapısal özelliklere sahip olarak geliştirildiği görülmektedir (Hand ve Treagust, 1991; Demircioğlu vd., 2004; Atasoy ve Akdeniz, 2006; Gürses, 2006). Nitelikli çalışma yapraklarının geliştirilmesinde Kurt (2002) planlama, uygulama ve değerlendirme aşamalarını içeren bir model önermiştir. Bu aşamaları daha da geliştiren Demircioğlu ve Atasoy (2006) çalışma yapraklarının geliştirilmesinde ilk olarak konu ve amacın belirlenmesi, daha sonra çalışma yapraklarının düzenlenmesi ve son olarak gerekli değerlendirmelerin yapılarak eksikliklerin giderilmesi üzerinde durmaktadır. Şekil 3’te bu aşamalar daha ayrıntılı bir şekilde görülmektedir. Bu modelin en önemli aşamasını konuya ilginin çekilmesi, etkinliklerin yapılması, sorgulama ve değiştirme ve yeni durumlara uygulama şeklinde dört maddeden oluşan çalışma yapraklarının düzenlenmesi basamağı oluşturmaktadır. Bu araştırmadaki çalışma yaprakları geliştirilirken Şekil 3’teki model kullanılmıştır.



Şekil 3. Çalışma yaprağı geliştirme modeli

Şekil 3'te sunulan modeldeki basamaklar dikkate alınarak araştırmadaki çalışma yapraklarının nasıl geliştirildiği aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

2.5.1. Çalışma Yapraklarındaki Konuların Belirlenmesi

Çalışma yaprağı geliştirme işleminin bu ilk aşamasında fizik alanında öğrencilerin ve öğretmen adaylarının anlamakta güçlük çektikleri konu ve kavramları konu alan literatür incelenmiştir. Bu yolla öğrencilerin, öğretmen adaylarının ve hatta öğretmenlerin anlamada güçlük çektikleri ve yanlışlara sahip oldukları konulardan biri olarak Newton'un hareket kanunları konusu belirlenmiştir. Çalışma yapraklarının bu konulardaki yanlışları gidermek için hazırlanmasına karar verilmiştir.

2.5.2. Çalışma Yapraklarındaki Amaçların Belirlenmesi

Bu aşamada, çalışma yapraklarında hangi amaçların önemsendiği belirlenmiştir. Yanılgıların yaygın olduğu konularda ayrı ayrı çalışma yapraklarının hazırlanmasına karar verilmiştir. Böylece her kavramın kendi içinde ayrıntılı bir şekilde irdelenmesi sağlanmıştır. Literatürün incelenmesi, konu ile ilgili geliştirilen NHK-KAT'ın uygulanması ve ÖHM'lerin yürütülmesi sonucu kuvvet, kuvvet-basınç arasındaki ilişki, serbest cisim diyagramları, kuvvet-hız arasındaki ilişki, kuvvet-hareket arasındaki ilişki, çarpışan cisimler arasındaki etki-tepki kuvvetleri ve hareketsiz nesnelere arasındaki etki-tepki kuvvetleri konularında öğretmen adaylarında çok sayıda yanılgı olduğu tespit edilmiştir. Bu kavramlarla ilgili öğrencilerin anlama güçlüklerini ve kavram yanılgılarını gidermek için gerekli etkinlikler belirlenmiştir. Böylece toplam 9 çalışma yaprağının hazırlanmasına karar verilmiştir. Her bir çalışma yaprağında giderilmesi amaçlanan yanılgılar Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Çalışma yapraklarında giderilmesi amaçlanan yanılgılar

Çalışma Yaprakları	Giderilmesi Amaçlanan Yanılgılar
Kuvvet ve Basınç	Basınç bir kuvvettir. Kuvvet kavramı basınç kavramı ile ifade edilebilir. Kuvvet kavramının basınç, hareket, enerji ve momentum kavramları ile karıştırılması
Aydaki Kuvvet	Ayda serbest bırakılan bir cisim aşağıya doğru düşmez. Bir cismin aydaki ağırlığı sıfırdır.
Serbest Düşmede Kuvvet	Havasız alınmış bir fanusta serbest bırakılan cisimler havada asılı kalırlar. Boşlukta cisimlere etki eden yerçekimi kuvveti sıfırdır. Hava içinde ve boşlukta cisimlere etki eden kuvvetler aynıdır. Aynı yükseklikten serbest bırakılan iki cisimden ağır olan daha kısa sürede yere varır. Aynı yükseklikten serbest bırakılan cisimlerden ağır olan yere daha büyük bir hızla çarpar.
Serbest Cisim Diyagramı Çizme	Bir iple tavana asılan cisme sadece yerçekimi kuvveti etki eder. Masa üzerinde duran cisme sadece yerçekimi kuvveti etki eder. Masa üzerinde duran cisme yerin tepki kuvveti etki eder. Eğik düzlemde hareket eden cisimlerin ağırlıklarının harekete bir etkisi yoktur. Durgun haldeki cisimlere sürtünme kuvveti etki eder.
Hareketi Başlatan Kuvvet	Hareketi başlatan kuvvet cisimle temas kesilince de hareket boyunca cisme etki etmeye devam eder. Cisimlere hareketleri süresince hareket yönünde eşlik eden bir kuvvet vardır. Sabit bir kuvvet etkisindeki cisim sabit hızla hareket eder. Maksimum yüksekliğe çıkan cisme hiçbir kuvvet etki etmez.

Tablo 8'in devamı

Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi	Hareket halindeki bir cisme etki eden net kuvvet sıfırda cisim yavaşlar ya da durur. Bir cisim sabit hızla hareketini sürdürebilmesi için sabit bir kuvvet uygulamak gerekir. Hareket süresince daima cisme bir kuvvet eşlik eder.
Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket	Sabit bir kuvvet etkisindeki cisim sabit hızla hareket eder. Sürtünme olmasa bile hareketin devamı için bir kuvvete daima ihtiyaç vardır. Kuvvet yoksa hareket yoktur.
Etkileşen Nesneler Arasındaki Kuvvet	Etki-tepki kuvvetleri aynı nesneye etki eder. Bu yüzden birbirlerini yok ederler, yani bileşkeleri sıfırdır. Etkileşen nesnelere ağır olan daha fazla kuvvet uygular. Etkileşen nesnelere biri diğerini hareket ettiriyorsa daha fazla kuvvet uyguluyor demektir. Çarpışma anında ağır olan diğerine daha fazla kuvvet uygular.
Etki Tepki Kuvvetleri	Etki tepki kuvvetleri eşit olmayabilir. Etkileşen nesnelere ağır olan daha fazla kuvvet uygular. Etkileşen nesnelere hareket ederse hareketin olduğu taraftakine daha az kuvvet etki eder.

2.5.3. Çalışma Yapraklarının Düzenlenmesi

Bu araştırmada, çalışma yaprakları düzenlenirken Şekil 3'teki model dikkate alınarak konuya ilginin çekilmesi, etkinliklerin yapılması, sorgulama ve değiştirme, yeni durumlara uygulama basamakları takip edilmiştir. Bu basamaklara göre etkinliklerin nasıl düzenlendiği aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

Bu süreçteki bir diğer konu çalışma yaprakları düzenlenirken hangi öğretim araçlarından yararlanıldığıdır. Bu bağlamda, çalışma yapraklarının düzenlenmesinde yapılandırmacı öğrenme kuramının altında uygulanabilen öğretim araçlarından kavram karikatürleri ve keşfedici laboratuvar modeli esas alınmıştır. “*Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi*” ve “*Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket*” isimli iki çalışma yaprağında keşfedici laboratuvar modeline uygun etkinlikler geliştirilmiştir. “*Hareketi Başlatan Kuvvet*” ve “*Etki Tepki Kuvvetleri*” isimli çalışma yaprakları dışındaki yedi yaprakta ise sıklıkla kavram karikatürleri kullanılmıştır.

Literatürde yeni bir öğretim aracı olarak önerilen kavram karikatürleri (Keogh vd., 1998; Kabapınar, 2005) bu araştırmadaki çalışma yapraklarının düzenlenmesinde çeşitli bölümlerinde kullanılmıştır. Çalışma yapraklarında kavram karikatürlerinin kullanılmasının nedenleri arasında; öğrencilerin mevcut bilgilerini ortaya çıkarıp bunlarla yüzleşmelerini, kavram yanlışlarının farkında olmalarını ve yanlışlarını gidermek için mücadele etmelerini sağlamak, öğrencileri yeni bilgiler öğrenmeye hazır hale getirmek ve motivasyonu ve sınıf içi iletişimi artırmak yer almaktadır (Naylor ve Keogh, 2000;

Stephenson ve Warwick, 2002). Bu araştırmadaki çalışma yapraklarının dzenlenmesinde yer alan dört basamağa göre kavram karikatürlerinin dağılımı Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Kavram karikatürlerinin çalışma yapraklarının dzenlenmesindeki basamaklara göre dağılımı

Çalışma Yaprakları	Basamaklar			
	Konuya ilginin çekilmesi	Etkinliklerin yapılması	Sorgulama ve değiştirme	Yeni durumlara uygulama
Kuvvet ve Basınç		X		
Aydaki Kuvvet		X		
Serbest Düşmede Kuvvet	X			X
Serbest Cisim Diyagramı izme				X
Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi				X
Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket	X			
Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet	X			X

Tablo 9’da yer almayan ‘‘Hareketi Başlatan Kuvvet’’ ve ‘‘Etki Tepki Kuvvetleri’’ isimli çalışma yapraklarında kavram karikatürleri kullanılmamıştır. Bu alışma yapraklarının giriş bölümlerinde günlük hayattan resimler kullanılarak ve çeşitli yönergeler sunulurak öğrencilerin verilen olayı dşnmeleri sağlanmıştır.

a) Konuya İlginin çekilmesi

Çalışma yaprakları dzenlenirken konuya ilgiyi çekmek ve öğrencilerin motivasyonunu artırmak amacıyla günlük hayatla ilişkili fizik olaylarını gösteren Şekil ve resimlerden yararlanılmıştır. Bu amaçla ayrıca kavram karikatürlerine sıkça başvurulmuştur. Kavram karikatürleri ile ilgili yürütülen sınıf tartışmaları ile öğrencilerin öğrenmeye hazır hale getirilmeleri amaçlanmaktadır. Burada amaç yalnızca dersin başında öğrencilerin konuya ilgilerinin çekilmesi değil, uygulama süresince ilk baştaki ilginin devamının sağlanmasıdır. Bu nedenden dolayı çalışma yapraklarının diğer bölümlerinde de kavram karikatürlerinden yararlanılmıştır.

Öğrencilerin konuya ilgilerini çekmek ve araştırma yapmaya teşvik etmek için, ‘‘Serbest Düşmede Kuvvet’’, ‘‘Sabit Kuvvet Etkisinde Kuvvet’’ ve ‘‘Etkileşen Nesnelere

Arasındaki Kuvvet” isimli çalışma yapraklarının giriş bölümlerinde kavram karikatürleri kullanılmıştır. “*Serbest Düşmede Kuvvet*” isimli çalışma yaprağının girişinde kullanılan karikatür Şekil 4’te görülmektedir. Öğrencilerden verilen durumla ilgili hangi karakterin doğru söylediğini belirtmeleri ve niçin bu şekilde düşündüklerini açıklamaları istenmiştir.



Şekil 4. “Serbest Düşmede Kuvvet” konulu çalışma yaprağındaki kavram karikatürü

Buradan yola çıkarak çalışma yaprağının devamında sınıf gösterileri ve tartışmalarına öğrenciler verilen yönergelerle yönlendirilmiştir

Bu araştırmada, çalışma yapraklarının giriş bölümlerinde kullanılan karikatürler yolu ile öğrencilerin ön bilgilerinin daha etkili bir şekilde ortaya çıkarılabildiği ve daha etkili tartışma ortamlarının oluşturulabildiği düşünülmektedir. Bunun nedeni, karakterlerin konuşturulması ile öğrencilerin yanlış yanıt vermekten çekinmemeleri ve düşüncelerini rahatlıkla söylemeleridir. Böylece, öğrenci yanlış yanıt verdiğinde bu durumun onu incitmemesinin nedeni, yanlış fikrin sahibinin o değil, kavram karikatüründeki karakterin olduğunu düşünmesidir (Naylor ve Keogh, 2000; Kabapınar, 2005).

Bu basamakta çalışma yapraklarında yer alan kavram karikatürlerinin, günlük hayatla ilgili resimlerin ve düşündürmeye yöneltici soruların öğrencileri araştırmaya karşı isteklendirmesi ve bu isteği çalışma yaprağının sonuna kadar devam ettirmesi beklenmektedir.

b) Etkinliklerin Yapılması

Bu aşamada öğrencilerin yukarıda belirtilen konulardaki yanılgılarını irdemelerine ve zihinlerinde sorgulamalarına yardımcı olacak etkinlikler hazırlanmıştır. “*Hareketi Başlatan Kuvvet*” isimli çalışma yaprağında öğrencilerin “*Havaya fırlatılan bir nesneye havadaki hareketi süresince fırlatma kuvveti etki etmeye devam eder*” şeklindeki kavram yanılgılarını irdelemek amacıyla öğrencilere aşağıdaki etkinlik sunulmuştur.

—Bir kağıt parçasını top haline getiriniz. Daha sonra bu kağıdı 40–50 cm yükselebilecek kadar yukarı doğru atınız. Bunu birkaç kez tekrarlayınız. Ne gözlediğinizi yazınız.

—Hareket boyunca kağıda hangi kuvvetler etki eder? Yönlerini çizerek gösteriniz.

—Aynı kağıt parçasını bu defa avucunuzda tutarak atarken uyguladığınız kuvvetle yukarı doğru kaldırınız. Hareket ne kadar sürüyor?

—Bu hareket süresince kağıda etki eden kuvvetleri çizerek gösteriniz.

—Bu iki durum arasındaki fark nedir? Açıklayınız.

Bu etkinliği yapan öğrencilerin havaya fırlatılan cisimlere elle uygulanan fırlatma kuvvetinin devam etmediğini, devam etmesi durumunda daha önceki düşünceleri ile çelişen bir durumun ortaya çıktığını fark etmeleri sağlanmak istenmiştir.

Çalışma yapraklarındaki etkinlikler belirlenirken fiziği laboratuvar dışına çıkarıp sınıf ortamlarında rahatlıkla yapılabilecek uygulamalar seçilmiştir. Bu bağlamda “*Kuvvet ve Basınç*” ve “*Aydaki Kuvvet*” isimli çalışma yapraklarında etkinlik olarak karikatürler kullanılmıştır. Bu karikatürlerle öğrencilerin düşünce yapılarını ortaya çıkarmak ve bunun üzerinde tartışmalar oluşturmak amaçlanmıştır. Bu çalışma yapraklarında öğrencilerin verilen durumla ilgili doğru düşünceye grup ve sınıf tartışmaları yolu ile ulaşmaları ve daha sonra bu düşüncenin ilişkili olduğu diğer fikirleri de düşünmeleri istenmiştir.

c) Sorgulama ve Değiştirme

Yukarıda sözü edilen etkinliklere yönelik çalışma yaprağında sunulan sorularla öğrencilerin başlangıçta açıkladıkları fikirlerini sorgulamaları sağlanmıştır. Etkinlikler

yoluyla öğrencilerin elde ettikleri verileri yorumlamaları için zaman zaman yönerge ve sorulara yer verilmiştir. Eğer etkinlik sonucundaki gözlemler veya bulgular başlangıçtaki fikri desteklemezse öğrenci başlangıçtaki fikrini değiştirebilir. Bunun tersi bir durumda ise iki olay arasında bir bağlantı kuramayan öğrenciler için tartışmalar daha da geliştirilmiştir. “*Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket*” isimli çalışma yaprağının ikinci sayfasında öğrencilerden bir olayla ilgili tahminlerde bulunmaları istenmiştir. Daha sonra etkinlikler yaparak olayı gözlemleri sağlanmıştır. Elde edilen veriler de yorumlandıktan sonra öğrencilerden tahminleri ile deneyden elde ettikleri sonuçları karşılaştırmaları ve olayı farklı boyutları ile düşünmeleri için aşağıdaki gibi sorularla çalışma yaprağı desteklenmiştir.

—*Bu durumda araba için serbest cisim diyagramı çiziniz ve arabaya etki eden kuvvetlerin arabanın hareketine olan etkisini tartışınız.*

—*Dengelenmiş kuvvetleri göstererek harekete bir etkisi olup olmadığını tartışınız.*

“*Hareketi Başlatan Kuvvet*” isimli çalışma yaprağında öğrencilerin resimde gördükleri bir olayla ilgili düşünceleri belirlenmiş ve ardından konu ile ilgili etkinlikleri yapmaları sağlanmıştır. Daha sonra aşağıda sunulduğu gibi öğrencilerin ilk baştaki düşünceleri ile etkinlikten sonraki düşüncelerini karşılaştırmaları istenmiştir.

—*Okun hareketini tekrar düşünerek bu durumlarda elde ettiğiniz bilgiler ışığında açıklayınız. Daha sonra düşüncenizi sınıfa sununuz.*

Bu yönerge ile öğrenciler önceki fikirleri ile yeni bilgiler arasında bir karşılaştırma yapmaya yönlendirilmiştir. Bir tutarsızlık durumunda öğrencilerin düşüncelerini yeniden gözden geçirip zihinlerinde yeni bir yapılanma gerçekleştirmesi beklenmektedir. Bu yolla, kavramsal değişimin sağlanabileceği düşünülmektedir (Pope ve Watts, 1988).

d) Yeni Bir Duruma Uygulama

Bu kısımda, öğrencilerin etkinlikler yolu ile öğrendikleri kavramları yeni durumlara uygulayabilme becerilerini geliştirmek amaçlanmaktadır. “*Serbest Düşmede Kuvvet*”, “*Serbest Cisim Diyagramı Çizme*”, “*Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi*” ve “*Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet*” isimli çalışma yapraklarının son kısımlarında verilen kavram

karikatürleri ile öğrencilerin kavramlarını yeni durumlara uygulamaları sağlanmıştır. Bu karikatürlerde yapılan seçimler yoluyla öğrencilerin değerlendirilmelerinin mümkün olduğu belirtilmektedir (Naylor ve Keogh, 2000; Stephenson ve Warwick, 2002). Bu bağlamda öğrencilerin kavram yanlışlarının giderilip giderilemediği tespit edilebilir. Kavram karikatürlerinin yanı sıra “*Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket*” isimli çalışma yaprağında aşağıda olduğu gibi verilen bir yönerge ile öğrencilerin konu ile ilgili yeni bir durumu düşünmeleri sağlanmıştır.

***Tüm işlemleri başarıyla tamamladıysanız bu soruyu kendi kendinize
yanıtlamaya çalışınız.***

*—Hareket halindeki bir nesneye etki eden net kuvvet bir süre sonra sıfır
olmaktadır. Bundan sonra nesne nasıl bir hareket yapar? Hareketin sürtünmesiz
bir ortamda gerçekleştiğini düşününüz.*

2.5.4. Öğrenme Ortamının Düzenlenmesi

Öğrenme ortamları hazırlanırken öğrencilerin bireysel veya grup çalışmaları yapabilmelerine olanak sağlanmıştır. Çalışma yapraklarındaki etkinliklere göre sınıf veya laboratuvarın kullanımı tercih edilmiştir. Öğrencilerin etkinlikleri gerçekleştirebilmek için gerekli araç-gerece ulaşabilmeleri bakımından “*Sabit Hız İçin Kuvvet*” ve “*Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket*” isimli çalışma yaprakları laboratuvarda grup çalışmaları ile yürütülmüştür. “*Kuvvet ve Basınç*”, “*Aydaki Kuvvet*”, “*Serbest Düşmede Kuvvet*”, “*Serbest Cisim Diyagramı Çizme*”, “*Hareketi Başlatan Kuvvet*”, “*Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet*” ve “*Etki-Tepki Kuvvetleri*” isimli çalışma yaprakları sınıf ortamında iki, üç ya da dört kişilik gruplar oluşturulması yanında bireysel çalışmalara da olanak sağlanarak uygulanmıştır. Grup ve bireysel çalışmalara karar verirken sınıfın mevcudu ve araç-gereç sayısı gibi konular dikkate alınmıştır.

2.5.5. Çalışma Yapraklarının Uygulanması

Çalışma yapraklarının geliştirilmesi ile ilgili bu aşamada, pilot uygulamalar sonucu mevcut eksiklikler belirlenmeye çalışılır. Bu araştırmada, çalışma yapraklarının geliştirilme sürecinde yer alan uygulama ile ilgili bulgular 2.6. *Çalışma Yapraklarının*

Pilot Uygulamas kısmında ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Bu kısımda, çalışma yapraklarına öğrencilerin verdikleri tepkilerden yola çıkarak eksiklikler belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma yapraklarının her biri için gerekli olan süreler, araç-gereçler ve öğrencilerin ne kadar yardıma ihtiyaç duydukları tespit edilmiştir.

2.5.6. Çalışma Yapraklarının Değerlendirilmesi

Pilot uygulama sonucu belirlenen eksiklikleri gidermek amacıyla gerekli düzenlemeler yapılır ve asıl uygulamaya yönelik öneriler sunulur. Öğrencilerden beklenen öğrenmeler gerçekleşmediyse konu ile ilgili farklı çalışma yaprakları hazırlanır ya da farklı bir metot kullanılır. Bu araştırmadaki çalışma yapraklarının geliştirilme sürecindeki değerlendirmeler, tezin 2.6. *Çalışma Yapraklarının Pilot Uygulaması* kısmında ayrıntılarıyla sunulmuştur. Bu kısımda, pilot uygulama sonucu çalışma yapraklarında belirlenen eksiklikler ele alınarak ne tür düzeltmelerin yapıldığı ile ilgili bilgiler de yer almaktadır. Ayrıca, çalışma yaprakları öğrencilerin mevcut bilgi düzeylerine uygunluğu ve uygulanabilirliği bakımlarından da değerlendirilmiştir.

2.6. Çalışma Yapraklarının Pilot Uygulaması

Yapılandırmacı öğrenme kuramının ilkelerine uygun olarak hazırlanan çalışma yapraklarının uygulanabilirliğini denemek ve varsa eksikliklerini belirlemek amacıyla pilot uygulama yapılmıştır. Ayrıca, çalışma yapraklarının her birinin uygulanması için geçen süreler belirlenmiştir. Uygulamaya başlamadan önce öğrencilere dersler süresince çalışma yapraklarındaki yönergeleri takip ederek etkinlikleri yapmaları ve anlaşılmayan bir cümle ya da ifade varsa söylemeleri istenmiştir. Bunun yanında bir çalışma yaprağında bulunan bölümler ve bu bölümlerde yapmaları gerekenler açıklanmıştır. Örneğin; “*Çalışma yaprağınızın giriş bölümündeki kavram karikatüründe bulunan ifadeleri dikkatli bir şekilde okuyarak size en uygun ifadeyi belirleyiniz. Daha sonra konu ile ilgili düşüncelerinizi grup arkadaşlarınızla tartışınız. Bu tartışma sonunda sınıfa görüşünüzü sununuz. Sınıf tartışması sonucu eğer fikirlerinizde bir değişme olduysa bunu çalışma yaprağında ayrılan yere yazınız. Çalışma yaprağının ilerleyen bölümlerindeki etkinlikleri öncelikle grup arkadaşlarınızla tartışarak uygulayınız. Daha sonra elde ettiğiniz verileri sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız. Eğer sınıfta farklı fikirler varsa bunların doğruluğunu*

tartışınız. Son olarak verilen kavram karikatüründeki durumla ilgili düşüncenizi açıklayarak yazınız” şeklinde kısa ve genel bir açıklama yapılmıştır.

Aşağıda her bir çalışma yaprağının pilot uygulaması sürecinde elde edilen veriler ayrı ayrı sunulmaktadır.

1. Uygulama: “Kuvvet ve Basınç” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 30-40 dakikadır. Uygulamaya 24 kişi katılmıştır.

Öğrenciler kavram karikatürünü okuduktan sonra oradaki hiçbir ifadenin düşüncelerini yansıtmadığını ifade etmişlerdir. Bunun üzerine öğrencilere kendi düşüncelerini yazmaları söylenmiştir. Karikatürdeki Ahmet isimli karakterin ifadesinde “Piston alanı büyük olan şırıngadaki su daha çabuk boşalır” yerine “Piston alanı küçük olan şırıngadaki su daha çabuk boşalır” yazılarak bir değişiklik yapılmıştır. Daha sonra yürütülen sınıf tartışmasında “basınç kuvveti” diye bir kavram ortaya çıkmıştır. Bu ifadenin üniversiteye hazırlık kitaplarında geçtiği belirlenmiştir. Bunun üzerine öğrencilerden kuvvet ile basınç kuvveti arasında bir fark olup olmadığını düşünmeleri istenmiştir. Bir öğrenci aslında bu kavramların aynı ifadeler olduklarını düşündüklerini fakat kitaplarda basınç olayı açıklanırken basınç kuvvetinden söz edildiği için bu durumun kafalarını karıştırdığını söyledi. Birkaç öğrenci de bu öğrenciyle aynı fikirde olduklarını belirtmişlerdir. Daha sonra bir öğrenci “Basınç yükseklikle doğru orantılı olarak artacak ve yüzey alanı genişledikçe azalacaktır” şeklinde düşüncesini söylemiştir. Başka bir öğrenci “Geniş pistonlu şırıngada yüzey daha geniş olduğu için suya daha fazla kuvvet uygulanır. Çünkü $P=F/S$ dir. Bu da kuvvetin yüzey alanına bağlı olduğunu gösterir. Ama kuvvet basınçtan farklı olmalı, yüzey alanına bağlı olan basınçtır. Kafam karıştı. Ben galiba yanlış biliyorum” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Bu tartışma süreci öğrencilerin birbirlerini karşılıklı ikna etme çabalarıyla geçmiştir. Kavram karikatüründen sonra öğrencilerden “Düşüncenizi ispatlamak için bir gösteri deneyi tasarlayınız” şeklindeki bir yönerge ile laboratuardan istedikleri araç-gereci kullanarak bir deney hazırlamaları istenmiştir. Ancak öğrencilerin laboratuvar deneyimlerinin çok yetersiz olması onları çalışma yaprağının bu kısmına teorik bilgi yazmanın dışına çıkaramamıştır. Bundan dolayı bu yönerge yerine öğrencilerin daha önceki bilgilerini hatırlamaya götürecek bir yönerge yazılmıştır. Daha sonra öğrencilerin “Basınç ve kuvvet aynı ifadeler midir?” sorusu üzerinde yoğunlaştıkları gözlenmiştir. Öğrencilerin bu kavramların farklı olduklarını kavradıkları ve girişteki

karikatürle de ilişkilendirerek bu farkı açıklamaya çalıştıkları belirlenmiştir. Bu derste öğrencilerin sahip oldukları yanlış fikirleriyle çelişkiye düştükleri ve sürekli olarak birbirlerine niçin o şekilde düşündüklerini örnekler vererek açıklamaya çalıştıkları gözlenmiştir.

Ders süresince öğrencilerin çoğunun tartışmalara istekli olarak katıldıkları ve fikirlerini yazarken özen gösterdikleri gözlenmiştir. Bazı öğrencilerin tartışmalardan önce yazdıkları düşünceleri tartışmadan sonra değiştiği halde tekrar yazmadıkları ve önceki fikirlerinin yalnızca çalışma yapraklarında yazılı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle sınıf tartışmaları yapıldıktan sonra öğrencilerin değişen fikirlerini çalışma yapraklarına tekrar yazmaları için bir yönerge eklenmesi veya öğrencilere sözlü olarak bunun ifade edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

2. Uygulama: “Aydaki Kuvvet” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 30-40 dakikadır. Uygulamaya 24 kişi katılmıştır.

Öğrencilerin ilk çalışma yaprağına göre kendinden daha emin bir şekilde davranarak bu çalışma yaprağını okudukları gözlenmiştir. Kavram karikatürünü okur okumaz öğrencilerin bir kısmının ayağa kalkarak “Bence Eylül doğru söylemektedir” şeklinde düşüncelerini çekinmeden belirttikleri gözlenmiştir. Eylül’ün düşüncesini benimseyen bir öğrenci bunun nedenini “Suyun yoğunluğu Dünya’da ve Ay’da aynıdır. Batma yoğunlukla ilgilidir. Suyun kaldırma kuvveti yoğunluğa bağlı olarak Dünya’da ve Ay’da aynıdır” şeklinde açıklamıştır. Bir öğrenci “Taş bence yüzer ve batmaz. Çünkü Ay’da çekim kuvveti yoktur” demiştir. Buna karşın başka bir gruptaki öğrenciler bu düşünceye karşı çıkarak Tunay’ın düşüncesini benimsediklerini ifade etmişlerdir. Bu gruptan bir öğrenci düşüncesini “Yerçekiminden dolayı Ay’da daha yavaş batar. Çünkü Ay’daki bir astronot adım atarken çok yavaş hareket edebilmektedir. Yukarı zıplarsa yere yavaşça düşer” şeklinde açıklamıştır. Bir öğrenci “Kafam karıştı. İki fikirde mantıklı geliyor. Ama birisi doğru değil mi? Bence yoğunluklarla ilgili değil, çünkü yoğunluklar değişmiyor. Ama tek değişken yer çekimi kuvveti, o zaman Tunay’ın düşüncesi daha doğru mu olur? Sizce hangisi doğru?” şeklindeki ifadesiyle öğretmenden onay beklediği belirlenmiştir. Bunun üzerine öğretmen öğrenciye bu düşüncesini tekrar zihninden geçirerek doğru sonuca kendisinin varabileceğini söylemiştir. Daha sonra öğrencilerin grup arkadaşları ile birebir fikirlerini paylaştıkları ve birbirlerini ikna etmeye çalıştıkları gözlenmiştir. Son olarak ne

düşündükleri sorulduğunda, birkaç öğrenci “Tunay’ın ifadesi daha doğrudur” söylemiştir. Diğer öğrencilerin sessizce yazmaya devam ettikleri gözlenmiştir. Tartışma sürecinde öğrencilerden bazılarının kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlenmiştir. Özellikle konu ile ilgili açıkladığı fikrinin doğru olduğunu düşünen öğrencilerin tartışmalarda daha ısrarla fikirlerini savundukları ve yanlış fikre sahip olduğunu düşündükleri arkadaşlarını ikna etmek için daha çok çaba gösterdikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin çoğunun kavram karikatüründe doğru olduğunu düşündükleri ifadenin niçin doğru olduğunu tartışmak yanında yanlış olduğunu düşündükleri ifadelerin de niçin yanlış olduklarını açıklamaya çalıştıkları tespit edilmiştir. Bu ders süresince öğrencilerin daha da istekli bir şekilde tartışmalara katıldıkları ve arkadaşlarını ikna etmek için çaba gösterdikleri gözlenmiştir. Çalışma yaprağının uygulanması sürecinde herhangi bir problem ortaya çıkmadığı için çalışma yaprağı üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

3. Uygulama: “Serbest Düşmede Kuvvet” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 40-50 dakikadır. Uygulamaya 25 kişi katılmıştır.

Başlangıçta öğrencilerden ikisinin daha sonra diğer öğrencilerden bazılarının da kavram karikatüründeki olayın “Havasız ortamda mı gerçekleşmektedir” şeklinde soru sormuşlardır. Bu yanlış anlamının çalışma yaprağının isminden dolayı ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Bu nedenle başlangıçta “Havasız ortamda kuvvet” olan çalışma yaprağının ismi “Serbest düşmede kuvvet” olarak değiştirilmiştir. Öğrencilerin giriş bölümündeki karikatürü inceleyerek çalışma yaprağına düşüncelerini yazdıkları gözlenmiştir. Bu sırada bir öğrencinin yanındaki iki arkadaşına göstererek, biri top halinde diğeri açık halde olan iki defter kâğıdını belli bir yükseklikten tekrar tekrar serbest bırakarak gözlem yaptıkları belirlenmiştir. Öğretmen bu öğrenciden aynı deneyi sınıfın önünde tekrarlamasını istemiştir. Bu öğrenci deneyi yaparken aynı zamanda gözlediklerini: “Açık haldeki kâğıdı yere dik olarak bıraktığımızda top olanla aynı zamanda düştüklerini görüyoruz. Ancak, açık kâğıdı yere yatay olarak bırakırsak top olan daha çabuk düşüyor. Çünkü açık kâğıda yüzeyinden dolayı daha çok hava direnci etki eder ve onu yavaşlatır. Hocam bu çalışma yaprağındaki soruya yanıt verirken bunlardan hangisini düşüneceğiz?” şeklinde açıklamıştır. Hemen kız öğrencilerden biri “Kâğıdı dik olarak çok daha yüksek bir yerden bırakırsak düşene kadar sürekli dik kalamayacağından daha geç düşecektir. O zaman bu arkadaşımızın söyledikleri geçersiz kalacaktır” şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. Bunun

ardından başka bir öğrenci daha ayağa kalkarak “Hava sörfü yapan sporcuların daha yavaş düşmek için gökyüzünde yere yatay bir şekilde durmaya çalıştıklarını gördüm” dedi. Bunun üzerine öğretmen örnekleri artırmak amacıyla “Uçaktan atladıktan sonra paraşütçülerin halka şeklini almadan önce dizlerini kırarak ayaklarını yukarıya kaldırıp, göğüslerini yere paralel hale getirdiklerini görmüşsünüzdür. Şimdi bütün bu konuşmaları düşünerek kendi fikrinizi yazmaya çalışın” söylemiştir. Öğrencilerin tartışmalara kolaylıkla hava direncinin etkisini katmaları araştırmacıyı kavram karikatüründeki konuşma baloncuklarından birinde bir değişiklik yapmaya götürmüştür. Buna göre Hakan’ın “Hava direncinden dolayı top halindeki kağıt daha kısa sürede düşer” şeklindeki ifadesi yerine “Top halindeki kağıt daha kısa sürede düşer” yazılmıştır. Burada ayrıca öğrencilerin hava direncini düşünüp düşünemeyeceklerini belirlemek, bununla birlikte eğer başka etkenler olduğunu düşünüyorlarsa onları da çekinmeden veya kısıtlandıklarını düşünmeden söylemelerini sağlamak amaçlanmaktadır.

Ders süresince öğrencilerin çoğunun çalışma yaprağına düşüncelerini yazmadan önce sınıf tartışmalarına katıldıkları, tüm tartışmalar bittikten sonra soruları yanıtladıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin çalışma yaprağında istenenleri yaparak düşüncelerini yazdıktan sonra değerlendirme amacıyla verilen kavram karikatürünü inceledikleri gözlenmiştir. İki öğrenci karakterlerden ikisinin aslında aynı şeyi ifade ettiklerini söylediler. Bunun üzerine öğretmen kavram karikatürünü inceleyerek İngilizceden Türkçeye çeviri yaparken ifadelerin yanlış kullanıldığını belirlemiştir. Bu yüzden öğrencilerden düşüncelerini kendi ifadeleri ile yazmaları istenmiştir.

4. Uygulama: “Serbest Cisim Diyagramı Çizme” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 50-60 dakikadır. Uygulamaya 11 kişi katılmıştır.

Derse başlamadan altı öğrencinin grup halinde bir masanın etrafında oturdukları, diğerlerinin de ikişer veya üçerli olarak bir arada buldukları görülmüştür. Çalışma yaprakları dağıtıldıktan sonra öğrencilerin aralarında konuştukları ve yazdıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin kuvvetleri şekiller üzerinde göstermeyi tercih etmeleri nedeniyle şekillerin altında bırakılan boşluğun kaldırılmasına karar verilmiştir. Öğrencilerden biri kaldırılarak tahtaya şekilleri çizip kuvvetleri göstermesi istenmiştir. Sınıftaki öğrencilere bir eksiklik olup olmadığı sorulduğunda öğrencilerden sadece biri “Şekil 2’de sürtünme kuvvetini de çizmek gerekir mi?” diye sordu. Bunun üzerine sınıftaki

öğrencilerden biri “Durgun haldeyken cisme sürtünme kuvveti etki etmez, ancak bir kuvvet uygulanmaya başlarsak sürtünme kuvvetinden söz edebiliriz” diye düşüncesini ifade etmiştir. Bir öğrenciden dengelenmiş kuvvetleri göstermesi istenmiştir. Diğer öğrenciler de çizilenlerin doğru olduğunu düşündüklerini söyleyince öğretmen tahtada yazılı olanları sözlü olarak tekrarlamış ve öğrencilerden diğer etkinliğe geçmelerini istemiştir. Ancak bu sırada öğrencilerin küçük bir kısmının ilk etkinlikle meşgul olmaya devam ettikleri gözlenmiştir. Ancak daha sonra öğrencilerin hızlarındaki bu farkın onları etkilemediği anlaşılmıştır. Bu öğrencilerin ilk etkinlikle ilgili tartışmalara da katıldıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin bu bölümde kendilerinde oldukça emin bir şekilde davrandıkları ve düşüncelerini yazmaya istekli oldukları gözlenmiştir. Değerlendirme amaçlı sorulan kavram karikatürünü inceleyen öğrencilerden üçünün bu olayı masalarında bulunan bir eğik düzlemden farklı büyüklükte tahtaları bırakarak denedikleri belirlenmiştir. Öğrencilere fikirlerinin ne olduğu sorulduğunda altı kişinin Aygün’ün, üç kişinin Özgür’ün doğru söylediğini düşündükleri görülmüştür. Aygün’ün fikrini benimseyen öğrencilerden biri bunun nedenini “Çünkü basıncı daha azdır. Ayrıca, hafif olan daha çabuk kayar. Çünkü sürtünme en az hafif olana etki eder” şeklinde açıklamıştır. Bu öğrenciye sürtünmenin çok az ve kayakların eşit büyüklükte olduğu zaman durumun nasıl olacağı sorulmuştur. Saçını biraz karıştırdıktan sonra bu öğrenci “Biraz önce çizdiğimiz eğik düzlemdeki gibi ağırlığın yatay bileşeninden dolayı ağır olan daha çabuk kayar” şeklinde ifadesini değiştirmiştir. Daha sonra bir öğrenci ile geçen karşılıklı konuşma şu şekildedir:

Öğrenci: “Ama kayakların büyüklüğü etkiler”

Öğretmen: “Niçin?”

Öğrenci: “Çünkü basınç değişir”

Öğretmen: “Peki, basıncın harekete bir etkisi var mıdır?”

Öğrenci: “Yoktur”

Öğretmen: “Basınç değişirse yatayda çocuğa etki eden kuvvet değişir mi?”

Öğrenci: “Tamam, tamam. Şimdi kafama yattı”

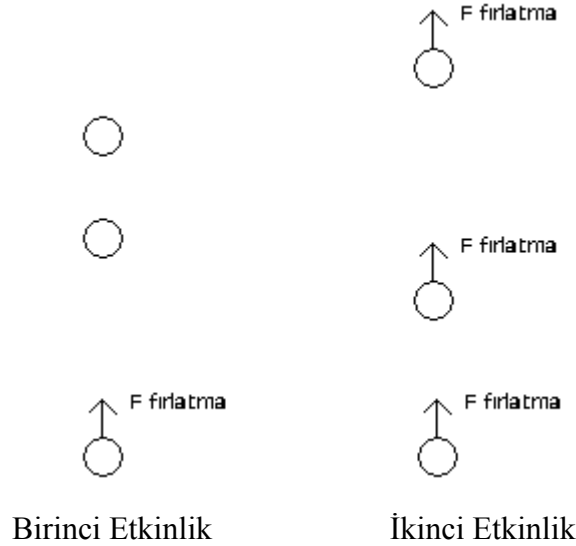
Bu tartışmadan sonra öğrencilerin çoğunun çalışma yapraklarına hem doğru hem de yanlış olduğunu düşündükleri fikirlerin nedenlerini yazmaya çalıştıkları belirlenmiştir.

Öğrencilerden gruplar halinde oturması istenmemesine rağmen ders süresince öğrencilerin kendi aralarında gruplar oluşturarak çalıştıkları gözlenmiştir.

5. Uygulama: “Hareketi Başlatan Kuvvet” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 40-50 dakikadır. Uygulamaya 11 kişi katılmıştır.

Dersin başında öğrencilerin sınıfta iki grup halinde oturdukları gözlenmiştir. Çalışma yaprağının girişindeki kavram karikatürünü inceledikten sonra gruplardan biri hareket yönünde bir kuvvet olacağını, diğeri okun kazandığı kinetik enerji ile hareket edeceğini söylemiştir. Bunun üzerine öğretmen, öğrencilerden etkinliğe devam etmelerini istemiştir. Burada öğretmenin amacı etkinliklerin öğrencilerin düşünceleri üzerindeki etkisini doğrudan belirleyebilmektir. Daha sonra iki öğrencinin top haline getirdikleri kağıtları yukarı doğru fırlattıkları ve grup arkadaşlarının bu olayı izlediği gözlenmiştir. Bazı öğrencilerin ise hala ilk soruyu yanıtlamaya çalıştıkları belirlenmiştir. Genelde öğrencilerin kendi hızlarında çalışmalarına izin verilmiştir. Bu sırada öğretmen öğrencilere “Havaya fırlattığınız bu topa fırlatma kuvveti etki etmeye devam eder mi?” diye sorulmuştur. Gruplardan birine ne düşündükleri sorulduğunda gruplar arasında fikir ayrılığı olduğu gözlenmiştir. Gruplardan biri kuvvetin etki etmeye devam edeceğini, diğeri bu kuvvetin enerjiye dönüşeceğini söylemiştir. Daha sonra öğrencilerden diğeri etkinliği yapmaları istenmiştir. Ancak öğrencilerin bu iki durum arasında bir bağlantı kuramadıkları görülünce öğretmen tahtaya aşağıdaki şekilleri çizmiştir.



Bir öğrenci hala bir kuvvetin etki etmesi gerektiğini ve bu kuvvet olmazsa cismin yükselmeyeceğini söylerken diğeri öğrenciler başlangıçtaki kuvvetin enerjiye dönüşeceğini belirtmişlerdir. Yanlış fikrinde ısrar eden öğrenciye öğretmen “Eğer bu kuvvet sürekli olarak varsa cisim neden düşüyor?” diye sormuştur. Öğrencinin cevabı “Kafam karıştı, biraz daha düşünmemem lazım” olmuştur. Daha sonra bir öğrenci etki eden tek kuvvetin yer çekimi olduğunu söyleyince yanlıştının farkına varan Ayşe “Evet

doğru söylüyorlar. Başlangıçtaki kuvvetin enerjiye dönüştüğü fikri her şeyi açıklıyor” diyerek daha önceki kararsızlığının sona erdiğini göstermiştir. Daha sonra öğrencilerin çalışma yaprağına düşüncelerini yazmak için bir sessizlik yaşanmıştır. Bu ders süresince öğrencilerin daha da istekli olarak tartışmalara katıldıkları gözlenmiştir. Özellikle sınıfta karşıt düşünceler olduğu zaman öğrencilerin tartışmalara farklı örnekler sunarak daha da çok katıldığı ve birbirilerini ikna etmek için çaba gösterdikleri belirlenmiştir. Öğretmen de zaman zaman öğrencilere konu ile ilgili ne düşündüklerini sorarak sınıfta farklı fikirlerin açığa çıkmasını sağlamıştır. Bu alışma yaprağında herhangi bir eksiklik bulunmamıştır ve uygulanabilirliğinin oldukça iyi durumda olduğu belirlenmiştir.

6. Uygulama: “Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu alışma yaprağı için öngörülen süre 50-60 dakikadır. Uygulamaya 20 kişi katılmıştır.

Öğrencilere öncelikle çalışma yaprağının başındaki soruyu düşünmeleri belli bir süre verilmiştir. Daha sonra onlardan sırayla hipotezlerini söylemeleri istenmiştir. Öğrencilerin aynı hipotez üzerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Daha sonra etkinliklere devam etmeleri istendi. Bir ğrenci “rneğin ray üzerinde hareket eden bir arabaya sürtünme kuvvetini yenecek kadar bir kuvvet uygularsak net kuvvet sıfır olur ve araba sabit hızla yoluna devam eder” şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. Öğrencilerin bu fikri desteklediklerini ve bunu yapabilmek için bazı araç-grecin gerektiğini söylemişlerdir. Öğrencilerin Fizik laboratuvarı deneylerinde pek ilerlemiş olmamaları ve laboratuvarla ilgili deneyimlerinin yetersiz olmasından dolayı tam bir deney tasarlayamadıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin genelde “Böyle yapsak şöyle olur” gibi açıklamalarla aralarında fikir alış verişinde buldukları gözlenmiştir. Ayrıca, alışma yapraklarına düşündükleri bu deneyleri açıklayarak yazdıkları belirlenmiştir. Daha sonra öğrenciler çalışma yaprağının arka sayfasındaki kavram karikatürünü incelemeye başlamışlardır. Öğrencilerin Emre ve mer’in fikirlerinin doğru olabileceğini düşündükleri belirlenmiştir. Bu kavram karikatüründe diğerlerinden farklı olarak iki doğru ifadeye yer verilmiştir. Bununla ğrencilere farklı koşullarda doğruların değişebileceğini göstermek amaçlanmaktadır. Tartışmalardan bu amaca ulaşıldığı anlaşılmıştır. Bazı ğrencilerin karikatürdeki diğer fikirleri de ele alarak bunların niçin yanlış olduğunu düşündüklerini açıklama kısmında yazmaya çalıştıkları gözlenmiştir.

7. Uygulama: “Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 50-70 dakikadır. Uygulamaya 15 kişi katılmıştır.

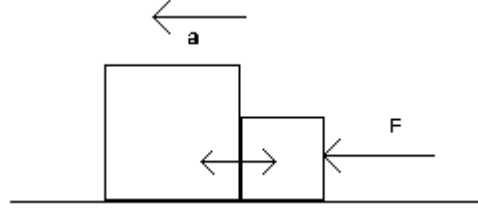
Aynı kavramları inceleyen iki çalışma yaprağının arka arkaya uygulanmasındaki amaç öğrencilerin hem kuvvet kavramını hem de kuvvetin harekete etkisini daha iyi kavratmak, bu konu ile ilgili kavram yanlışlarının çok olması ve bunları gidermek için öğrencileri bu kavramlarla daha çok meşgul etmektir. Öğrenciler çalışma yaprağının girişindeki kavram karikatürünü inceledikten sonra onlara neler düşündükleri sorulmuştur. Söz alan öğrencilerin aynı fikirde oldukları belirlenmiştir. Öğrencilerin doğru ve yanlış olduğunu düşündükleri ifadeleri ayrı ayrı ele alıp çalışma yaprağına açıklayarak yazdıkları tespit edilmiştir. Çalışma yaprağındaki düzenek daha önceden öğretmen tarafından hazırlanmıştır. Ancak bazı aksilikler nedeniyle ders sırasında deney yapılamamıştır. Bu nedenle öğrencilerden çalışma yaprağındaki diğer yönergeleri okuyarak anlamadıkları ifadeler varsa söylemeleri istenmiştir. Öğrenciler her şeyin anlaşılır olduğunu ve bu etkinliğin kolayca yapılabileceğini belirtmişlerdir. Daha önceki dersteki etkinliklerin öğrencilerin kuvvet ve hareket ile ilişkili kavramları doğru bir şekilde ifade etmelerinde etkili olduğu bu dersteki deneyin yapılamamasına rağmen anlaşılmıştır. Öğrencilerin deney yapılırsa nelerin elde edilebileceğini doğru bir şekilde tahmin ettikleri tespit edilmiştir. Fizik Laboratuvarı dersinde “Hareket, Hız ve İvme” deneyini yapan öğrencilerden biri “Sistem serbest kaldığında arabaya sabit kuvvet etki edeceğinden gittikçe hızlanır ve telem şeridindeki noktalar arasındaki mesafe artar. Bu noktalardan yararlanarak arabanın hızını ve ivmesini hesaplayabiliriz” diyerek deneyimlerini arkadaşları ile paylaşmıştır. Öğrencilerin diğer sorularla ilgili fikirleri de belirlendikten sonra bu ders tamamlanmıştır.

8. Uygulama: “Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 40-50 dakikadır. Uygulamaya 11 kişi katılmıştır.

Öğrencilerin sıra arkadaşları ile konuşarak çalışma yaprağının girişindeki kavram karikatürünü inceledikleri gözlenmiştir. İki öğrenci ilk etkinliği denediklerini ve birbirlerine aynı kuvveti uyguladıklarını söylemişlerdir. Bu öğrencilerden aynı gösteriyi sınıfın önünde tekrarlamaları istenmiştir. Öğrenciler ayakta yüz yüze durarak ellerini birleştirip birbirlerini itmeye çalışmışlardır. Kilonları farklı olan öğrencilere kilonun

uygulanan kuvvete bir etkisi olup olmayacağı sorulmuştur. Öğrenciler kilonun uygulanan kuvvete etkisi olmayacağını söylemişlerdir. Öğrencilerden biri ip yarışı örneğini vererek “Eğer gruplarda bir ilerleme olmazsa kuvvetler eşittir. Bu durumla ikisinin benzer olduğunu düşünüyorum” demiştir. Daha sonra bir öğrenci “İki blok çarpıştırılırsa farklı kütlelerde aralarında eşit kuvvet uyguladıklarını daha önce bir derste görmüştür” şeklinde fikrini belirtmiştir. Başka bir öğrenci “İp yarışında yenen kişinin daha fazla kuvvet uyguladığını söylemiştir. Bunun üzerine öğretmen tarafından “Bir ip üzerinde iki farklı büyüklükte kuvvet olur mu?” diye sorulmuştur. Öğrencilerden “Olmaz” cevabı alınmıştır. Bir öğrenci “Ama ip yarışında ilk anda daha fazla kuvvet uygulayan diğer grubu yener” demiştir. Öğretmen öğrencilere farklı bir bakış açısı oluşturmak için tahtaya aşağıdaki gibi iki farklı büyüklükte blok çizmiştir.



Öğrencilerden bazıları bloklar arasındaki kuvvetlerin eşit olduğunu söylemişlerdir. Öğrencilerden biri “Ağırlığın bir etkisi olmaz, çünkü ağırlığın yönü aşağıya doğru, ancak uygulanan kuvvetin yönü yataydır” şeklinde düşüncesini ifade ettikten sonra bütün sınıfta bir sessizlik yaşandı ve daha sonra öğrencilerin arka sayfadaki kavram karikatürünü okudukları gözlenmiştir. Öğrencilerden gelen tepkilere göre bu kavram karikatürüne arabaların özdeş maddelerden yapıldığı ve aynı hızla birbirlerine doğru geldikleri ifadesinin eklenmesi veya sözlü olarak öğrencilere önceden belirtilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

9. Uygulama: “Etki Tepki Kuvvetleri” isimli çalışma yaprağının uygulaması ve çalışma yaprağında yapılan düzenlemeler

Bu çalışma yaprağı için öngörülen süre 40-50 dakikadır. Uygulamaya 11 kişi katılmıştır.

Dersin başında bir öğrenci “Kayığın dalganın etkisiyle de açılmış olabilir. Bunu da göz önünde bulundurmak gerekir mi?” diye sormuştur. Öğretmen her zaman olduğu gibi öğrencilere her etkiyi göz önünde bulundurabilecekleri, fakat asıl etkili olan nedenleri düşünmeleri gerektiği söylenmiştir. Bütün öğrencilerin ilk bölümü tamamlamaları beklenmiştir. Daha sonra onlardan düşündükleri örnekleri sınıfa sunmaları istenmiştir. Örnekler dinlenip yorumlandıktan sonra çalışma yaprağının ikinci bölümüne geçilmiştir.

İki öğrencinin oturdukları yerde dinamometreleri çektikleri görülmüştür. Bu öğrencilerden sınıfın önünde bu deneyi tekrar yapmaları istenmiştir. Bu öğrenciler dinamometreleri çekerken bir öğrenci de her iki dinamometrenin gösterdiği değerleri sesli olarak söylemiştir. Birkaç deneme daha yapıldıktan sonra öğrencilerden biri “Zaten eşit çıkmalıydı” demiştir. Daha sonra öğrencilerin çalışma yaprağına yazmaya devam ettikleri belirlenmiştir.

Bu kısım özetlenirse; çalışma yapraklarının pilot uygulaması sonucu bazı kavram karikatürlerindeki ifadelerde eksiklik ve yanlışlıkların olduğu belirlenmiş ve bunlar yeniden düzenlenmiştir. Çalışma yapraklarının uygulandığı dersler süresince öğrencilerden gelebilecek soru ve farklı fikirler belirlenerek esas uygulamaya hazırlık yapılmıştır. Buna göre çalışma yapraklarındaki etkinlikler üzerinde tartışırken öğrencilerin nasıl yönlendirilebileceği ve kavramların tartışılması sürecinde öğrencilere farklı olarak ne gibi örneklerin sunulabileceği belirlenmiştir.

2.7. Asıl Uygulamaların Yapılması

Bu çalışma, 2005–2006 öğretim yılı bahar döneminde KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Programındaki 38 birinci sınıf öğrencisi ile yürütülmüştür. Bu sınıfta çalışma yaprakları uygulanarak öğrenme sonuçları değerlendirilmiştir. Öğretmen adaylarının Newton’un hareket kanunları ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermeye yönelik çalışma yaprakları geliştirilmiş ve etkililiği araştırılmıştır. Asıl çalışmaya ait araştırma düzeni aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 10. Asıl çalışmaya ait araştırma düzeni

Süreç	Uygulamalar	Uygulama Şekli	Süreleri
Ön Uygulamalar	NHK-KAT'nin ön test olarak uygulanması ÖHM'ların ön mülakatlar olarak yapılması	Bireysel Bireysel	
1. Hafta	1. “Kuvvet ve Basınç” 2. “Aydaki Kuvvet”	Bireysel Bireysel	2 ders saati
2. Hafta	3. “Serbest Düşmede Kuvvet” 4. “Serbest Cisim Diyagramı Çizme”	Grup (2-4 kişilik) Grup (2-4 kişilik)	2 ders saati
3. Hafta	5. “Hareketi Başlatan Kuvvet”	Grup (2-4 kişilik)	2 ders saati
4. Hafta	6. “Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi”	Grup (4-5 kişilik)	2 ders saati

Tablo 10'un devamı

5. Hafta	7. "Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket"	Grup (4-5 kişilik)	2 ders saati
6. Hafta	8. "Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet" 9. "Etki Tepki Kuvvetleri"	Grup (2 kişilik) Grup (2 kişilik)	2 ders saati
Son Uygulamalar	NHK-KAT'nin son test olarak uygulanması ÖHM'lerin son mülakatlar olarak yapılması Yarı yapılandırılmış mülakatların yapılması	Bireysel Bireysel Bireysel	

Tablo 10'da görüldüğü üzere, NHK-KAT ve ÖHM'in ön uygulamasından sonra çalışma yapraklarının esas uygulaması her hafta 2 saat olmak üzere 6 haftada (12 saat) tamamlanmıştır. Çalışma yaprakları çoğunlukla grup çalışmaları ile uygulanmıştır. Çalışma yapraklarından sonra NHK-KAT ve ÖHM'in son uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunların yanında öğretmen adaylarının dersler hakkındaki görüş ve düşüncelerini belirlemek için yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülmüştür. Uygulamaların tümü bizzat araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, çalışma yapraklarının uygulaması yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı giriş, etkinlik ve değerlendirme basamaklarını içeren üç aşamalı bir model dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu basamaklar aşağıda daha ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Giriş aşamasında; öğrencilerin konu veya kavrama ilgilerini çekmek için çalışma yaprağında yer alan etkinlikler hakkında grup ve sınıf tartışmaları yapılmaktadır. Öncelikle istekli olan öğrencilerin konuşmaları için öğretmen söz hakkı verebilir. Daha sonra diğer öğrenciler fikirlerini açıklamaları konusunda teşvik edilmelidir. Öğrencilerin fikirlerini açıklamaları birbirlerinin fikirlerinden haberdar olmalarını, bunlarla ilgili kendi görüşlerini belirtmelerini ve doğru bilgiye ulaşmanın yollarını araştırmalarını sağlamaktadır. Bu aşamada, öğrencilerin mevcut bilgileri ile yeni sunulan duruma yanıt ararken çelişki yaşamaları, sınıftaki farklı görüşleri fark etmeleri, zihinsel karmaşa yaşamaları ve yeni konuyu öğrenmeye motive olmaları beklenmektedir. Öğretmen tartışmaların konu üzerinde odaklanmasını sağlamak amacıyla zaman zaman sorular sormalı ve gerektiğinde farklı örnekler sunarak öğrencilerin konuya farklı açılardan bakmalarını sağlamalıdır.

Etkinlik aşamasında; öğrencilerden gerek bireysel gerekse grup çalışmaları ile çalışma yaprağında yer alan çeşitli deney ve etkinlikleri yapmaları ve bunları sunmaları istenmektedir. Bu sunumlar sınıfta zamanın etkili bir şekilde kullanımını sağlamanın yanında bütün öğrencilerin aynı konu üzerinde odaklanmasına yardımcı olmaktadır. Böylece

öğrencilerin birbirlerinin yaptıklarından haberdar olmaları ve bunlar hakkında görüş belirtmeleri sağlanabilir. Daha sonra öğrenciler elde ettikleri verileri ve gözlemlerini çalışma yapraklarına kaydederek bunları yorumlarına yönelik sorulan soruları yanıtlamaları beklenmektedir. Bu süreçte öğrencilerin etkinlikler arasındaki geçişini kolaylaştırmak için çalışma yapraklarındaki yönergeleri takip etmeleri sağlanabilir. Bunun yanında, öğretmen sınıfta dolaşarak öğrencilerin yaşadıkları güçlüklerin üstesinden gelmelerine yardımcı olmalıdır.

Değerlendirme aşamasında; öğrenciler önceki aşamada kazandıkları deneyimlerini sunulan yeni durumlara uygulamaları ve soruları yanıtlamaları beklenmektedir. Bu süreçte öğretmen öğrencilere fazla müdahale etmeden sıra aralarında dolaşarak öğrencilerin yazdıklarını kontrol etmelidir. Öğretmen zaman zaman öğrencilerle diyaloga girerek onların doğru bilgilere ulaşmaları için yönlendirici soruları ile yardımcı olmalıdır.

Bu çalışmada, yukarıda sözü edilen aşamalar takip edilerek çalışma yaprakları uygulanırken bireysel ve grup çalışmalarında her öğrenciye birer çalışma yaprağı sağlanarak, grup ve sınıf tartışmalarına ağırlık verilmiştir. Ayrıca, öğrencilerden tartışmalardan sonra fikir birliğine vardıkları yanıtı çalışma yapraklarına kendi cümleleri ile yazmaları istenmiştir.

Giriş, etkinlik ve değerlendirme aşamalarında çalışma yapraklarında tartışılan konular ve kullanılan öğretim teknikleri Tablo 11’de özetlenmiştir.

Tablo 11. Çalışma yapraklarının uygulama aşamalarına göre tartışılan konular ve uygulanan öğretim teknikleri

Çalışma Yaprakları	Öğretim Teknikleri ve Konular		
	<i>Giriş</i>	<i>Etkinlik</i>	<i>Değerlendirme</i>
Kuvvet ve Basınç	<i>Kavram karikatürü/ Bireysel çalışma/ Açıklama: Eşit kuvvetlerin farklı yüzey alanlarına uyguladığı basınç</i>	<i>Tartışma/Yazma/Şekil çizme: Kuvvete bağlı olarak basıncın değişimi</i>	<i>Tartışma/Soru-Cevap/ Yazma: Basıncın diğer fizik kavramlarından farkı</i>
Aydaki Kuvvet	<i>Kavram karikatürü/ Tartışma: Ayda ve Dünyada serbest düşme yapan cisme etki eden kuvvetler</i>	<i>Bireysel çalışma/Açıklama/ Yazma: Bu kuvvetlerin serbest düşen cismin hızına etkisi</i>	<i>Örnek Verme/Tartışma/ Yazma: Benzer örneklerdeki kuvvetler</i>
Serbest Düşmede Kuvvet	<i>Kavram karikatürü/ Tartışma/Açıklama/Yazma: Serbest düşme yapan farklı yüzeylere sahip eşit kütleli cisimlere etki eden kuvvetler</i>	<i>Grup çalışması/Gösteri/ Soru-Cevap/Tartışma/ Yazma: Havasız ortamda serbest düşen nesnelere etki eden kuvvetler</i>	<i>Kavram karikatürü/ Açıklama/Yazma: Farklı kütleyle sahip cisimlere serbest düşmede etki eden kuvvetler ve hızlarındaki değişim</i>

Tablo 11'in devamı

Serbest Cisim Diyagramı Çizme	<i>Çizim/Tartışma:</i> Tavana asılı cisme etki eden kuvvetler, masa üzerindeki cisme etki eden kuvvetler, eğik düzlemde kayan kutuya etki eden kuvvetler, serbest düşme yapan kutuya etki eden kuvvetler	<i>Grup çalışması/Tartışma/Yazma:</i> Bu kuvvetler arasındaki ilişkiler	<i>Kavram karikatürü/Tartışma/Açıklama:</i> Farklı özelliklere (ağırlık, kayağın boyutu vs.) sahip dört kayakçının bitiş noktasına varmasına etki eden faktörler
Hareketi Başlatan Kuvvet	<i>Soru-Cevap/Tartışma/Çizim/Açıklama/Yazma:</i> Havada hareket eden oka etki eden kuvvetler	<i>Grup çalışması/Gösteri/Tartışma/Çizim/Açıklama/Yazma:</i> Önce defter kağıdından yapılan topu havaya fırlattıktan sonra ona etki eden kuvvetler, sonra aynı defter kağıdını avucunda tutarak fırlatma kuvvetini değiştirmeden yukarı doğru havaya yükseltirken topa etki eden kuvvetler	<i>Açıklama:</i> Oka etki eden kuvvetler
Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi	<i>Grup çalışması/Hipotez kurma/Tartışma:</i> Hareket halindeki bir nesnenin sabit hızla yoluna devam edebilmesi için nesneye uygulanacak kuvvetin büyüklüğünün nasıl olması gerektiği ile ilgili hipotez kurma	<i>Grup çalışması/Deney tasarlama-yapma/ Veriler elde etme/Soru-Cevap/Tartışma/Yazma:</i> Hipotezi doğrulamak amacıyla deney tasarlama, deneyi yaparak veriler elde etme ve verileri kontrol etme	<i>Kavram karikatürü/Açıklama:</i> Hareket halindeki kayakın üzerindeki kişiye etki eden kuvvetler ve hareketi
Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket	<i>Kavram karikatürü/Tartışma:</i> Sabit hız için gereken kuvvetin büyüklüğü	1. <i>Grup çalışması/Deney ve gözlem yapma/Veri toplama/Verileri kaydetme/Yorumlama/Tartışma:</i> Sabit kuvvet etkisinde hareket 2. <i>Tahmin/Deney ve gözlem yapma/Verileri yorumlama/Tartışma:</i> Cismin kütlesi ile uygulanan kuvvetin eşit olması durumunda hareketlinin hızı, dengelenmiş kuvvetlerin harekete etkisi	<i>Yazma:</i> Net kuvvetin sıfır olası durumunda hareket
Etkileşen Nesneler Arasındaki Kuvvet	<i>Kavram karikatürü/Tartışma/Yazma:</i> Etkileşen nesneler arasındaki kuvvet, ağırlığın etki-tepki kuvvetlerine etkisi, statik ve dinamik durumlarda etki-tepki kuvvetleri	<i>Grup çalışması/Soru-Cevap/Tartışma:</i> Sıra arkadaşı ile birbirlerine uyguladıkları kuvvetler	<i>Kavram karikatürü/Yazma:</i> Farklı kütlelere sahip nesnelerin çarpışması durumunda etki-tepki kuvvetleri

Tablo 11'in devamı

Etki Tepki Kuvvetleri	<i>Açıklama/Yazma/Örnek Verme/Tartışma:</i> Kayıktan kıyıya atlayan adamın kayığa uyguladığı kuvvet ile kayığın uyguladığı kuvvet, buna benzer günlük hayattaki örneklerde etki-tepki kuvvetleri	<i>Deney/Gözlem/Yorumlama:</i> Farklı kütleyle sahip öğrencilerin dinamometrelere uyguladıkları kuvvetler	<i>Tartışma/Açıklama/Yazma:</i> İtme ve çekme durumlarında etki-tepki kuvvetleri, Newton'un üçüncü kanununu açıklama
-----------------------	--	---	--

Tablo 11'de görüldüğü üzere, bu araştırmadaki çalışma yapraklarının giriş aşamasında; kavram karikatürleri ve günlük hayattan olaylara dayalı tartışmalar, bu tartışmalar sonucu ortaya çıkan fikirleri açıklama ve yazma gibi öğretim tekniklerine ağırlık verildiği görülmektedir. Örneğin; “*Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket*” konulu çalışma yaprağının girişindeki kavram karikatüründe, öğrenciler verilen duruma en uygun olan karakterin ifadesini seçmektedirler. Daha sonra öğrencilerin verdikleri yanıtlar üzerine bir sınıf tartışması yapılmaktadır. “*Etki-Tepki Kuvvetleri*” konulu çalışma yaprağının girişindeki resimde yer alan olayı öğrencilerden düşünmeleri bu durumu günlük hayattan örnekler vererek açıklamaları istenmektedir. Yine sınıf tartışması yapılmakta ve öğrencilerin görüşlerini çalışma yapraklarına yazmaları istenmektedir.

Etkinlik aşamasında; bireysel ve grup çalışmaları ile deney ve gözlem yapma, elde edilen verileri yorumlama, gösteri hazırlama ve sınıfa sunma, şekil çizme, sınıf tartışmaları, soruları cevaplama, sınıfa açıklama yapma gibi bir takım öğretim teknikleri kullanılmıştır. Örneğin; “*Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi*” konulu çalışma yaprağında öğrencilerden bir nesnenin sabit hızla yoluna devam edebilmesi için uygulanacak kuvvetin büyüklüğü ile ilgili kurdukları hipotezi grup çalışması yoluyla bir deney tasarlayıp yapmaları, gözlemler yoluyla elde ettikleri verileri bir dizi soruyu cevaplayarak yorumlamaları ve tartışmaları istenmektedir.

Değerlendirme aşamasında; kavram karikatürleri ve araştırılan kavramlarla ilgili sorular hakkında çok az tartışmaya başvurularak daha çok bireysel çalışmaya ağırlık verilmiştir. Daha sonra öğrencilerden fikirlerini açıklamaları ve yazmaları istenmiştir. Örneğin; “*Serbest Cisim Diyagramı Çizme*” konulu çalışma yaprağında öğrencilere nesnelere etki eden dengelenmemiş kuvvetlerin harekete etkisini irdeleyen bir kavram karikatürü sunulmuş ve verdikleri yanıtı açıklamaları istenmiştir. “*Aydaki Kuvvet*” konulu

çalışma yaprağında öğrenciler öğrendikleri bilgileri farklı durumlara uygularken örnek verme, tartışma ve yazma gibi öğretim tekniklerini kullanmışlardır.

2.8. Elde Edilen Verilerin Analizi

Bu kısımda, NHK-KAT' tan, ÖHM'tan, yapılandırılmamış gözlem ve yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen verilerin analizi başlıkları altında ayrı ayrı sunulmuştur.

2.8.1. Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinden Elde Edilen Verilerin Analizi

Açıklamalı-çoktan seçmeli soruların değerlendirilmesinde “doğru seçenek-doğru neden (5 puan), doğru seçenek-kısmen doğru neden (4 puan), doğru neden (3 puan), doğru seçenek veya kısmen doğru neden (2 puan), doğru seçenek-alternatif kavram içeren neden (1 puan), yanlış seçenek-alternatif kavram içeren neden (0 puan)” şeklinde puanlandırılan anlama seviyeleri kullanılmaktadır (Çalık, 2005; Çalık vd., 2005). Bu ölçütlerin önceden tasarlanmamış, öğrencilerin sorulara verdikleri yanıtların ön incelemesi sonucunda oluşturulduğu belirtilmektedir (Çalık, 2005; 2006).

Öğrencilerin yanıtları için bu tür bir sınıflandırmanın kullanılması araştırmacıya öğrencilerin anlamalarını karşılaştırmada önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu bağlamda, bu araştırmada açıklamalı-çoktan seçmeli maddelerden oluşan testin uygulamasından sonra öğrencilerin yanıtlarının ön incelemesi yapılarak şu ölçütler ortaya çıkmıştır: doğru seçenek ve doğru neden (DSDN), doğru seçenek ve kısmen doğru neden (DSKDN), doğru seçenek (DS), yanlış seçenek ve kısmen doğru neden (YSKDN), yanlış seçenek ve/veya kavram yanılığı içeren neden (YSKYİN veya KYİN), yanlış seçenek (YS) ve yanıt yok (YY). Böylece öğrencilerin yanıtları ön ve son test uygulamalarında toplam 8 anlama seviyesine göre sınıflandırılmıştır.

Açıklamalı-çoktan seçmeli sorulara verilen yanıtların puanlandırılmasında öğrencilerin verilen şıklar arasından doğru olanı bulması ve doğru açıklama yapması önemli görülmektedir. Bu bağlamda, yanlış seçeneği işaretleyen veya yanlış açıklamalar yapan öğrencilerin yanlış bilgilere sahip oldukları kabul edilmektedir. Bu araştırmada, öğrencilerin kavramları doğru bilmeleri ve doğru açıklama yapmaları önemli olduğundan,

anlama seviyelerine göre yapılan puanlama sıralamasında doğru bilinenden yanlış bilinene doğru bir yol izlenmiştir. Böylece her anlama seviyesine karşılık gelen puanlar Tablo 12’de sunulmuştur.

Tablo 12. Anlama seviyelerine göre yapılan puanlandırma

Anlama Seviyeleri	Puan
Doğru seçenek ve doğru neden	4
Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	3
Doğru seçenek	2
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	1
Yanlış seçenek ve/veya kavram yanlışlığı içeren neden	0
Yanlış seçenek	0
Yanıt yok	0

Öğretmen adaylarının NHK-KAT’taki her maddeye ön ve son uygulamada verdikleri yanıtların anlama seviyeleri frekans ve yüzdeler halinde sınıflandırılarak bir tabloda gösterilmiştir. Her test maddesi ayrı ayrı ele alınarak, öğrencilerin açıklama kısımlarına yazdıkları ifadeler ve anlama seviyeleri ön ve son uygulama şeklinde karşılaştırmalı olarak tablolar halinde sunulmuştur. Daha sonra öğrencilerin testten aldıkları puanlar hesaplanarak (Ek 6) ön ve son test uygulamaları arasında istatistiksel olarak bir artış olup olmadığını belirlemek için SPSS 10.0 paket programı kullanılarak ilişkili örneklem için t-testi yapılmıştır. İlişkili örneklem için t-testinin aynı deneklerin, bir deneysel işlemin öncesi ve sonrasında bağımlı değişkene ilişkin ölçümleri alındığında, deneklerin zamana bağlı tekrarlı ölçümleri gerektiğinde kullanılmaktadır (Büyüköztürk, 2005).

2.8.2. Örnekler Hakkında Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi

Soru kartlarına ön ve son mülakatta verilen yanıtlardan öğretmen adaylarının ortak ifadeleri belirlemiş ve karşılaştırmalı olarak tablolar halinde düzenlenmiştir. Bunun yanında, bazı öğrencilerin ana soruya ve onu takip eden diğer sorulara ön ve son mülakatta verdikleri yanıtlar daha ayrıntılı bir şekilde, öğrenci-araştırmacı diyalogu şeklinde sunulmuştur. Bu öğrenciler seçilirken ön ve son mülakatta ayrıntılı bilgi verenler, dikkat çekici bir gelişme sağlayanlar ve önemli olduğu düşünülen açıklamaları yapanlar tercih edilmiştir.

2.8.3. Gözlemlerden ve Yarı Yapılandırılmış Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi

Çalışma yapraklarının uygulanması süresince öğrencilerin öğrenme ortamındaki davranışları gözlemin bir türü olan yapılandırılmamış alan çalışması yoluyla belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının uygulama hakkındaki görüş ve düşüncelerini belirlemek amacıyla da yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülmüştür. Bu uygulamalardan elde edilen veriler betimsel analiz yaklaşımıyla analiz edilmiştir. Çepni (2005) nitel verilerin analizinde önemli olanın basit ve uygulanabilirlikleri olan yaklaşımları kullanmak olduğunu ifade etmektedir. Bu araştırmada, betimsel analiz uygulanırken şu adımlar takip edilmiştir: Bir soruya verilen yanıtlardan araştırmanın amacına yönelik ortaya çıkan temalar belirlenmiş ve bu temalara vurgu yapan öğrenciler tespit edilmiştir. Bu öğrencilerin sayısı verilerek ortak görüşleri ifade edilmiştir. Daha sonra bu gruptan bir veya daha fazla öğrencinin konuşmasından araştırmaya ışık tutması açısından bir veya daha fazla ifade direkt alınarak tırnak içinde sunulmuş ve sonunda ne anlama geldiği yorumlanmıştır. Yıldırım ve Şimşek (2005) betimsel analizde amacın, elde edilen bulguları düzenlenmiş ve yorumlanmış bir biçimde okuyucuya sunmak olduğunu belirtmektedir.

Gözlemler süresince öğretmen adaylarının grup ve sınıf tartışmalarındaki ifadeleri, birbirleri ve öğretmenle olan diyalogları ve iletişimleri, çalışma yaprağına yönelik tutumları, etkinliklere katılımları, öğrenme ortamındaki davranışları gibi konular dikkate alınmıştır. Bu gözlemlerden elde edilen bulgular, çalışma yapraklarının uygulanmasında dikkate alınan giriş, etkinlik ve değerlendirme aşamalarına göre her çalışma yaprağı için ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

3. BULGULAR

Bu bölümde, çalışmanın amacı doğrultusunda fen bilgisi öğretmenliği programına devam eden birinci sınıf öğrencilerinin Newton'un Hareket Kanunları konusundaki kavram yanlışlarını gidermeye yönelik geliştirilen çalışma yapraklarının öğrencilerdeki yanlışları ne düzeyde giderdiğini belirlemek için hazırlanan ölçme araçlarının uygulanması sonucu elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Birinci kısımda, Newton'un Hareket kanunlarına yönelik kavramsal anlama testi (NHK-KAT) ön ve son test olarak uygulanmış ve sorulara verilen yanıtlar tek tek incelenerek yapılan öğretimin öğrencilerin kavramsal anlamaları üzerine etkisi ile ilgili elde edilen bulgular ayrıntılı olarak sunulmuştur. İkinci kısımda, öğretimden önce ve sonra yürütülen örnekler hakkında mülakatlardan (ÖHM) elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Üçüncü kısımda, çalışma yapraklarının uygulanması sürecinde yürütülen gözlemlerden elde edilen bulgular, dördüncü kısımda öğretmen adaylarının derslerle ilgili görüşlerini belirlemek için yürütülen mülakatlardan elde edilen bulgular sunulmuştur.

3.1. Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testinin Ön Test-Son Test Olarak Uygulanmasından Elde Edilen Bulgular

Bu kısımda, ön testte ve son testte yer alan sorulara, öğrenciler tarafından verilen yanıt ve açıklamaların analizinden elde edilen veriler yer almaktadır. Verilerin sunumu aşağıdaki sıraya göre yapılmıştır:

1. Testteki her soruya öğretmen adaylarının öğretimden önce ve sonra verdikleri yanıtların anlama seviyelerine göre yüzde dağılımı Tablo 13'te sunulmuştur.
2. Doğru seçenek doğru neden (DSDN), yanlış seçenek kavram yanlışlığı içeren neden (YSKYİN) ve yanlış seçenek (YS) kategorilerine göre ön testte ve son testte verilen yanıtların yüzdeleri grafikler halinde sunulmuştur.
3. Ön testte ve son testte öğrencilerin aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olup olmadığının belirlenmesinde yapılan t testi ve tanımlayıcı istatistik sonuçları tablolar halinde sunulmuştur.

4. Ön testte ve son testte öğrencilerin verdikleri yanıt ve açıklamalar anlama seviyelerine göre sınıflandırılmış ve anlama seviyelerine göre öğrencilerin dağılımı yüzdeler halinde, her test sorusu için ayrı tablolar oluşturularak sunulmuştur.

Tablo 13'te 38 öğretmen adayının 20 açıklama-çoktan seçmeli sorudan oluşan teste öğretimden önce ve sonra verdikleri yanıtların anlama seviyelerine göre dağılım yüzdesi yer almaktadır.

Tablo 13. Öğrencilerin ön ve son testte NHK-KAT'ye verdikleri yanıtların anlama seviyelerine göre dağılımı (N=38)

Soru No	DSDN		DSKDN		DS		YSKDN		YSKYİN		KYİN		YS		YY	
	Ön %	Son %	Ön %	Son %	Ön %	Son %	Ön %	Son %	Ön %	Son %	Ön %	Son %	Ön %	Son %	Ön %	Son %
1	18	22	2	0	2	2	30	32	16	24	0	0	30	18	2	2
2	5	2	5	0	0	0	8	5	45	67	0	0	32	24	5	2
3	5	22	8	0	2	0	0	2	63	69	0	0	22	5	0	2
4	5	22	0	0	0	2	8	24	61	34	13	2	5	11	8	5
5	0	40	0	0	0	2	5	5	61	42	2	0	30	11	2	0
6	0	32	0	0	0	2	5	8	61	37	2	0	27	21	5	0
7	5	27	18	5	5	13	2	0	43	30	2	2	17	18	8	5
8	22	42	0	0	0	5	8	8	38	34	8	0	22	11	2	0
9	2	30	0	0	0	0	53	35	29	29	0	2	16	2	0	2
10	42	61	0	0	0	0	21	21	27	16	5	0	5	2	0	0
11	37	75	2	5	0	2	2	0	52	18	0	0	5	0	2	0
12	61	92	0	0	21	0	0	0	8	0	0	3	8	3	2	2
13	27	69	0	0	11	11	0	5	11	5	2	0	22	5	27	5
14	13	45	45	34	5	0	2	5	33	16	0	0	0	0	2	0
15	24	69	13	5	8	2	2	0	37	24	0	0	11	0	5	0
16	32	73	8	0	8	0	0	0	45	17	0	0	5	5	2	5
17	18	61	0	0	5	0	0	0	56	39	8	0	8	0	5	0
18	5	61	2	0	5	2	0	0	70	37	0	0	16	0	2	0
19	13	35	2	0	8	2	0	2	42	45	0	0	11	8	24	8
20	0	17	0	0	0	0	76	76	2	0	0	0	14	5	8	2

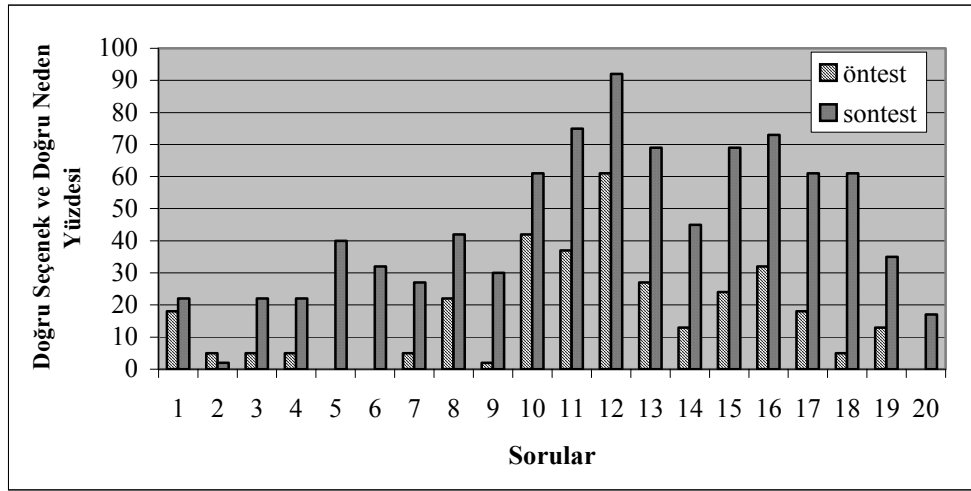
Tabloda yer alan kısaltmalar: **DSDN**: Doğru seçenek ve doğru neden, **DSKDN**: Doğru seçenek ve kısmen doğru neden, **DS**: Doğru seçenek, **YSKDN**: Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden, **YSKYİN**: Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden, **KYİN**: Kavram yanlışlığı içeren neden, **YS**: Yanlış seçenek, **YY**: Yanıt yok

Tablo 13'te görüldüğü gibi, kuvvet kavramının itme, çekme, basınç, hareket, momentum, enerji kavramlarından hangileri ile ifade edilmesinin doğru olduğu konusundaki 1. soruya, ön testte öğrencilerin %18'i, son testte %22'si DSDN anlama seviyesinde sınıflandırılan yanıtlar vermiştir.

Basit sarkacın salınması süresince sarkaç topuna etki eden kuvvetlerle ilgili olan 2. soruya DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı ön testte %5, son testte %2'dir. YSKYİN anlama seviyesinde ön testte %45 oranındaki yanıtlar son testte %67'ye çıkmıştır. Sabit hızla yerden yukarı doğru yükseltilen bir tuğlaya uygulanması gereken kuvvetle ilgili olan 3. soruya DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı ön testte %5 iken son testte %22'ye çıkmıştır. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtlar ön testte %63, son testte %69'dur. Havaya fırlatılan bir topa etki eden kuvvetler ile ilgili olan 4. soruya DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı ön testte %5 iken, son testte %22'ye çıkmıştır. Bu soruya YSKDN anlama seviyesinde verilen yanıtlar ön testte %8, son testte %24'dür. Ön testte %61 oranında öğrenci yanıtı YSKYİN anlama seviyesinde sınıflandırılırken, son testte bu oran %34'e düşmüştür. 5. soru, yere doğru fırlatılan bir topa etki eden kuvvetler ile ilgilidir. Bu soruya DSDN anlama seviyesinde ön testte hiç yanıt verilmezken son testte öğrencilerin %40'ı bu anlama seviyesinde sınıflandırılan yanıtlar vermişlerdir. YSKYİN anlama seviyesinde ön testteki yanıtların oranı %61 iken, bu oran son testte %42'ye düşmüştür. Testin 5. sorunun devamı olarak 6. soruda öğrencilere yere çarpıp tekrar yükselen topa etki eden kuvvetler sorulmuştur. DSDN anlama seviyesinde ön testte hiç yanıt yokken, son testte bu oran %32 olarak belirlenmiştir. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %61 iken, son testte %37'ye düşmüştür. Testin 7. sorusu, yere çarptıktan sonra yükselen topa tam tepe noktasında iken etki eden kuvvetler ile ilgilidir. Öğrencilerin %5'i ön testte DSDN anlama seviyesinde yanıtlar vermiştir. Son testte bu anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı %27'ye çıkmıştır. DSKDN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %18, son testte %5'tir. Sadece doğru seçeneği işaretleyen öğrenci oranı ön testte %5, son testte %13'tür. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %43, son testte %30 olarak belirlenmiştir. Sabit hızla yokuştan aşağı kayan bir kişiye etki eden net kuvvetin ne olduğu ile ilgili olan 8. soruya, DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı ön testte %22, son testte %42'dir. Testin 9. sorusunda, sürtünmeli bir zemin üzerinde kayarak bir süre sonra duran cisme hareketi süresince ve durduğunda hangi kuvvetlerin etki ettiği sorulmuştur. Bu soruya DSDN anlama seviyesinde ön testte verilen %2 oranındaki yanıtlar, son testte %30'a yükselmiştir. Sabit bir kuvvet etkisindeki cismin sürtünmesiz ve sürtünmeli zeminlerde hızının nasıl olacağını sorulduğu 10. soruya DSDN anlama seviyesinde ön testte verilen yanıtların oranı %42 iken, son testte %61'e yükselmiştir.

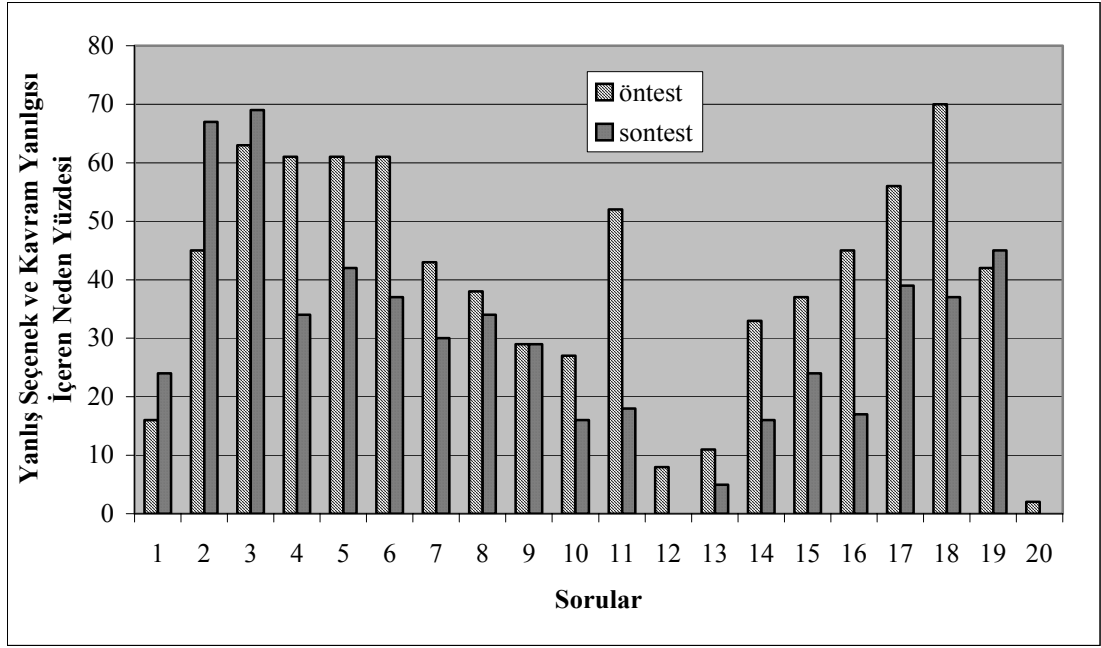
Ayda serbest düşme yapan bir cisme etki eden kuvvetin ne yönde olduğunun sorulduğu 11. soruya DSDN anlama seviyesinde ön testte verilen yanıtların oranı %37'dir. bu oran son testte %75'e yükselmiştir. Ön testte öğrencilerin %52'sinin, son testte %18'inin YSKYİN anlama seviyesinde yanıtlar verdiği belirlenmiştir. Testin 12. sorusunda duvara dayanan bir adamın uyguladığı kuvvetle ilgilidir. Bu soruya DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı ön testte %61 iken, son testte bu oran %92'ye yükselmiştir. Testin 13. sorusunda, masa üzerinde duran bir cisme etki eden kuvvetler ile ilgilidir. DSDN anlama seviyesinde ön testte verilen yanıtların oranı %27, son testte %69'dur. Ön ve son testte DS anlama seviyesindeki yanıtların oranı %11'dir. Kiloları farklı iki kişinin birbirini iterken uyguladıkları kuvvetlerin birbiriyle nasıl ilişkili olduğunun sorulduğu 14. soruya, DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların ön testte oranı %13 iken, son testte %45'tir. Testin 15. sorusunda farklı kütlelere sahip iki blok bir F kuvvetinin etkisinde birbirine yapışık olarak itilirken, blokların birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin nasıl olduğu sorulmaktadır. Bu soruya DSDN anlama seviyesinde ön testte verilen yanıtların oranı %24 iken, son testte bu oran %69'a çıkmıştır. Üst üste duran, farklı kütlelere sahip iki bloğun birbirlerine uyguladıkları kuvvetler arasında nasıl bir ilişki olduğunun sorulduğu 16. soruya DSDN anlama seviyesinde ön testte verilen yanıtların oranı %32 iken, son testte %73'e yükselmiştir. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %45, son testte %17'dir. Testin 17. sorusunda, hareketli bir cisimle duran bir cisim çarpıştığı zaman aralarındaki etki-tepki kuvvetlerinin nasıl olacağı ile ilgilidir. Bu soruya DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı ön testte %18'dir. bu oran son testte %61'e çıkmıştır. YSKYİN anlama seviyesinde ön testte verilen yanıtların oranı %56, son testte %39'dur. Testin 18. sorusu aynı kütleye sahip iki bilyenin çarpışması sırasında birbirlerine uyguladıkları kuvvetin nasıl olduğu sorulmaktadır. Ön testte DSDN anlama seviyesindeki yanıtlar %5 iken, son testte %61'e yükselmiştir. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %70, son testte bu oran azalarak %37 olmuştur. Birbirlerine bir iple bağlı olan ve a ivmesi ile çekilen iki bloğun birbirlerine uyguladıkları etki-tepki kuvvetlerinin nasıl olduğu ile ilgili olan 19. soruya DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı ön testte %13, son testte %35'tir. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %42, son testte %45'tir. Testin 20. sorusu ipin uygulanan kuvveti iletmesi ile ilgilidir. DSDN anlama seviyesinde bu soruya verilen yanıt ön testte yokken, son testte %17 olarak belirlenmiştir. YSKDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı %76 ön ve son testte eşittir.

Tüm test sorularına öğrencilerin ön ve son testte DSDN anlama seviyesinde verdikleri yanıtların yüzdelerinin grafiksel olarak gösterimi Şekil 5’te sunulmuştur. Grafikte, yalnızca 2. soruya DSDN anlama seviyesinde ön testte verilen yanıtların son testte azaldığı, 5, 6 ve 20 numaralı sorularda ön testte bu anlama seviyesine giren hiç yanıt olmadığı görülmektedir. Diğer sorulara DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların yüzdelerinin son testte açık bir şekilde artmıştır.



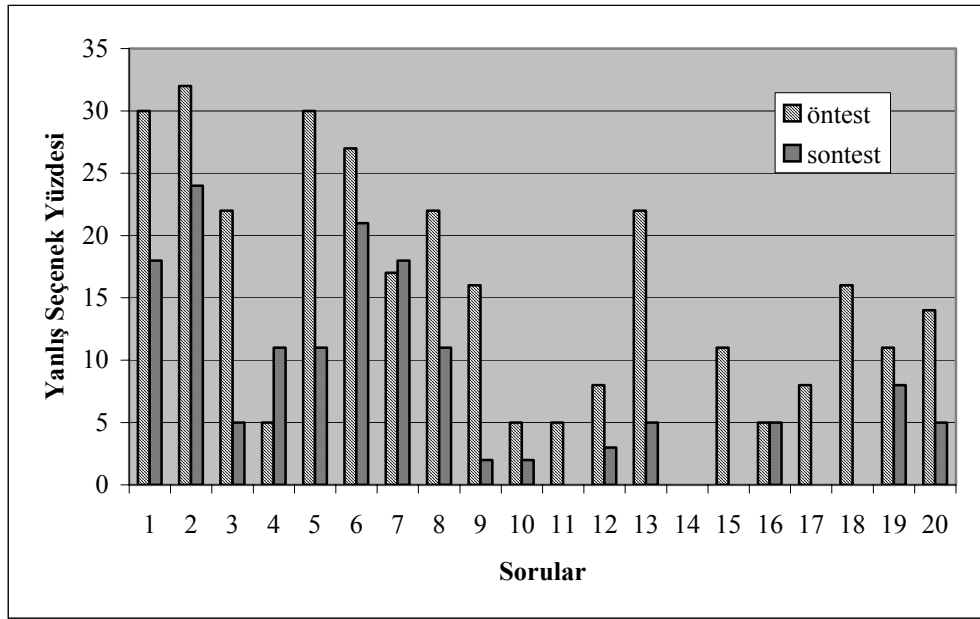
Şekil 5. Sorulara DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların ön ve son teste göre dağılım grafiği

Tüm test soruları için YSKYİN anlama seviyesinde ön ve son testte verilen yanıtların yüzdeleri Şekil 6’da görülmektedir. Grafiğe göre, 1, 2, 3 ve 19 numaralı sorulara YSKYİN anlama seviyesinde verilen yanıtların yüzdesi son testte artmıştır. 9. soru için ön ve son testte bu anlama seviyesindeki yanıtların yüzdesi eşit çıkmıştır. Diğer sorular açısından YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların yüzdelerinde ön teste göre son testte önemli azalmalar olduğu Şekil 6’da görülmektedir.



Şekil 6. Sorulara YSKYİN anlama seviyesinde verilen yanıtların ön ve son teste göre dağılım grafiği

Teste verilen yanıtlarda yalnızca yanlış seçeneği işaretleyen öğrencilerin ön ve son testte göre dağılımlarını gösteren grafik Şekil 7’de sunulmuştur. Grafiğe göre, 4 ve 7 numaralı sorulara YS anlama seviyesinde verilen yanıtların yüzdesi son testte artmıştır. 16. soruya ön ve son testte bu anlama seviyesinde verilen yanıtların yüzdesi eşittir. Diğer sorular açısından YS anlama seviyesindeki yanıtların yüzdelerinde ön teste göre, son testte önemli azalmalar olduğu Şekil 7’deki grafikte açıkça görülmektedir.



Şekil 7. Sorulara YS anlama seviyesinde verilen yanıtların ön ve son teste göre dağılım grafiği

Tablo 14'te ön ve son testten elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistik sonuçları sunulmuştur. Buna göre, toplam puan (80) üzerinden ön testin ortalaması 20,55 ve son testin ortalaması 39,92 olarak belirlenmiştir.

Tablo 14. Testlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistik sonuçları

	N	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Standart Sapma
Ön test	38	4,00	37,00	20,55	8,36
Son test	38	22,00	60,00	39,92	11,12

Ön ve son test puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla verilere ilişkili örneklem için t-testi uygulanmıştır. t-testinden elde edilen sonuçlar Tablo 14'te sunulmuştur.

Tablo 15. t-testi sonuçları

Grup	N	Serbestlik Derecesi (sd)	t	p
Ön-Son Test	38	37	-10	0.000

Tablo 15’te görüldüğü gibi, ön ve son testten öğrencilerin aldıkları notlar arasında istatistiksel olarak son test lehine anlamlı bir fark vardır ($t_{(37)} = -10$, $p < 0.05$).

Öğrencilerin ön testte ve son testte verdikleri yanıtlar ve yaptıkları açıklamalar anlama seviyelerine göre düzenlenmiş ve bu yanıtları veren öğrenciler yüzde (%) olarak Tablo 16’den 35’e kadar tablolar halinde düzenlenerek sunulmuştur. Bu tablolarda, oranı %5’in altında olan öğrenci yanıtlarına yer verilmemiş ve yanıt bulunamayan kategorilerin karşısındaki alan boş bırakılmıştır.

Tablo 16. Öğrencilerin testin 1. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>İtme ve çekme</i> . İtme ve çekme olayları gerçekleştirilirken bir kuvvet uygulamak gerekir.	8	17
	• İtme ve çekmenin kuvvet gibi doğrultusu ve yönü vardır.	10	5
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	• <i>İtme, basınç, çekme, enerji, momentum ve hareket</i> . Bunların hiçbiri kuvvet olmadan gerçekleşemez.	5	14
	• <i>İtme, basınç ve çekme</i> . Bir cisme hareket kazandıran itme ve çekmedir. Bu da bir kuvvet tarafından sağlanır. Basınç da cisme uygulanan bir kuvvettir. Kuvvet olmadan bunların olmasını düşünemeyiz.	20	18
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>İtme ve hareket</i> . Bir cismi hareket ettirebilmek için ona bir kuvvet uygulamak gerekir.	5	
	• <i>İtme, basınç, çekme, enerji, momentum ve hareket</i> . Bunların hepsi ancak bir kuvvet uygulayınca meydana gelir.	16	11
Yanlış seçenek	• <i>İtme, basınç ve çekme</i> . Basınç bir kuvvettir.		8
	• <i>Kuvvet basınç etkisiyle oluşur.</i>		5
Yanlış seçenek	• <i>İtme ve hareket</i> . Çünkü itme ve hareketin olabilmesi için bir kuvvet olması ve bu kuvvetin cisimlere uygulanması gerekir.		5
	• <i>İtme, basınç, çekme, enerji, momentum ve hareket</i>	22	5
	• <i>İtme, basınç ve çekme</i>	8	13

Tablo 16’da görüldüğü gibi, testin 1. sorusu için ön ve son testte DSDN, YSKDN, YSKYİN ve YS anlama seviyelerine göre sınıflandırılan yanıtlar verilmiştir. DSDN anlama seviyesinde, ön testte öğrencilerin %8’i, son testte %17’si kuvvetin itme ve çekme sözcükleri ile ifade edilebileceğini düşünerek, bunun nedenini “*İtme ve çekme olayları gerçekleştirilirken bir kuvvet uygulamak gerekir*” şeklinde açıklamışlardır. “*Doğrultusu ve yönü vardır*” ifadeleri ile itme ve çekme olaylarının da kuvvet gibi özellikler taşıdığını anlatmak isteyen öğrencilerin oranı ise, ön testte %10, son testte %5’tir. YSKDN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %5’i, son testte %14’ü kuvveti “*itme, basınç, çekme, enerji, momentum ve hareket*”, ön testte %20’si, son testte %18’i “*itme, basınç ve çekme*”

kavramları ile eş kavramlar olarak düşünmektedirler ve nedenini “*Bu olayların hiç biri kuvvet olmadan gerçekleşemez*” şeklinde açıklamaktadırlar. YSKYİN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %16’sı, son testte %11’i “itme, basınç, çekme, enerji, momentum ve hareket” kavramlarını içeren şıkkı işaretleyerek, bunun nedenini “*bunların hepsi ancak bir kuvvet uygulayınca meydana gelir*” şeklinde ifade etmişlerdir. Son testte öğrencilerin %8’i “itme, basınç ve çekme” seçeneğini işaretleyerek kuvvetin basınç etkisiyle oluştuğunu belirtmişlerdir. Yine son testte öğrencilerin %5’i “itme ve hareket” seçeneğini işaretleyerek hareketin olabilmesi için bir kuvvet olması gerektiğini düşündükleri tespit edilmiştir. Ön testte öğrencilerin toplam %30’u, son testte %18’i yanlış seçeneği işaretlemişler ve açıklama yapmamışlardır.

Tablo 17. Öğrencilerin testin 2. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> 1. şekilde ip gerilmesinin düşey bileşeni ile cismin ağırlığı birbirini götürür ve net kuvvet sağa doğru bir F kuvveti olur. 2. şekilde ip gerilmesi ağırlığı götüreceğinden net kuvvet sıfırdır. 3. şekilde ip gerilmesinin düşey bileşeni cismin ağırlığını götüreceğinden net kuvvet sola doğru olur. 	5	
Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> 1. şekilde sağa doğru bir F kuvveti, 2. şekilde net kuvvet sıfır, 3. şekilde sola doğru bir F kuvveti. İpe etki eden kuvvetin bileşenlerini aldığımızda ortaya çıkar. 	5	
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> Her üç şekilde de etki eden net kuvvet yerçekimi kuvvetidir. Cismin dengeye gelebilmesi için yerçekimi kuvveti etki eder. 	8	
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> 1. şekilde sola doğru bir F kuvveti, 2. şekilde aşağıya doğru yerçekimi kuvveti, 3. şekilde sağa doğru bir F kuvveti. Şekil 1 ve 3’teki sarkaç toplarının hareketlerinin sağa ve sola olması onların o yönlere doğru bir F kuvveti ile itildiklerini gösterir. Şekil 2’de ise cismin ağırlığından kaynaklanan bir yerçekimi kuvveti vardır. 	24	11
	<ul style="list-style-type: none"> 1. şekilde sola doğru bir F kuvveti, 2. şekilde net kuvvet sıfır, 3. şekilde sağa doğru bir F kuvveti. Cisim uygulanan kuvvet yönünde hareket eder. Cisim hareketsizse net kuvvet sıfırdır. 	21	56
	<ul style="list-style-type: none"> 1. Şekilde aşağıya doğru yerçekimi kuvveti, 2. Şekilde aşağıya doğru yerçekimi kuvveti, 3. Şekilde aşağıya doğru yerçekimi kuvveti. 	5	5
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> 1. şekilde sola doğru bir F kuvveti, 2. şekilde net kuvvet sıfır, 3. şekilde sağa doğru bir F kuvveti. 	13	8
	<ul style="list-style-type: none"> 1. şekilde sola doğru bir F kuvveti, 2. şekilde aşağıya doğru yerçekimi kuvveti, 3. şekilde sağa doğru bir F kuvveti. 	13	11

Tablo 17’de görüldüğü gibi ön testte öğrencilerin %5’i, sarkaç topu sağa doğru hareket ederken topa etki eden net kuvvet sola doğrudur, sağa doğru hareket ederken etki

eden net kuvvet sola doğrudur ve ortada iken net kuvvet sıfırdır şeklindeki DSDN anlama seviyesinde yanıt vermişlerdir. Öğrencilerden sadece bir tanesi son testte DSDN anlama seviyesinde yanıt verdiği belirlenmiştir. Bu oran %5'in altında olduğu için tabloda gösterilmemiştir. DSKDN anlama seviyesinde, ön testte öğrencilerin %5'i ipe etki eden kuvvetleri bileşenlerine ayırmışlardır. Son testte bu anlama seviyede sınıflandırılan öğrenci yoktur. Ön testte YSKDN anlama seviyesinde öğrencilerin %8'i bütün konumlarda topa yerçekimi kuvvetinin etki ettiğini düşündüklerini belirtmişlerdir. YSKYİN anlama seviyesinde toplam olarak öğrencilerin %45'i, son testte %67'si *sarkaç topuna etki eden kuvvetin topun hareket yönünde olduğunu* belirtmişlerdir. YS anlama seviyesinde ön ve son testte öğrencilerin %5'i tüm konumlarda sarkaç topuna etki eden net kuvvetin yerçekimi kuvveti olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı anlama seviyesinde, ön testte öğrencilerin %13'ü, son testte %8'i topa hareket yönünde bir net kuvvet etki ettiğini ve ortada iken net kuvvetin sıfır olduğunu, ön testte öğrencilerin %13'ü, son testte %11'i topa etki eden net kuvvetin hareket yönünde olduğunu ortada ise yerçekimi kuvvetinin etki ettiğini belirtmişlerdir.

Tablo 18. Öğrencilerin testin 3. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>10N'dur ve zamanla sabittir. Cisim sabit hızla hareket ediyorsa cismin ağırlığı cisme uygulanan kuvvete eşittir. Dolayısıyla net kuvvet sıfırdır.</i> 	5	22
Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>10N'dur ve zamanla sabittir. Yerçekimi ivmesi değişmedikçe tuğlanın ağırlığı da değişmez.</i> 	8	
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>10N'dan daha büyüktür ve zamanla sabittir. Tuğlanın yükseltilebilmesi için ağırlığından daha büyük bir kuvvetin uygulanması gerekir. Sabit bir hızla yüksebilmesi için kuvvetin büyüklüğü sabit olmalıdır.</i> 	47	56
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Her zaman 10N'dan daha büyüktür ve zamanla artar. Eğer 10N'dan büyük kuvvet uygulamazsa tuğlayı kaldıramaz. Yükseklik arttıkça kuvvetin de artması gerekir.</i> 	16	13
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> <i>10N'dan daha büyüktür ve zamanla sabittir.</i> 	13	
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Her zaman 10N'dan daha büyüktür ve zamanla artar.</i> 	8	

Tablo 18'de görüldüğü gibi DSDN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %5'i, son testte %22'si *10N'luk bir ağırlığa sahip cismin sabit hızla yukarı doğru yükselebilmesi için uygulanacak olan kuvvetin 10N'a eşit olması gerektiğini* belirtmişlerdir. Bu öğrencilere göre, *cismin sabit hızla ilerleyebilmesi için etki edecek net kuvvet sıfır*

olmalıdır. Ön testte öğrencilerin %8'i DSKDN anlama seviyesinde doğru seçeneği işaretlemelerine rağmen bunun nedenini tam olarak açıklayamamışlardır. YSKYİN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %47'sinin, son testte %56'sının *tuğlaya ağırlığından daha büyük bir kuvvetin uygulanması gerektiğini, çünkü sabit hızla yükselebilmesi için kuvvetin büyüklüğünün sabit olması gerektiğini* düşündükleri belirlenmiştir. Bu anlama seviyesinde verilen diğer yanıtlara göre, ön testte öğrencilerin %16'sı, son testte %13'ü tuğlaya ağırlığından daha büyük bir kuvvetin uygulanması ve yükseklik arttıkça bu kuvvetin artırılması gerektiğini belirtmişlerdir. YS anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %13'ü uygulanacak kuvvetin 10N'dan daha büyük ve zamanla sabit olması gerektiğini, %8'i bu kuvvetin zamanla artması gerektiğini düşünmektedirler. Son testte bu anlama seviyesinde belirlenen yanıt bulunmamaktadır.

Tablo 19. Öğrencilerin testin 4. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> B ve C noktasında cisme uygulanan kuvvet yerçekimi kuvvetidir. 	5	22
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında fırlatma kuvveti, C noktasında mg.</i> Yukarı çıkarken kaybedeceği enerji potansiyele dönüşür. C noktasında ise hız=0'dır. Fakat bu sefer yerçekimi kuvveti devreye girer. mg kadar kuvvetle aşağıya serbest düşme hareketi yapar. 	8	5
	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında mg, C noktasında kuvvet yok.</i> B noktasında fırlatma kuvveti etki etmez. Çünkü bu kuvvet cisme hız kazandırmıştır. Sadece mg etki eder. C noktasında dengede olduğu için net kuvvet sıfırdır. 		16
Yanlış seçenek ve kavram yanılığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında fırlatma kuvveti, C noktasında kuvvet yok.</i> B'de yukarı gittiğinden fırlatma kuvveti etki eder. C'de ise hareketsiz kaldığı için kuvvet yok. B noktasında fırlatma kuvveti olmasaydı top C'ye çıkamazdı. C noktasında kuvvet olmadığı için top yere düşer. 	24	13
	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında fırlatma kuvveti, C noktasında mg.</i> B noktasında sadece mg olsaydı C'ye çıkamaz, yere düşerdi. Demek ki mg'den büyük bir fırlatma kuvveti var. C noktasında ise top daha fazla yükselemediğine göre sadece mg vardır. <i>B noktasında mg, C noktasında kuvvet yok.</i> Top yükselirken kinetik enerji ile yükselir. Zamanla bu kinetik enerji potansiyele dönüşür. B'de mg'ye karşı hareket eder. C'de cisim durduğu için kuvvet yoktur. 	21	18
			16

Tablo 19'da görüldüğü gibi, DSDN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %5'i, son testte %22'si *cisme hareketi süresince yerçekimi kuvvetinin etki edeceğini* belirtmişlerdir. Bu anlama seviyesindeki bir öğrencinin açıklaması "*B noktasında fırlatma*

kuvveti etki etseydi cisim C’de durmazdı. Yükselmeye devam ederdi. Bu yüzden B ve C noktalarında sadece mg etki eder” şeklindedir. YSKDN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %8’i, son testte %5’i yükselen topa fırlatma kuvvetinin etki etmeye devam ettiğini düşünmektedirler. Yine bu anlama seviyesinde son testte öğrencilerin %16’sı tepe noktasına varan top denge durumunda olduğu için etki eden kuvvetin sıfır olduğunu belirtmişlerdir. YSKYİN anlama seviyesinde ön testte toplam olarak öğrencilerin %45’i, son testte %31’i yükselen topa fırlatma kuvvetinin etki etmeye devam ettiğini ve bu kuvvet olmazsa topun yükselemeyeceğini düşündükleri belirlenmiştir. Yine aynı anlama seviyesindeki yanıtlara bakıldığında ön testte öğrencilerin %40’ına, son testte %13’üne göre, tepe noktasındaki topa etki eden net kuvvetin sıfırdır. Bunu öğrenciler *top tepe noktasına vardktan sonra yere düştüğü için kuvvet yoktur, bu noktada hızı sıfır olduğu için kuvvet yoktur* şeklinde açıklamışlardır. Ön testte öğrencilerin %13’ü hiçbir seçeneği işaretlemeyip, KYİN anlama seviyesine giren açıklamalar yazmışlardır.

Tablo 20. Öğrencilerin testin 5. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Yerçekimi kuvveti.</i> Fırlatma kuvveti yalnızca el temas ettiği anda vardır. A noktasında cisim sahip olduğu enerji ile hareket eder. Cisme sadece yerçekimi kuvveti etki eder. 		40
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>F fırlatma kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> Top belirli bir hızla fırlatılıyor ve topun yere doğru bir mg’si vardır. 	5	
	<ul style="list-style-type: none"> <i>F fırlatma kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> Çünkü çocuk topu fırlatıyor, serbest bırakmıyor. Bu yüzden hem yerçekimi hem de fırlatma kuvvetinin bileşkesi etkilidir. 	16	42
Yanlış seçenek ve kavram yanılgısı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>F fırlatma kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> Topu fırlattıktan sonra topun aşağı düşmesinin nedeni yerçekimi kuvveti, sağa gitmesini sağlayan F fırlatma kuvvetidir. <i>F fırlatma kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> Top fırlatıldığı için fırlatma kuvveti ile yerçekimi kuvvetinin bileşkesi etki eder. 	16	29
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> <i>F fırlatma kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> 	30	11

Ön testte konu ile ilgili hiç doğru yanıt yokken, son testte DSDN anlama seviyesindeki yanıtların oranı %40’a çıkmıştır. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %61, son testte %42 olarak belirlenmiştir. Bu anlama seviyesindeki yanıtlara göre, *yere fırlatılan topa hareketi süresince F fırlatma kuvveti ve yer çekimi*

kuvvetinin bileşkesi yönünde bir kuvvet etki etmeye devam eder. YS anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %30 iken son testte bu oran %11'e düşmüştür.

Tablo 21. Öğrencilerin testin 6. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Yerçekimi kuvveti.</i> Yerin tepki kuvveti cisme hız kazandırır ve yerle teması kesildikten sonra sadece mg etki eder. 		32
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Yerin tepki kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> Yer topa tepkide bulunur ve top yükselir. Yükselirken potansiyel enerji artar kinetik enerji azalır. <i>Kuvvet yok.</i> Yere çarptığında tepki kuvvetinin kazandırdığı enerji ile hareket edeceğinden bir kuvvet yoktur. 	5	5
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Topun yükselmesini sağlayacak hareket yönünde bir $F=ma$ kuvveti.</i> Yerin topa uyguladığı bir tepki kuvveti ve cismin yerin merkezine doğru olan ağırlığının dışında yatayda yükselmesini sağlayan bir kuvvet vardır. <i>Yerin tepki kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> Topun yükselebilmesi için bir kuvvet gerekir. Bu yerin tepkisidir. Fakat topa etkiyen bir de yerçekimi kuvveti vardır. Tepki kuvveti-yerçekimi kuvveti kadar bileşke kuvvet etki eder. 	5	34
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> <i>Topun yükselmesini sağlayacak hareket yönünde bir $F=ma$ kuvveti.</i> <i>Yerin tepki kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> 	5	22
			18

Ön testte DSDN anlama seviyesinde hiç yanıt olmadığı, ancak son testte öğrencilerin %32'sinin bu anlama seviyesinde yanıtlar verdiği belirlenmiştir. Bu öğrenciler *yerin tepki kuvvetinin cisme hız kazandırdığını ve yerle teması kesildikten sonra topa sadece mg'nin etki ettiğini* ifade etmişlerdir. Testin 6. sorusuna öğrencilerin ön ve son testte YSKYİN anlama seviyesinde verdikleri yanıtların oranında %61'den %34'e kadar bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu yanıtlarda, *havaya sıçrayan topa yerle teması kesildikten sonra da yerin tepki kuvvetinin etki etmeye devam ettiği ve bu kuvvetin topa eşlik etmesiyle topun yükselebildiği* şeklinde yanıtlara rastlanmıştır. Ön testte öğrencilerin %27'si, son testte %18'i yanlış seçeneği işaretlemişlerdir. Bu öğrencilere göre, *yükselen topa hareketi yönünde yerin tepki kuvveti ile yerçekimi kuvvetinin bileşkesi büyüklüğünde bir kuvvet etki etmektedir.*

Tablo 22. Öğrencilerin testin 7. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yerçekimi kuvveti.</i> Top tepe noktasına ulaşmıştır ve yerçekimi etkisi ile aşağı doğru düşmektedir. 	5	27
Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yerçekimi kuvveti.</i> Topun düşmesi için bir kuvvet gereklidir. Bu da yerçekimi kuvvetidir. 	5	
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yerçekimi kuvveti.</i> Çıkabileceği en yüksek noktaya çıktığı için ve daha yukarı çıkamayacağı için yerçekimi kuvveti etki eder. 	5	
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yerçekimi kuvveti.</i> Cisim havada dengede (hareketsiz) olduğundan sadece yerçekimi kuvveti etki eder. 	8	
Doğru seçenek	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yerçekimi kuvveti</i> 	5	13
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yerin tepki kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> Yerin tepki kuvveti ile yerçekimi kuvveti birbirini dengelediği için net kuvvet sıfır olur. Hareket yörüngesi bu iki kuvvetin bileşkesinin yönü ile aynıdır. Bu nedenle top yerçekimi ve yerin tepki kuvvetinin yatay bileşeni doğrultusunda hareket eder. 	5	13
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hiçbiri.</i> Yerin tepki kuvveti C’de sıfırlanıyor. C’ye etki eden yerçekimi kuvveti ve fırlatma kuvvetinin bileşkesi etki eder. Topa C noktasında yatay düzlemde bir kuvvet etkimektedir. 	8	
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Topun düşmesini sağlayacak bir $F=ma$ kuvveti.</i> Top tam tepe noktasında iken tekrar yere düşmesini sağlayacak bir kuvvet oluşur. 	8	
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kuvvet yok.</i> Top çıkabileceği en yüksek noktaya çıktığından hiçbir kuvvet etki etmez. 	11	
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kuvvet yok.</i> Bu noktada yerin tepki kuvveti ile yerçekimi kuvvetinin bileşkesi sıfır olur. Net kuvvet sıfır olduğundan kısa bir süre top hareketsiz kalır. 	11	17
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kuvvet yok</i> 	17	11
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yerin tepki kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi.</i> 		5

Testin 7. sorusuna ön testte öğrencilerin %5’i, son testte %27’si DSDN anlama seviyesinde yanıtlar vererek, *tepe noktasına ulaşan topa yalnızca yerçekimi kuvvetinin etki ettiğini* ifade etmişlerdir. DSKDN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %18’i yanıt verirken son testte bu anlama seviyesine giren yanıt bulunamamıştır. Tablo 22’de görüldüğü gibi, YSKYİN anlama seviyesinde öğrencilerden farklı yanıtlar alınmıştır. Ön testte öğrencilerin %43’ü, son testte %30’u bu anlama seviyesinde yanıtlar vermişlerdir. Öğrencilerin çoğunluğunun *tepe noktasındaki nesneye etki eden net kuvvetin sıfır olduğunu* düşündükleri belirlenmiştir.

Tablo 23. Öğrencilerin testin 8. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net kuvvet sıfırdır. Çünkü adamın hızı sabittir. Bir cismin sabit hızla hareket edebilmesi için bileşke kuvvetin 0 olması gerekir.</i> 	22	42
Doğru seçenek	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net kuvvet sıfırdır. Çünkü adamın hızı sabittir.</i> 		5
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net bir kuvvet olmalıdır. Çünkü adamın ağırlığının yatay bileşeni vardır. Kuvvet olmasa adamın ağırlığının yatay bileşeni sonucu kaykay hızlanmalıydı. Bu yüzden etkiyen bir kuvvet vardır.</i> 	8	8
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net bir kuvvet olmalıdır. Çünkü adamın ağırlığının yatay bileşeni vardır. Kaykaya etkiyen bir net kuvvet olmalıdır. Çünkü olmasaydı adam hareket edemezdi. Ayrıca bu net kuvvet sürtünme kuvvetinden büyüktür.</i> 	13	
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net kuvvet sabittir. Çünkü kaykayın hızı sabittir. Kaykayın hızı sabitse etkiyen net kuvvet de sabittir ve kaykayın hareket yönünde etki eder.</i> 	13	8
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net kuvvet sürtünme kuvvetinden büyük olduğu için adam kayabilmektedir. Net kuvvet sıfırdan ve sürtünme kuvvetinden büyüktür. Yoksa hareket edemezdi.</i> 	13	18
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net bir kuvvet olmalıdır. Çünkü adam hareket etmektedir. Kaykayın hareket edebilmesi için bir kuvvet olmak zorundadır.</i> 		5
Kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen bir net kuvvet vardır. Çünkü adamın ağırlığından dolayı bir sürtünme kuvveti meydana gelir. Sürtünme kuvveti hareketi durdurucu (veya yavaşlatıcı) kuvvet olduğu için ters yödedir. Hızın değişmemesi için kaykaya etkiyen net kuvvetin F_s'den büyük ve sabit olması gerekir.</i> 	8	
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaykaya etkiyen net bir kuvvet olmalıdır. Çünkü adamın ağırlığının yatay bileşeni vardır.</i> 	13	5

Bir nesnenin sabit hızla gidebilmesi için üzerine etki eden net kuvvetin sıfır olması gerektiğini düşünen ve DSDN anlama seviyesindeki öğrencilerin oranı ön testte %22, son testte %42'dir. Son testte DSDN anlama seviyesindeki yanıtlarda öğrencilerin açıklamalarının oldukça açıklayıcı ve bilimsel olduğu belirlenmiştir. Örneğin bazı öğrencilerin "Newton'un Hareket Kanununa göre bir cisme etki eden net kuvvet sıfırsa, duruyorsa durmaya devam eder, hareket halindeyse hızını değiştirmeden yoluna devam eder", " $F_{net}=0$ olduğu zaman adam sabit hızla hareket eder. Fakat adama sürekli bir F kuvveti etki etseydi adam ivmeli hareket yapardı" gibi açıklamalar yaptıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin ön testte %39'u, son testte %29'u YSKYİN anlama seviyesinde yanıtlar verdikleri belirlenmiştir. Ön ve son testte YSKYİN anlama seviyesinde yanıt veren öğrencilerin çoğunun "Bir cismin hareket edebilmesi için hareket yönünde ona bir kuvvet etki etmek zorundadır. Eğer cisme etki eden net kuvvet sıfırsa hareket olmaz" fikrine sahip

oldukları tespit edilmiştir. Bazı öğrenciler bunu “Net kuvvet sıfırdan ve sürtünme kuvvetinden büyüktür. Yoksa hareket edemezdi ($F_{net}=F-F_{sürtünme}$) Eğer $F_{sürtünme}=F_{net}$ olursa hareket olmaz.” şeklinde ifade etmişlerdir. Yine aynı anlama seviyesinde, ön testte öğrencilerin %13’ü, son testte %8’i “*Kaykayın hızı sabitse etkiyen net kuvvet de sabittir*” şeklinde düşünmektedirler.

Tablo 24. Öğrencilerin testin 9. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında sürtünme kuvveti, C noktasında net kuvvet sıfır. Zamanla durduğuna göre B’de sadece sürtünme kuvveti etki eder. C’de durduğu için net kuvvet sıfırdır.</i> 		30
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında itme kuvveti ve sürtünme kuvvetinin bileşkesi, C noktasında net kuvvet sıfır. A’dan da bir kuvvet uygulamıştık. O halde B noktasında bir itme kuvveti bir de sürtünme kuvveti vardır. C’de duruyorsa net kuvvet sıfır olur.</i> 	53	27
	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında sürtünme kuvveti, C noktasında sürtünme kuvveti. B noktasında cisim uygulanan kuvvetin kazandırdığı hız ile hareket ediyor ve etkiyen tek kuvvet sürtünme kuvvetidir. Ama bu kuvvet cismi durduracak kadar büyük değildir. C noktasında F_s büyük olduğundan cisim durur.</i> 		8
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında itme kuvveti ve sürtünme kuvvetinin bileşkesi, C noktasında net kuvvet sıfır. B noktasında itme kuvveti sürtünme kuvvetinden büyük olduğu için cisim hareket ediyor. C noktasında $F_s=F_{itme}$ olduğundan net kuvvet sıfırdır.</i> 	21	29
	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında itme kuvveti, C noktasında sürtünme kuvveti. B’de hareket ettiği için itme kuvveti, durduğunda sürtünme kuvveti daha büyüktür.</i> 		8
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> <i>B noktasında itme kuvveti ve sürtünme kuvvetinin bileşkesi, C noktasında net kuvvet sıfır.</i> 		16

DSDN anlama seviyesinde öğrencilerden hiçbiri ön testte yanıt veremezken, son testte öğrencilerin %30’u bu anlama seviyesinde sınıflandırılan yanıtlar yazmışlardır. Son testte öğrencilerin çoğunun DSDN anlama seviyesinde yaptığı açıklamalarda “*B’de sadece sürtünme kuvveti etki eder. Eğer itme kuvveti etki etseydi cismin durmaması gerekirdi*”, “*İlk başta uygulanan itme kuvveti cisme hız kazandırır*”, “*B’de cismin hareket etmesini sağlayan kazandığı kinetik enerjidir. C’de durmasının nedeni tüm enerjisini sürtünme kuvvetine harcamasıdır*” gibi ifadeler yer almaktadır. Öğrencilerin %53’ü ön testte, %27’si son testte YSKDN anlama seviyesinde, “*Cisim C noktasında durduğuna göre bir sürtünme kuvveti var demektir. A’dan da bir kuvvet uygulamıştık. O halde B noktasında bir itme kuvveti bir de sürtünme kuvveti vardır. C’de duruyorsa net kuvvet sıfır olur.*”

cümlelerine benzer ifadeler kullanarak fikirlerini açıklamışlardır. Son testte bundan farklı olarak öğrencilerin %8'i *duran cisme sürtünme kuvvetinin etki etmeye devam ettiğini* düşündükleri belirlenmiştir. YSKYİN anlama seviyesindeki açıklamalar ön test ve son testte oldukça benzer olduğu belirlenmiştir. Farklı olarak son testte bir öğrenci “*B noktasında sadece sürtünme kuvveti olsaydı cisim zıt yönde giderdi. Sadece itme kuvveti olsaydı cisim sonsuza kadar ilerlerdi. İtme kuvveti olmalı ki cisim hareket etsin. İtme kuvvetine zıt yönde sürtünme kuvveti olsun ki bir süre sonra $F_s=F_{itme}$ olsun ve cisim dursun*” şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. Tablo 24’te görüldüğü gibi 9. soruya ön testte verilen yanıtlara göre öğrencilerin %98’inin *itilerek harekete bırakılan nesneye hareketi süresince bu itme kuvvetinin etki etmeye devam ettiğini* düşünmektedirler. Son testte ise bu fikre sahip öğrencilerin oranı %56’ya düşmüştür.

Tablo 25. Öğrencilerin testin 10. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Sürtünmesiz zeminde hız artar, sürtünmeli zeminde hız sabit. Sürtünmesiz düzlemde bu cisim F kuvvetinin etkisiyle bir hız kazanır. Sürtünmeli kısımda itme kuvveti=sürtünme kuvveti olduğundan bunlar birbirini dengeler ve net kuvvet sıfır olur. Yalnız belirli bir hızı olduğu için sabit hızla yoluna devam eder.</i> 	42	61
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Sürtünmesiz zeminde hız artar, sürtünmeli zeminde blok yavaşlayarak durur. F kuvveti sabit olduğuna göre sürtünmesiz düzlemde blok giderek hızlanır. Sürtünmeli düzlemde bloğun net kuvveti sıfır olduğu için blok yavaşlamaya başlar ve durur.</i> 	21	16
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Sürtünmesiz zeminde hız sabit, sürtünmeli zeminde blok durur. Eğer sabit F kuvveti uygulanıyorsa hız da sabittir. Sürtünmeli yüzeyde sürtünme kuvveti ile F birbirine eşit olduğundan bileşke kuvvet sıfırdır ve blok durur.</i> 	27	16
Kavram yanlışlığı içeren neden	<ul style="list-style-type: none"> <i>Sürtünme olmayan bölümde kuvvet sabit olduğu için hız sabittir. Sürtünmeli zeminde sürtünme kuvveti F kuvvetine eşit olduğu için blok önce yavaşlar ve sonra durur.</i> 	5	

Tablo 25’te, DSDN anlama seviyesinde öğrencilerin ön testte %42’sinin, son testte %61’nin “*F kuvveti uygulanarak sürtünmesiz zeminde çekilen nesnenin hızı artar, F kadar sürtünme kuvveti etki etmeye başladığında net kuvvet sıfır olacağından nesne sabit hızla hareketine devam eder*” fikrine sahip oldukları görülmektedir. Son testte DSDN anlama seviyesindeki açıklamalarda “*Cisim sürekli F kuvveti etkisinde $F=ma$ ’ya göre ivmeli bir hareket yapar. Sürtünmeli ortamda $F_{net}=0$ olduğundan sabit hızla harekete devam eder*” gibi formüllerle desteklenmiş daha bilimsel ifadelerle rastlanmıştır. Tablo 25’te görüldüğü

gibi, ön testte öğrencilerin %48'i, son testte %32'si *hareket halindeki bir nesneye etki eden net kuvvet sıfırda durur* fikrine sahiptirler.

Tablo 26. Öğrencilerin testin 11. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön	Son
		Test	Test
		%	%
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Aşağıya doğru.</i> Yerçekimi kuvvetinin altında biri cisme etki eder ve aşağıya düşer.	37	75
Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	• <i>Aşağıya doğru.</i> Yerçekimi kuvvetinden dolayı.		5
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>Yukarı doğru.</i> Ayda yerçekimi olmadığı için anahtar yukarı doğru hareket eder.	11	8
	• <i>Kuvvet yoktur.</i> Ayda yerçekimi kuvveti olmadığı için cisme hiçbir kuvvet etki etmez.	41	10
Yanlış seçenek	• <i>Yukarı doğru.</i>		5

Ay'da serbest bırakılan bir cismin aşağıya doğru düşeceğini ve bunun nedeninin kütle çekimi olduğunu belirterek DSDN anlama seviyesinde sınıflandırılan öğrencilerin oranı ön testte %37, son testte %75'tir. Son testte bazı öğrenciler düşüncelerini *cismin aşağıya doğru düşeceğini, ancak Dünyada olduğundan daha yavaş olacağını* ifade etmişlerdir. *Ayda serbest bırakılan bir cismin çekim olmamasından dolayı yukarı doğru hareket edeceğini* düşünen, YSKYİN anlama seviyesindeki öğrencilerin oranı ön testte %11, son testte %8'dir. Aynı anlama seviyesinde öğrencilerin %41'i, son testte %10'u Ayda çekim olmadığı için serbest bırakılan cisme hiçbir kuvvet etki etmeyeceğini düşünmektedir. Son testte ayda kuvvet olmadığını düşünen iki öğrenci "*Ayda yerçekimi kuvveti olmadığı için araştırmacı anahtarı kuvvet uygulamadan bırakırsa anahtar hareketsiz kalır. Ama araştırmacı belli bir kuvvet uygulayarak bırakırsa anahtar o kuvvet yönünde hareket eder*" şeklinde bir açıklama yapmıştır.

Tablo 27. Öğrencilerin testin 12. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön	Son
		Test	Test
		%	%
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Duvar hareket etmediği için duvara etkiyen bir kuvvet yoktur.</i> Duvarın hareket etmemesi bir kuvvet uygulanmadığı anlamına gelmez. Duvar uygulanan kuvvete karşılık tepki kuvveti gösterir.	34	50
	• <i>Duvarın hareket etmemesinin sebebi adamın duvarı hareket ettirecek kadar kuvvet uygulayamamasıdır.</i>	27	37
	• <i>Adamın ağırlığı uyguladığı bu kuvveti etkilemez.</i>		5

Tablo 27'nin devamı

Doğru seçenek	• <i>Duvar hareket etmediği için duvara etkiyen bir kuvvet yoktur.</i>	21
---------------	--	----

Testin 12. sorusunda, verilen durumla ilgili öğrencilerden yanlış olan seçeneği işaretlemeleri istenmiştir. DSDN anlama seviyesinde öğrencilerin %34'ü ön testte, %50'si son testte *adam duvarı hareket ettiremeye bile ararındaki etki-tepki kuvvetlerinin eşit olduğunu* belirtmişlerdir. Aynı anlama seviyesinde sınıflandırılan diğer bir açıklama, ön testte %27, son testte %37 oranlarında, *adam duvarı hareket ettirecek kadar büyük bir kuvvet uygulamadığı için duvarın hareket etmez* şeklindedir. DSDN anlama seviyesinde sınıflandırılan iki öğrenci *etki-tepki kuvvetlerinin etkileşen nesnelere özellikle ağırlıklarına bağlı değildir* şeklinde açıklama yapmıştır. Yalnızca DS'i işaretleyen oranı ön testte %21 iken, son testte bu anlama seviyesinde yanıt yoktur.

Tablo 28. Öğrencilerin testin 13. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön	Son
		Test	Test
		%	%
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Normal kuvveti yerin kutuya uyguladığı tepki kuvvetidir. Kitaba etki eden normal kuvvetini yer değil masa uygular.</i>	27	69
Doğru seçenek	• <i>Normal kuvveti yerin kutuya uyguladığı tepki kuvvetidir.</i>	11	11
Yanlış seçenek	• <i>Kutunun etki kuvvetini karşılayacak bir tepki kuvveti oluşmazsa masa kırılır.</i>	22	

Ön testte %27 oranında DSDN anlama seviyesinde yanıt varken, son testte bu oran %69'a çıkmıştır. Yanlış seçeneği işaretleyen öğrencilerin oranı ön testte %22 iken son testte yanlış olan bu seçeneği hiç kimsenin tercih etmediği görülmektedir. Ön testteki bazı öğrenci yanıtları “normal kuvvet” kavramını bilmeyen veya hatırlayamayanların olduğunu göstermiştir.

Tablo 29. Öğrencilerin testin 14. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön	Son
		Test	Test
		%	%
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>F_A, F_B'ye eşittir. Kilolarının hiçbir önemi yoktur. Bu nedenle birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.</i>	13	21
	• <i>F_A, F_B'ye eşittir. Etki-tepki prensibinden dolayı birbirlerine eşit ve zıt yönlü kuvvetler uygularlar.</i>		24

Tablo 29'un devamı

Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	• F_A, F_B 'ye eşittir. Hareket etmediklerine göre birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.	21	29
	• F_A, F_B 'ye eşittir. Kiloları her ne olursa olsun birbirlerini ittiklerinde hareketsiz kaldıkları için birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.	13	5
	• F_A, F_B 'ye eşittir. Ağırlıkları düşey doğrultuda olduğundan birbirlerine uyguladıkları kuvvete etki etmez. Dengeye kalabilmeleri için birbirlerine uyguladıkları bu kuvvetler eşit olmalıdır.	11	
Doğru seçenek	• F_A, F_B 'ye eşittir.	5	
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• F_B, F_A 'dan daha büyüktür. Ayşe daha fazla kuvvet uygulamalı ki hareketsiz kalabilsinler.	16	5
	• F_A, F_B 'den daha büyüktür. Ali'nin ağırlığı fazla olduğu için itme kuvveti de fazla olacaktır ($F_A > F_B$)	5	8
	• Hiçbiri. Birbirlerine ne kadar kuvvet uyguladıkları belirtilmediği için bir şey söyleyemeyiz.	8	

Testin 14. sorusunda; *kilolarının farklı olmasına rağmen Ali ve Ayşe'nin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olduğunu* belirterek DSDN anlama seviyesinde yanıt veren öğrencilerin oranı ön testte %13, son testte %45'tir. Bu anlama seviyesindeki bir öğrencinin açıklaması " F_A, F_B 'ye eşittir ve ters yöndedir. Bu kuvvetler birbirini yok etmez, dengelerler" şeklindedir. *Ali ve Ayşe'nin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin hareketsiz kalmalarından dolayı eşit olduğunu* düşünen ve DSKDN anlama seviyesinde sınıflandırılan öğrencilerin oranı ön testte %45, son testte %34'tür. YSKYİN anlama seviyesinde *kilosu fazla olan Ali'ye Ayşe daha fazla kuvvet uygulamalı ki hareketsiz kalabilsinler* diye düşünen öğrencilerin oranı ön testte %16, son testte %5'tir. Bir öğrencinin açıklaması " F_B, F_A 'dan daha büyüktür. Çünkü Ali'nin kilosuna daha fazladır. Ayşe daha fazla kuvvet uygulamalı ki hareketsiz kalabilsinler. Eğer eşit büyüklükte kuvvet uygulasalardı Ali, Ayşe'yi hareket ettirirdi" şeklindedir. Aynı anlama seviyesindeki öğrencilerden %5'i ön testte, %8'i son testte Ali'nin ağırlığı daha fazla olduğu için uyguladığı kuvvetin de büyük olduğunu düşünmektedir.

Tablo 30. Öğrencilerin testin 15. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> Etki-tepki prensibinden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir. Ağırlıklarının bir önemi yoktur.	24	69

Tablo 30'un devamı

Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> A bloğu F kuvvetini aynen B'ye iletir.	13	5
Doğru seçenek	• <i>Kuvvetler eşittir.</i>	8	
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Sağa doğru hareket etmesi için A'nın B'ye daha büyük bir kuvvet uygulaması gerekir.	24	13
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Çünkü hem kendi kuvveti vardır, hem de adamın A'ya uyguladığı kuvveti aktarır. B'nin sadece kendi kuvveti vardır.	8	
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Kütlesi büyük olanın uyguladığı kuvvet de büyük olur.	5	
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Sistemin ivmesi aynı, A'nın kütlesi daha büyük olduğu için $F=ma$ 'dan A daha büyük bir kuvvet uygular.		5
Yanlış seçenek	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i>	8	

Yapışık iki bloğun birbirlerine uyguladıkları kuvvetler ile ilgili olan 15. soruya ön testte DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtların oranı %24, son testte %69'dur. Öğrenciler blokların ağırlıklarının farklı olmasının birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri etkilemeyeceğini düşünmektedirler. YSKYİN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %24'ü, son testte %13'ü blokların hareket yönünün birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri etkilediğini düşünmektedirler.

Tablo 31. Öğrencilerin testin 16. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> Etki-tepki prensibinden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.	32	73
Doğru seçenek ve kısmen doğru neden	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> Kuvvetler eşit olmamış olsa B ezilir.	8	
Doğru seçenek	• <i>Kuvvetler eşittir.</i>	8	
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Çünkü A bloğunun ağırlığı daha fazla olduğu için daha büyük bir kuvvet uygular.	13	5
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Çünkü B, A'ya sadece tepki kuvveti uygular. A ise B'ye tepki kuvvetinin yanında kendi ağırlığından dolayı bir kuvvet daha uygular.	8	
	• <i>B daha büyük bir kuvvet uygular.</i> A'nın ağırlığı daha fazla olduğu için B'nin uyguladığı tepki kuvveti daha fazladır.	16	8
	• <i>Yalnızca A bir kuvvet uygular.</i> İkisi de yerçekimi kuvveti ile aşağıya doğru bir kuvvet uygulayacağından sadece A, B'ye bir kuvvet uygulayabilir.	8	

Testin 16. sorusu için DSDN anlama seviyesindeki yanıtlar ön testte %32 iken, son testte bu oran artarak %73 olarak belirlenmiştir. Ön testte DSDN anlama seviyesinde verilen yanıtlar açıklanırken öğrenciler etki-tepki kanununa göre cisimlerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olduğunu belirtmişlerdir. Son testte bu anlama seviyesinde verilen yanıtlarda ise, öğrencilerin bir kısmının ön testtekine benzer olması yanında cisimlerin ağırlıklarının birbirlerine uygulayacakları kuvvetleri değiştirmeyeceğini de ifade etmişlerdir. YSKYİN anlama seviyesindeki yanıtların oranı ön testte %45 iken son testte bu oran %13'e düşmüştür.

Tablo 32. Öğrencilerin testin 17. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> Etki-tepki prensibinden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.	18	61
Doğru seçenek	• <i>Kuvvetler eşittir.</i>	5	
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Çünkü A hareketli ve belli bir hıza sahip olduğu için daha büyük bir kuvvet uygular.	26	8
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Çarpışmadan sonra B devrildiği için, A'nın uyguladığı kuvveti B'nin karşılayamadığı anlaşılmaktadır.	24	29
Kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>Yalnızca A bir kuvvet uygular.</i> A'nın belli bir ilk hızı olduğu yalnızca A bir kuvvet uygular.	5	
	• <i>Lobut eğer devrilirse A daha büyük bir kuvvet uygulamış demektir.</i>	8	
Yanlış seçenek	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i>	5	

Tablo 32'de öğrencilerin %18'nin ön testte, %61'nin son testte DSDN anlama seviyesinde yanıtlar verdikleri belirlenmiştir. Ön testten farklı olarak, son testte DSDN anlama seviyesinde iki öğrencinin yaptıkları açıklamalar "*Cisimlerin hızları farklı olsalar da birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir*", "*Ağırlıklarının farklı olması ya da hareketli olmaları birbirlerine uygulayacakları kuvvetleri etkilemeyeceğinden $F_A=F_B$ 'dir*" şeklindedir. YSKYİN anlama seviyesinde verilen yanıtlara göre *hareketli olan nesnenin çarpışma anında daha büyük bir kuvvet uygular* diye düşünen öğrencilerin oranı ön testte %26, son testte %8'dir. Aynı anlama seviyesinde *top lobutu devirdiği için daha büyük bir kuvvet uygular* diye düşünen öğrencilerin oranı ön testte %24, son testte %29'dur.

Tablo 33. Öğrencilerin testin 18. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> Etki-tepki prensibinden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.	5	61
Doğru seçenek	• <i>Kuvvetler eşittir.</i>	5	
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>Ali'nin bilyesinin uyguladığı kuvvet daha büyüktür.</i> Ali daha güçlü olduğu için bilyesi daha hızlı olacaktır. Bu nedenle bilyeler çarpıştığında Ali'nin bilyesi daha büyük bir kuvvet uygular.	70	35
Yanlış seçenek	• <i>Ali'nin bilyesinin uyguladığı kuvvet daha büyüktür.</i>	11	
	• <i>Sayısal veriler olmadan bir şey söylenemez.</i>	5	

Tablo 33'de görüldüğü gibi, DSDN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %5'i, son testte %61'i bilyeler çarpıştıklarında etki-tepki kanununa göre birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olduğunu ifade etmişlerdir. YSKYİN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %70'i, son testte %35'i Ali'nin bilyesinin daha büyük bir kuvvet uygulayacağını düşünmektedirler. Bunun nedenini, *hızı daha fazla olan nesne çarpışma anında daha büyük bir kuvvet uygular* şeklinde açıklamışlardır. Son testte YSKYİN anlama seviyesindeki bir öğrenci, *F=ma formülüne göre kuvvetlerin eşit olmayacağını* belirtmiştir.

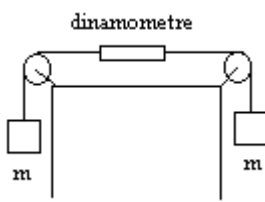
Tablo 34. Öğrencilerin testin 19. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> Etki-tepki prensibinden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.	5	27
	• <i>Kuvvetler eşittir.</i> Aynı iple ve aynı ivme ile çekildikleri için kuvvetler eşittir.	8	8
Doğru seçenek	• <i>Kuvvetler eşittir.</i>	8	
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Çünkü A'nın kütlesi daha büyüktür.	11	
Yanlış seçenek ve kavram yanlışlığı içeren neden	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> İvmeleri aynı olduğu için, $F=ma$ 'dan kütlesi büyük olanın uyguladığı kuvvet daha büyüktür.		11
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Hareket yönü A'ya doğru olduğu için A daha büyük bir kuvvet uygular.	8	
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> B'yi çektiği için A daha büyük bir kuvvet uygular.		5
	• <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> Bloklar ivmeli hareket yapabildikleri için A'nın uyguladığı kuvvet daha büyüktür.		5
	• <i>İkisi de birbirine bir kuvvet uygulamaz.</i> Çünkü aralarında onları birbirine bağlayan bir ip vardır ve birbirleri ile temas etmemektedirler.	16	13

Tablo 34'ün devamı

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yalnızca A bir kuvvet uygular. Çünkü A, B kütlesini çekmektedir. Bu nedenle sadece A, B'yi çekebilmek için bir kuvvet uygular.</i> 	8	
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> • <i>A daha büyük bir kuvvet uygular.</i> 	8	5

Testin 19. sorusu için ön testte DSDN anlama seviyesindeki yanıtların oranı %13 iken, son testte bu oran %35'e yükselmiştir. Buna göre, *birbirlerine iple bağlı iki nesnenin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler etki-tepki kanununa göre eşittir.* Son testte DSDN anlama seviyesinde bir öğrencinin şekil çizerek yaptığı açıklama şöyledir:



“Bu örnekte olduğu gibi dinamometre iki tarafta da (mg) aynı değeri gösterir. Bu yüzden kuvvetler eşittir”

Tablo 34'te görüldüğü üzere, YSKYİN anlama seviyesinde ön testte öğrencilerin %19'u, son testte %21'i A bloğunun daha büyük bir kuvvet uyguladığını düşünmektedirler. Aynı anlama seviyesindeki diğer yanıtlara göre ön testte öğrencilerin %16'sı, son testte %13'ü aralarında ip olduğu için iki bloğun birbirine bir kuvvet uygulamadığını düşünmektedirler. Son testte ön testten farklı olarak iki öğrenci B'nin daha fazla kuvvet uygulayacağını düşünmektedir. Bir öğrenci bunun nedenini *“Hareket B'nin kuvvet uyguladığı tarafa doğru olduğundan B daha büyük bir kuvvet uygular”* şeklinde açıklamaktadır. Diğer öğrenci ise *“Kütlesi küçük olduğundan aradaki gerilmeyi dengelemek için B daha fazla kuvvet uygular”* ifadeleriyle düşüncesini açıklamıştır.

Tablo 35. Öğrencilerin testin 20. sorusuna ön ve son testte verdikleri yanıtların yüzdesi

Anlama Seviyeleri	Öğrenci Yanıtları	Ön Test %	Son Test %
Doğru seçenek ve doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> • <i>İp. Ali ip yardımıyla bloğu çekmektedir. Dolayısıyla blokla temas halinde olan iptir.</i> 		17
Yanlış seçenek ve kısmen doğru neden	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ali. Aşağıya doğru Ali'nin bir ağırlığı vardır. Bu ağırlık ip sayesinde bloğa uygulanır.</i> • <i>Dünya. Aslında kuvveti yerçekimi kuvveti sağlamaktadır. Bunun da nedeni dünyadır.</i> 	63	60
Yanlış seçenek	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ali</i> 	13	16

Tablo 35’te görüldüğü üzere, ön testte DSDN anlama seviyesinde hiç yanıt yokken, son testte öğrencilerin %17’si kuvveti nesneye Ali’nin uyguladığını yazdığı belirlenmiştir. YSKDN anlama seviyesindeki yanıtlar ön ve son testte yaklaşık %76 oranında eşit olarak belirlenmiştir.

Bu kısımda, öğretmen adaylarının Newton’un hareket kanunları ile ilgili birçok kavram yanlışlığına sahip oldukları belirlenmiştir. Bu yanlışlıkların oranı ön test-son teste göre aşağıda sunulmuştur. Bazen bir yanlış fazla sayıdaki soru ile belirlendiğinden yüzde oranları hesaplanırken ortalamalar alınmıştır.

1. Basınç bir kuvvet ifadesidir (ön test %71, son test %69; Tablo 16, s. 83).
2. Hareket bir kuvvet ifadesidir (ön test %48, son test %35; Tablo 16).
3. Enerji ve momentum bir kuvvet ifadesidir (ön test %43, son test %30; Tablo 16).
4. Hareket ne yöne ise, kuvvet de o yöndedir (ön test %71, son test %86; Tablo 17, s. 84).
5. Hareketi başlatan kuvvet hareket süresince etki etmeye devam eder (Ön test %82, son test %48) (Tablo 19, s. 86; Tablo 20, s. 87; Tablo 24, s. 91).
6. Sabit kuvvet etkisinde nesnelere sabit hızla hareket eder (Ön test %46, son test %34) (Tablo 18, s. 85; Tablo 23, s. 90; Tablo 25, s. 92).
7. Yükseklik arttıkça, tuğlayı yükseltmek için uygulanması gereken kuvvet artar (Ön test %24, son test %13) (Tablo 18, s. 85).
8. Tam tepe noktasındaki topa hiçbir kuvvet etki etmez (Ön test %40, son test %35) (Tablo 19, s. 86; Tablo 22, s. 89).
9. Yere çarpıp tekrar havaya yükselen topa yerin tepki kuvveti etki etmeye devam eder (Ön test %83, son test %57) (Tablo 21, s. 88).
10. Hareket halindeki bloğa etki eden kuvvet sürtünme kuvvetine eşit olduğunda blok yavaşlayarak durur (Ön test %53, son test %32) (Tablo 25, s. 92).
11. Yerçekimi olmadığı için Ay’da serbest bırakılan nesneye hiçbir kuvvet etki etmez (Ön test %41, son test %10) (Tablo 26, s. 93).
12. Etkileşim halindeki nesnelere hareket etmediklerinde birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir (Ön test %34, son test %34) (Tablo 29, s. 94-95).
13. Etkileşen nesnelere biri diğerini hareket ettiriyorsa uyguladığı etki kuvveti karşısındaki tepki kuvvetinden büyüktür (Ön test %24, son test %13) (Tablo 30, s. 95-96).
14. Etkileşen nesnelere kütleleri küçük olanın uyguladığı etki kuvveti daha büyüktür (Ön test %16, son test %6) (Tablo 29).

15. Etkileşen nesnelere büyük kütleli olan daha çok kuvvet uygular (Ön test %11, son test %8) (Tablo 29, 30).
16. Etkileşen nesnelere birbirlerine uyguladıkları etki-tepki kuvvetlerinin büyüklüğü hareketin yönüne göre değişir (Ön test %16, son test %13) (Tablo 30, s. 95; Tablo 34, s. 98).
17. Hareketli olan nesne çarpışmadan sonra duran nesneyi hareket ettirebiliyorsa uyguladığı etki kuvveti daha büyük demektir (Ön test %32, son test %29) (Tablo 32, s. 97).
18. Hızı daha fazla olan etkileşim halinde daha büyük kuvvet uygular (Ön test %70, son test %35) (Tablo 33, s. 98).
19. Nesnelere arasındaki ip kuvveti ilemediğinden birbirlerine kuvvet uygulamazlar (Ön test %16, son test %13) (Tablo 34, s. 98).

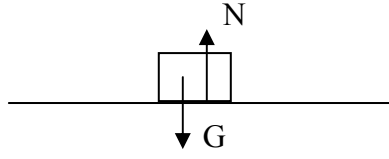
3.2. Örnekler Hakkında Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Bu kısımda, öğretmen adayları ile bireysel olarak 5 soru kartıyla ilgili çalışma yapraklarının uygulanmasından önce ve sonra yürütülen mülakatlarda elde edilen bulgular tablolar halinde karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir. Tablolardan sonra, bazı öğrencilerin ana soru ve onu takip eden diğer sorulara ön ve son mülakatlarda verdikleri yanıtlardan bazı kesitler karşılaştırmalı olarak öğrenci-araştırmacı diyalogu şeklinde sunulmuştur. Bu öğrenciler seçilirken ön ve son mülakatta ayrıntılı bilgi verenler, dikkat çekici bir gelişme sağlayanlar ve önemli olduğu düşünülen açıklamaları yapanlar tercih edilmiştir. Ön ve son mülakatta bazı öğrencilerin soru kartlarında kuvvetleri göstermek için yaptıkları çizimler taranarak sunulmuştur. Diyaloglar sunulurken aşağıdaki kısaltmalardan yararlanılmıştır.

ÖM: Ön Mülakat

SM: Son Mülakat

Birinci karttaki soru, sıkıştırılmış yayın serbest kalması sonucu sürtünmesiz bir masa üzerinde harekete geçen kitaba, yayla teması kalmadıktan sonra etki eden kuvvetlerle ilgilidir. Bu soru için öğrencilerden beklenen ve bilimsel olarak kabul edilen yanıt “*Masa üzerinde hareket eden bu kitaba etki eden kuvvetler yerçekimi kuvveti ve buna karşın masanın kitaba uyguladığı N normal kuvvetidir*” şeklindedir. Cisme etki eden kuvvetler bir serbest cisim diyagramında aşağıdaki gibi gösterilebilir.



13 öğretmen adayı ile bireysel olarak yürütülen ön ve son mülakatlarda birinci soruya verdikleri yanıtların özeti Tablo 36'da sunulmuştur.

Tablo 36. Birinci soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti

Yanıtlardan çıkartılan ifadeler	Ön mülakat	Son mülakat
Kitaba yayın uyguladığı itme kuvveti etki etmeye devam eder.	Burhan, Serbay, Olgun, Özkan, Tuba, İsmail, Armağan, Tuğçe	Burhan**
Yaydaki potansiyel kitabı iter.	Özkan	
Kitaba yayın enerjisinden gelen bir kuvvet etki eder.	Olgun	
Bu kuvvet yayın sıkıştırma kuvvetidir.	Burhan	
Sürtünme olmadığı için kitabın hareketi süresince bu kuvvet aynen etki etmeye devam eder.	Tuğçe, Serbay, Özkan, İsmail	
Bu kuvvet yay duruncaya kadar azalarak etki etmeye devam eder.	Burhan, Olgun	
Bu kuvvet olmazsa kitap hareket edemez.	Olgun, Tuba, Armağan	
Kitapla temas kalmadığı için yayın uyguladığı itme kuvveti etki etmeye devam etmez.*	Seher, Mustafa, Zeynep	İsmail, Seher, Tuba, Armağan, İsmail, Cihan
Kitap yaydan aldığı ilk hızla hareketine devam eder.*	İsmail, Seher, Özgür	
Yay kitaba kinetik enerji kazandırır ve kitap bu enerji ile hareket eder.*	Cihan, Mustafa	Cihan, Mustafa, Tuğçe
Kitaba sadece yerçekimi kuvveti etki eder.*	Cihan	Cihan
Kitap yayın ilk başta uyguladığı kuvvetle harekete başlar.*		Cihan, Seher
Yayın tam serbest kaldığı anda uyguladığı kuvvet hızla dönüşür.*		İsmail, Seher, Serbay, Tuba, Zeynep
Kitap sürtünme olmadığı için sabit hızla hareketine devam eder.*		İsmail, Mustafa, Serbay
Yay sıkıştırıldığında depolanan enerjisini kitaba aktarır.*		Olgun
Yayın uyguladığı kuvvet serbest kaldığı anda enerjiye dönüşür ve kitap bu enerji ile hareket eder.*		Armağan, Özgür, Özkan
Yayın potansiyel enerjisi kitabı harekete geçirir.*		Özkan
Sıkıştırıldığında yayda bir enerji depolanır ve serbest kaldığında bu enerji hızla dönüşür.*		Seher

* Öğrencilerin doğru ifadeleri

** Bu öğrencinin derslere ve mülakata istekli katılmadığı gözlenmiştir.

Öğrenciler ön mülakatta daha çok kitaba etki eden kuvvetler hakkında, son mülakatta ise kitabı harekete geçiren kuvvetin enerjiye dönüşümü hakkında konuşmuşlardır. Ön mülakatta öğrencilerin çoğu yayın serbest kaldığı anda kitaba uyguladığı kuvvetin hareket süresince kitaba etki etmeye devam ettiğini düşünmektedirler (Burhan, Serbay, Olgun,

Özkan, Tuba, İsmail, Armağan, Tuğçe). Öğrencilerin bir kısmının bu kuvvet olmazsa kitabın hareket edemeyeceği fikrine sahip oldukları tespit edilmiştir (Olgun, Tuba, Armağan). Son mülakatta bu fikre sahip tek öğrenci Burhan'dır. Bu öğrencinin aile sorunları nedeniyle derslere ve mülakata istekli katılmadığı belirlenmiştir. Son mülakatta öğrencilerin kitabı harekete geçiren yayın itme kuvvetinin hareket süresince kitaba etki etmeye devam etmediğini düşündükleri belirlenmiştir (İsmail, Seher, Serbay, Olgun, Özkan, Tuba, Armağan, Tuğçe, Cihan, Zeynep, Özgür, Mustafa). Bu öğrenciler, yayın kitaba hız ve enerji sağladığını ve kitabın bu sayede hareket edebildiğini söylemişlerdir. Ön mülakata katılan öğrencilerin konuşmaya başlar başlamaz ilk önce kitaba hareketi yönünde bir vektör çizdikleri gözlenmiştir.

Birinci soru kartı ile ilgili görüşülen bazı öğrencilerin ana soru ve onu takip eden diğer sorulara ön ve son mülakatlarda verdikleri yanıtlardan bazı kesitler karşılaştırmalı olarak öğrenci-araştırmacı diyalogu şeklinde aşağıda sunulmuştur.

Araştırmacı: Kitabın hareketini açıklar mısın?

Olgun(ÖM): Yay ilk başta sıkıştırılmış ve belli bir enerjiye sahiptir. Bu enerjiden kaynaklanan bir kuvvet vardır. Bu kuvvetle cisim itiyor. Soru kuvvetleri soruyor. Yayın enerjisinden gelen dik bir kuvvet var.

Olgun(SM): Hocam çizerek açıklayayım. Şimdi hocam sıkıştırılmasından dolayı yayda bir enerji depolanıyor. Sonradan serbest kalınca enerjisini cisme aktarıyor. Böylece cisim sürtünme olmadığından bu enerji ile sonsuza kadar hareket eder.

Araştırmacı: Hareket halindeki kitabın üzerinde hareket yönünde etki eden bir kuvvet var mıdır? Yani burada yayın itme kuvveti var mıdır?

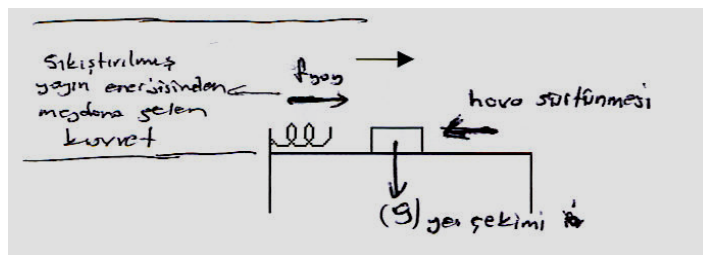
Olgun(ÖM): Vardır ve gitgide azalır.

Olgun(SM): Hayır yoktur. Başlangıçta vardı. Zaten o olmasaydı hareket etmezdi.

Araştırmacı: Bu kuvvet olmazsa ne olur?

Olgun(ÖM): Hocam bir kuvvet olacak ki cisim gidecek. Olmazsa nasıl gitsin. Bu kuvvet etki etmeye devam eder.

Bu öğrencinin ön mülakatta kitaba etki eden kuvvetleri göstermek için soru kartındaki resmin üzerine yaptığı çizim aşağıda sunulmuştur. Son mülakatta ise soru kartına herhangi bir çizim yapmamıştır.



Bu öğrenci ön mülakatta kitaba hareketi süresince etki eden kuvvetin yayın enerjisinden geldiğini düşünmektedir. Masada sürtünme olmamasına rağmen kitaba etki eden bu kuvvetin zamanla azalacağını ifade etmiştir. Son mülakatta bu öğrenci yayda depolanan enerjiyi serbest kaldığında kitaba aktaracağını ve kitabın bu enerji ile hareket edeceğini belirtmiştir.

Araştırmacı: Kitabın hareketini açıkla mısın?

Özkan(ÖM): Yaydaki potansiyel kitabı iter ve hareketine sürtünme yoksa devam eder.

Özkan(SM): Yayın potansiyel enerjisi cisim hareketine geçiriyor. Sürtünmesiz olduğu için sürtünme kuvveti etki etmiyor.

Araştırmacı: Hareket halindeki bu kitaba etki eden bir kuvvet var mıdır?

Özkan(ÖM): Yerçekimi kuvveti var. Kitabın masaya bir etkisi vardır. Masanın da kitaba bir tepki kuvveti vardır.

Araştırmacı: Peki yayın itme kuvveti etki etmeye devam eder mi?

Özkan(ÖM): Yayın itme kuvveti var ki kitap hareketine devam ediyor.

Özkan(SM): Yayın etki kuvveti kinetik enerjiye dönüşür. $1/2kx^2$, $1/2mv^2$ 'ye dönüşür.

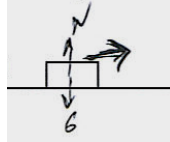
Araştırmacı: Bu kuvvetin yönü nasıldır?

Özkan(ÖM): Cismin hareket doğrultusundadır.

Araştırmacı: Bu kuvvet sürekli etki eder mi?

Özkan(ÖM): Hareket süresince etki eder. Cisim durursa artık etki etmez.

Bu öğrencinin ön mülakatta kitaba etki eden kuvvetleri göstermek için soru kartındaki resmin üzerine yaptığı çizim aşağıda sunulmuştur.



Özkan ön mülakatta, yayın itme kuvvetinin kitaba etki etmesi onun harekete devam edebilmesi için gerekli bir koşul olarak görmektedir. Son mülakatta ise kitabın hareketini devam ettirenin yayın ona aktardığı enerji ile olduğunu ifade etmiştir. Ön mülakatta, Özkan, Tuba ve Burhan kitabın masaya uyguladığı bir kuvvetin ve masanın da buna karşı kitaba uyguladığı bir kuvvet olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmacı: Yaydan kurtulduktan sonra kitap nasıl bir hareket yapar?

İsmail(ÖM): Kitap yaydan aldığı kuvvetle gider.

İsmail(SM): Yaydan aldığı hızla hareketine devam eder.

Araştırmacı: Etki eden herhangi bir kuvvet var mıdır?

İsmail(ÖM): Sadece yaydan gelen bir kuvvet vardır.

İsmail(SM): Hayır. Kuvvet hızla dönüşür ve daha etki etmez. Kuvvet devamlı değil. Sürtünme olmadığı için enerji kaybı yok, bu nedenle sabit hızla gider.

Araştırmacı: Bu kuvvetin yönü nasıldır?

İsmail(ÖM): Hareket yönündedir. Sürtünme olmadığı için bu şekilde devam eder.

Araştarmacı: Hareket sonsuza kadar devam etse bu kuvvet etki etmeye devam eder mi?

İsmail(ÖM): Değişmeden aynen bu kuvvet etki etmeye devam eder. Durmaz. Söyleyeceklerim bu kadar.

Bu öğrencinin ön mülakatta, yaydan gelen bir kuvvetin kitaba hareketi süresince etki edeceğini ve sürtünme olmadığı için bu kuvvet etkisinde kitabın sonsuza kadar hareket edeceğini düşünüyor. Son mülakatta yayın kuvvetinin hıza dönüştüğünü ve hareketi süresince devamlı olmadığını söylemiştir.

Araştarmacı: Kitabın hareketini açıklar mısın?

Seher(ÖM): Cisim yayı sıkıştırdığı için yayın bir tepki kuvveti olacaktır. Bu kuvvet nedeniyle cisim bir ilk hız kazanacak. Masa sürtünmesiz olduğu için bu ilk hızla hareketine devam edecek. Yani sabit ivme ile.

Seher(SM): Yay buna ilk başta bir itme kuvveti uyguladı. Cisim bu yüzden kuvvet etkisinde bir hız kazandı. O yüzden o uygulanan kuvvet doğrultusunda hareket ediyor.

Araştarmacı: Cisim hareket halinde iken yayın uyguladığı kuvvet etki etmeye devam eder mi?

Seher(ÖM): Hayır etki etmez. Sürtünme olmadığı için kazandığı ilk hızla devam eder.

Seher(SM): Hayır. Eğer etkiseydi sürekli hızlanan bir hareket yapardı. Sürekli bir F kuvvetinin etkisinde olsaydı $F=ma$ formülünden dolayı bir ivme kazanacaktı ve sürekli hızlanarak gidecekti. Ama burada önce sıkıştırıldığında yayda bir enerji depolanıyor, sonra bırakıyor ve hıza dönüşüyor.

Seher ön ve son mülakatta yayın serbest kaldığı anda uyguladığı kuvvetin hareket süresince kitaba etki etmeye devam etmediğini düşünmektedir. Son mülakatta öğrenci kitabın hareketini sağlayan etkenin yayın sıkıştırıldığında depoladığı enerjiyi kitaba aktarması sonucu olduğunu belirtiyor. Ayrıca, bir kuvvet etkisindeki hareketin ivmeli bir hareket olacağını ifade etmiştir. Bu öğrencinin ön mülakatta daha basit, son mülakatta ise formüllere dayanan daha bilimsel açıklamalar yaptığı belirlenmiştir.

İkinci soru kartında öğrencilere futbolcunun ayağından çıktıktan sonra havaya fırlayan topa yükselirken, tepe noktasındayken, düşerken ve yere çarpıp tekrar yükselirken etki eden kuvvetler sorulmuştur. Öğrencilerden beklenen yanıt “Topa hareketi süresince etki eden tek kuvvet yerçekimi kuvvetidir” şeklindedir. Serbest cisim diyagramında topa etki eden kuvvetin doğru olarak gösterimi aşağıdaki gibidir.



Tablo 37. İkinci soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti

Yanıtlardan çıkartılan ifadeler	Ön mülakat	Son mülakat
Top yükselirken etki eden kuvvetler		
Oyuncunun topa uyguladığı F kuvveti ve topun ağırlığı vardır.	Burhan, Seher, İsmail, Tuğçe, Tuba	Burhan**
Kuvvet yoktur.	Cihan, Mustafa	Cihan, Mustafa, Özkan,
Oyuncunun topa uyguladığı kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri vardır.	Olgun, Serbay, İsmail	Olgun***
Çocuğun topa uyguladığı itme kuvveti vardır.	Özgür, Armağan, Özkan	
Sadece yerçekimi kuvveti etki eder.*	Zeynep	Armağan, Seher, Serbay, Tuba, Özgür, Tuğçe, Zeynep, İsmail, Serbay
Top yükselirken etki eden kuvvetlerin özellikleri		
Oyuncunun başlangıçta uyguladığı kuvvet top yükseldikçe azalır.	Tuba	Burhan
Çocuğun topa vurduğunda etki eden kuvvet topa hız kazandırır.*	Zeynep	Seher
Çocuğun topa ilk vurduğu anda uyguladığı kuvvet topa enerji kazandırır.*		Mustafa, Özkan,
Oyuncunun topa ilk vurduğu anda uyguladığı kuvvet enerjiye dönüşür.*		Armağan, Cihan, Özgür, İsmail
Top tepe noktasındayken etki eden kuvvetler		
Yerçekimi kuvveti ve oyuncunun uyguladığı kuvvet vardır.	Burhan, İsmail	
Kuvvet yoktur.	Cihan, Mustafa, Özgür	Cihan, Mustafa, Özkan,
Burada yalnızca başlangıçtaki kuvvetin yatay bileşeni vardır.	Olgun, Serbay	
Sadece yerçekimi kuvveti vardır.*	Özkan, Tuğçe, Seher, Zeynep, Tuba	Armağan, İsmail, Seher, Serbay, Tuba, Özgür, Tuğçe, Zeynep
Top tepe noktasındayken etki eden kuvvetlerin özellikleri		
Başlangıçtaki kuvvetin dikey bileşeni sıfır olur.	Olgun, Serbay, İsmail	
Çocuğun uyguladığı kuvvetin etkisi sıfırlanır. Bu yüzden top aşağıya düşer.	Özgür, Armağan	
Top düşerken etki eden kuvvetler		
Yerçekimi kuvveti ve oyuncunun uyguladığı kuvvet vardır.	Burhan, Özkan, İsmail, Tuğçe, Armağan, Olgun, Serbay	
Kuvvet yoktur.	Cihan, Mustafa, Özgür	Cihan, Mustafa, Özkan
Sadece yerçekimi kuvveti vardır.*	Tuba, Seher, Zeynep	Armağan, İsmail, Seher, Serbay, Tuba, Özgür, Tuğçe, Zeynep
Top düşerken etki eden kuvvetlerin özellikleri		
Oyuncunun uyguladığı kuvvet ilk baştakinden daha azdır.	Burhan, Özkan, Serbay	
Sadece mg etki etse top dümdüz yere düşerdi. Yatayda da bir kuvvet olmalı ki top bu şekilde düşsün.	Tuğçe, Armağan	

Tablo 37'nin devamı

Top yere çarpıp tekrar yükseldiğinde etki eden kuvvetler		
Yerçekimi kuvveti ve yerin tepki kuvveti (N normal kuvveti) vardır.	Burhan, Olgun, Özkan	
Kuvvet yoktur.	Cihan, Mustafa, Özgür	Cihan, Mustafa, Özkan,
Yerin uyguladığı tepki kuvveti (N normal kuvveti) vardır.	Tuba, Serbay, İsmail, Tuğçe, Zeynep, Armağan	
Yerçekimi kuvveti etki eder.*	Seher	Armağan, İsmail, Seher, Serbay, Tuba, Özgür, Tuğçe, Zeynep
Top yere çarpıp tekrar yükseldiğinde etki eden kuvvetlerin özellikleri		
Top her yere çarptığında etki eden bu tepki kuvveti azalır.	Tuba	
Top tekrar tepe noktasına çıktığında bu kuvvet sıfır olur.	İsmail	
Yerin tepki kuvveti topa hız kazandırır ve top bu sayede yükselir.*	Seher	Seher, Zeynep
Yerin tepki kuvveti enerjiye dönüşür ve bu enerji sayesinde hareket eder.*		Armağan, Cihan, Özkan, Özgür,

* Öğrencilerin doğru ifadeleri

** Bu öğrenci son mülakattaki diğer sorulara 'başka bir fikrim yok' diyerek yanıt vermek istememiştir.

*** Bu öğrenci konu ile ilgili yürütülen etkinliklere katılmamıştır. Bu yüzden bu soru ile ilgili fikirlerinde herhangi bir değişme belirlenmemiştir.

Tablo 37, ikinci soru kartı ile ilgili sorulara öğrencilerin verdikleri yanıtları özetlemektedir. Bu tablo özellikle topa hareketi süresince etki eden kuvvetlerle ilgili fikirleri yansıtmaktadır. Ön mülakatta öğrenciler topun hareketini kuvvetlerle açıklamaya çalışırken son mülakatta öğrencilerin çoğu kuvvetler yerine topun hareketini sağlayan kinetik ve potansiyel enerjilerden ve bu enerjilerin hareket süresince birbirlerine dönüşümlerinden konuşmuşlardır. Bu nedenle tablonun son mülakat kısmında bazı öğrencilerin isimleri bulunmamaktadır.

Ön mülakatta öğrencilerin çoğu topu harekete geçiren kuvvetin hareket süresince topa etki etmeye devam edeceğini düşünmektedirler (Burhan, Seher, İsmail, Tuğçe, Tuba, Olgun, Serbay, Özgür, Armağan, Özkan). Son mülakatta bu fikre sahip hiçbir öğrenci bulunmazken, öğrencilerin hareketi süresince topa sadece yerçekimi kuvvetinin etki ettiğini düşündükleri belirlenmiştir. Ön ve son mülakatlarda topa hiçbir kuvvetin etki etmeyeceğini düşünen öğrenciler bulunmaktadır (Cihan, Mustafa, Özgür, Özkan). Mülakatlarda bu öğrencilerin yerçekimi kuvvetini ihmal ettikleri anlaşılmıştır. Bazı öğrencilerin ön mülakatta topa eşlik eden kuvvetin zamanla azalacağını düşündükleri belirlenmiştir (Burhan, Tuba, Özkan, Serbay, İsmail). Ön mülakatta öğrenciler tepe noktasına ulaşan topa sadece yerçekimi kuvvetinin etki ettiğini söylerken, bunun nedenini başlangıçta uygulanan

kuvvetin etkisinin top yükseldikçe azalması ve topun aşağıya düşebilmesi için aşağı yönde etki eden bir kuvvetin olması gerektiği şeklinde açıklamışlardır (Özkan, Tuğçe, Seher, Zeynep, Tuba). Benzer şekilde yine ön mülakatta tepe noktasına gelen topa itme kuvveti azaldığı veya sıfır olduğu için topun daha yukarı çıkamadığı fikrine sahip öğrenciler vardır (Özgür, Armağan). Ön mülakatta öğrencilerin çoğu yere çarptıktan sonra yükselen topa yerin tepki kuvvetin etki etmeye devam ettiğini belirtmişlerdir (Burhan, Olgun, Özkan Tuba, Serbay, İsmail, Tuğçe, Zeynep, Armağan). Son mülakatta bu fikre sahip öğrenci bulunmamaktadır.

İkinci soru kartı ile ilgili görüşülen bazı öğrencilerin ana soru ve onu takip eden diğer sorulara ön ve son mülakatlarda verdikleri yanıtlardan bazı kesitler karşılaştırmalı olarak öğrenci-araştırmacı diyalogu şeklinde aşağıda sunulmuştur.

Araştırmacı: Yükselirken topa etki eden kuvvetler nelerdir?

Tuğçe(ÖM): Topun kendi ağırlığı ve çocuğun uyguladığı bir kuvvet vardır.

Tuğçe(SM): Topa mg kuvveti etki eder. Sahip olduğu enerji ile yükselir.

Araştırmacı: Tepe noktasında topa hangi kuvvetler etki eder?

Tuğçe(ÖM ve SM): Sadece mg var.

Araştırmacı: F kuvveti etki etmeye devam eder mi?

Tuğçe(ÖM): Etmez. F kuvveti devam ederse top düşmez.

Araştırmacı: Düşerken etki eden herhangi bir kuvvet var mıdır?

Tuğçe(ÖM): mg vardır. Sonra yere çarpınca mg ve yerin tepki kuvveti etki eder.

Tuğçe(SM): mg .

Araştırmacı: Top yere çarpıp yükselirken tepki kuvveti etki etmeye devam eder mi?

Tuğçe(ÖM): Eder. Şurada top düşerken sadece mg olsaydı top dümdüz yere düşerdi. Böyle gittiğine göre bir tane daha etki eden kuvvet var. F kuvveti.

Tuğçe(SM): Etmez. Yerin kazandırdığı enerji ile yükselir.

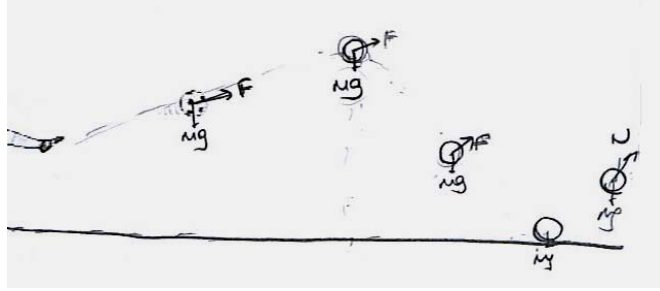
Araştırmacı: Bu kuvvet nereden gelmektedir?

Tuğçe(ÖM): Düşerken kazandığı hızdan mı? Ah, bilemeyeceğim. Benim fiziğim gerçekten çok kötüdür.

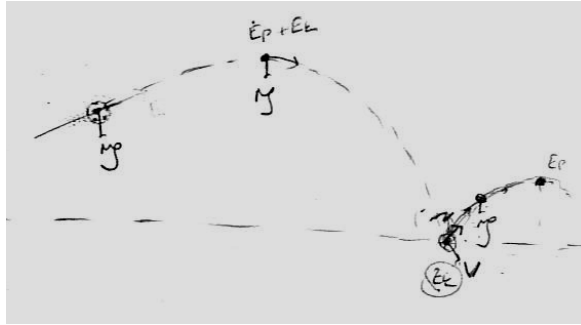
Araştırmacı: Çocuğun ayağı ile uyguladığı itme kuvveti etki etmeye devam etse ne olur?

Tuğçe (SM): Top sonsuza kadar giderdi.

Tuğçe'nin ön mülakatta topa hareketi süresince etki eden kuvvetleri göstermek için soru kartındaki resmin üzerine yaptığı çizim aşağıda sunulmuştur. Şekilde de görüldüğü gibi topa hareketi süresince çocuğun uyguladığı kuvvet etki etmeye devam etmektedir. Yere çarptıktan sonra tekrar havada yükselen topa yerin tepki kuvveti etki etmeye devam etmektedir.



Son mülakatta bu öğrenci topa hareketi süresince sadece yerçekimi kuvvetinin etki edeceğini belirtmiştir. Topun hareketini sağlayanın sahip olduğu enerji olduğunu soru kartındaki şekil üzerinde çizerek aşağıda görüldüğü gibi göstermiştir.



Tuğçe ön mülakatta, topun hareket yörüngesini izleyebilmesi için etki eden kuvvetlerin bileşkesinin hareket yönünde olması gerektiğini belirtmiştir. Yere çarptıktan sonra yükselen topa yerin tepki kuvvetinin etki etmeye devam edeceğini düşünmektedir. Ön mülakatın sonunda öğrencinin verdiği yanıtlardan emin olmadığı anlaşılmaktadır. Son mülakatta topu harekete geçiren kuvvetin etki etmeye devam etmediğini ve bu kuvvetin topa kazandırdığı enerji ile hareketini sürdürdüğünü ifade etmiştir.

Araştırmacı: Topa hareketi süresince etki eden kuvvetler nasıldır?

Serbay(ÖM): Yükselirken yatayda F_x ve düşeyde F_y kuvveti etki eder. Bu şekilde devam eder.

Serbay(SM): Ayakla temas kesildiğinden dolayı bir kuvvet yoktur şuan.

Yerçekimi kuvveti vardır. Bir de hava sürtünmesinden dolayı harekete ters yönde bir kuvvet vardır. Hızı azalarak tepe noktasına çıkıyor ve orada bir denge durumu oluşuyor.

Araştırmacı: Denge durumu ile ne demek istiyorsun? Maksimum yükseklikte mg var mıdır?

Serbay(SM): Vardır. Yerçekimi kuvveti hareket süresince hep vardır.

Sürtünme kuvveti vardır. Topun gidiş yönünde de bir hızı vardır. mg 'den dolayı aşağıya doğru bir gidiş olacaktır. Bu kuvvetin etkisi ile top hızlanacaktır.

Araştırmacı: Top maksimum yüksekliğe çıktığında ne olur?

Serbay(ÖM): Tam maksimum yükseklikte F_x yine aynı şekilde devam eder. F_y sıfır olur.

Araştırmacı: Yani F_y top yükselirken azalır mı?

Serbay(ÖM): Evet. Yerçekimi ivmesinden dolayı azalır. Tam tepe noktasında F_y ile yerçekimi birbirini dengeler.

Araştırmacı: Top düşerken kuvvetler nasıl olur?

Serbay(SM): Yine mg vardır.

Serbay(ÖM): F_y azalır, F_x yine sabit, g de sabit. Bu nedenle top düşer. Yere çarptığı noktada yine bir F_y ve F_x vardır. Bir de yerin tepki kuvveti vardır.

Araştırmacı: Bu kuvvetler ilk baştaki F_x ve F_y kuvvetleri ile aynı mıdır?

Serbay(ÖM): Çocuğun vurduğu andaki kuvvetlerle aynıdır.

Araştırmacı: Peki top yere çarptıktan sonra yükselirken etki eden kuvvetler nasıldır?

Serbay(ÖM): Engelleyen bir kuvvet olmadığından dolayı aynı şekilde devam eder. Aynı şekilde bir g var. Bir F_y var ama.

Araştırmacı: Yerin tepki kuvveti etki etmeye devam eder mi?

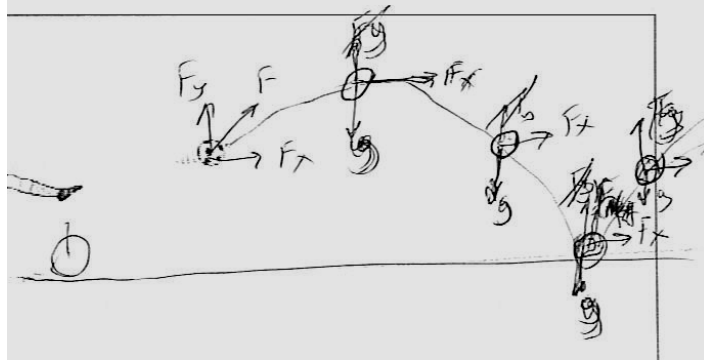
Serbay(ÖM): Muhakkak olması gerekir, cismin yukarı çıkabilmesi için vardır, yerin tepki kuvvetidir bu.

Araştırmacı: Bu kuvvet top yerden tekrar yükseldiğinde etki etmeye devam eder mi?

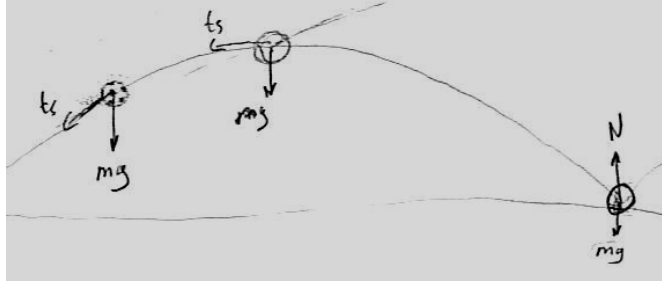
Serbay(ÖM): Azalarak devam eder.

Serbay(SM): Hayır. Aynı şekilde burada da tepki kuvveti temas kesildikten sonra kalkar.

Serbay ön mülakatta topa hareketi süresince etki eden kuvvetleri aşağıdaki gibi göstermiştir. Bu öğrencinin kuvvet kavramını hız kavramının yerine kullandığı anlaşılmaktadır. Eğik atış hareketi düşünüldüğünde ilk hızın yatay ve düşey bileşenlerindeki değişimle Serbay'ın tanımladığı kuvvetteki değişim arasında ilişki olduğu görülmektedir.



Ön mülakatta yere çarptığında topa etki eden yerin tepki kuvvetinin top yerden yükselirken de etki etmeye devam ettiğini düşünen bu öğrenci, son mülakatta temas kesildikten sonra itme kuvvetlerinin ortadan kalktığını belirtmiştir. Son mülakatta bu öğrenci topa hareketi süresince sadece yerçekimi kuvvetinin etki edeceğini belirtmiştir. Öğrencinin soru kartındaki şekil üzerinde yaptığı çizim aşağıda sunulmuştur.



Araştırmacı: Topa hangi kuvvetler etki eder?

Tuba(SM): Yerçekimi kuvveti vardır. Bu kuvvet olmazsa top aşağıya doğru gidemezdi. Çocuk bir anda vurdu topa, oradan top hız kazandı, o hızla hareket ediyor bence, bence çocuk sadece ayağı ile vurduğu anda bir kuvvet uygulamıştır. Ama top ileri gittikten sonra bu kuvvet hızla dönüşür. O da enerjidir zaten.

Tuba(ÖM): Çocuk topa vurduğunda bir kuvvet uygular, topun da aşağıya doğru bir ağırlığı vardır. Ayrıca yerçekiminden dolayı aşağıya doğru topa etki eden bir kuvvet vardır.

Araştırmacı: Topun çocuğun ayağı ile bir teması kalmadığında bu kuvvet etki etmeye devam eder mi?

Tuba(ÖM): Evet.

Araştırmacı: Tepe noktasına geldiğinde ne olur?

Tuba(ÖM): Sanırım çocuğun vurduğunda verdiği bu kuvvet gittikçe azalacak. Burada ağırlığı var, yerçekimi daha fazla bir kuvvet uygular.

Araştırmacı: Cismin ağırlığı ile ona etki eden yerçekimi kuvveti farklı mıdır?

Tuba(ÖM): Evet, burada ağırlık yerçekimi kuvvetinden daha az olacak ki top aşağıya doğru gelebilsin. Yerçekimi daha baskın bir kuvvet uygular ona.

Araştırmacı: Peki çocuğun uyguladığı kuvvet sıfır mı olur?

Tuba(ÖM): Evet, sıfırdır.

Araştırmacı: Top aşağıya düşerken kuvvetler nasıldır?

Tuba(ÖM): Çocuğun bir kuvveti yoktur artık. Burada yerçekimi kuvveti devreye girer. Yere vurduktan sonra yerin bir tepki kuvveti etki eder. Burada topu kaldıran çocuk değil de bu tepki kuvvetidir. Ama ilk baştaki kuvvetten daha azdır.

Araştırmacı: Top tekrar yükselirken hangi kuvvetler etki eder?

Tuba(ÖM): Yerin uyguladığı tepki kuvveti. Zaten her yere çarptığında bu tepki kuvveti azalır. Ağırlığı onu geçeceğinden bir süre sonra top durur.

Araştırmacı: Top tekrar yükselirken yerin tepki kuvveti etki etmeye devam eder mi?

Tuba(SM): Hayır. Temas kesildikten sonra etki etmez. Ama yerçekimi kuvveti yine etki etmeye devam eder. Onu aşağıya doğru çekiyor. Dokundukları anda ona bir kuvvet uygular. Aynı olduklarında birbirlerine bir kuvvet uygulamazlar. Mıknatıs olsa bir kuvvet uygular diyebiliriz, çekim oluyor. Ama burada öyle bir şey yok.

Tuba ön mülakatta bir cisme uygulanan yerçekimi kuvveti ile cismin ağırlığının birbirinden farklı kavramlar olduğundan söz etmiştir. Ön mülakatta topun ağırlığının hareket ettirici kuvveti zamanla azalttığını düşünmektedir. Son mülakatta topa hareketi

süresince etki eden tek kuvvetin yerçekimi kuvveti olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, temas kesildikten sonra hareketi başlatan kuvvetin etki etmeye devam etmeyeceğini belirtmiştir.

Üçüncü soru kartında öğrencilerden farklı kütlelere sahip iki aracın çarpışması anında birbirlerine uyguladıkları kuvvetler ve hasarlar sorulmuştur. Öğrencilerden etki-tepki kanununa göre araçların birbirlerine uygulayacakları kuvvetlerin eşit olduğunu ve dolayısıyla eşit hasar göreceklerini söylemeleri beklenmektedir.

Tablo 38. Üçüncü soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti

Yanıtlardan çıkartılan ifadeler	Ön mülakat	Son mülakat
İkisinde de aynı miktarda hasar oluşur.*	Serbay**, Cihan**, Armağan	Armağan, Burhan, Cihan, İsmail, Olgun, Özkan, Seher, Tuğçe, Zeynep
Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.*	Serbay**, Cihan**	Armağan, Burhan, Cihan, İsmail, Olgun, Özkan, Seher, Tuğçe, Zeynep
Kütlesi büyük olan daha büyük bir kuvvet uygular.	Burhan, Özkan, Tuba, İsmail, Tuğçe, Seher, Özgür	Tuba
Otomobilde oluşan hasar daha fazladır.	Burhan, Özkan, Tuba, İsmail, Tuğçe, Seher, Özgür, Zeynep	Tuba, Özgür
Otomobilin uyguladığı kuvvet daha büyüktür.	Zeynep	
Kamyon daha ağır olduğu için daha çok hasar görür.	Mustafa	
Emin değilim. Bu soruya bir yanıt veremeyeceğim.	Olgun	Mustafa, Serbay

* Öğrencilerin doğru ifadeleri

** Bu öğrenciler ön mülakatta ana soruya ilk verdiği yanıtı ardı sıra gelen sorulardan sonra değiştirerek bu yanıtı vermişlerdir.

Ön mülakatta öğrencilerin çoğu -bir kısmı (Sebay, Cihan) daha sonra fikrini değiştirirse de- kütlesi büyük olanın daha büyük kuvvet uygulayacağı dolayısıyla daha çok hasar vereceği fikrine sahip oldukları belirlenmiştir (Burhan, Özkan, Tuba, İsmail, Tuğçe, Seher, Özgür, Zeynep). Son mülakatta ise sadece Tuba ve Özgür hala bu fikri savunurken, Mustafa ve Serbay ise kesin bir yanıt verememişlerdir.

Son mülakatta öğrenciler verdikleri yanıtlarının nedenini açıklarken farklı bilgi kaynakları kullandıkları belirlenmiştir. Bazı öğrenciler etki-tepki kanunundan (Cihan, İsmail, Özkan, Seher, Tuğçe), bazıları derslerde tartışılan örneklerden (Olgun-Dünya/Elma, Özkan, Tuğçe- Dinamometre), ikisi ise kütlelerin önemi olmadığından dolayı

(Armağan, Tuğçe) araçların birbirlerine uygulayacakları kuvvetlerin eşit olacağını ve dolayısıyla eşit miktarda hasar göreceklarini ifade etmişlerdir.

Son mülakatta Tuba'ya, ön mülakatta Tuğçe ve Seher'e göre, $F=ma$ formülünde ivmeleri aynı olduğuna göre kütlesi fazla olan daha büyük bir kuvvete sahiptir, yani kütlesi fazla olan daha fazla hasar verir. Öğrencilerin günlük hayattaki gözlemleri nedeniyle ön mülakatta bu soruya yanıt verirken çok fazla çelişki yaşadıkları belirlenmiştir (Serbay, Cihan, Zeynep).

Serbay ön mülakatta arabaların birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin toplamı kadar bir kuvvet hissedeceklerini düşünmektedir. Bu öğrenci ardı ardına gelen sorulardan sonra fikrini değiştirerek araçların eşit hasar göreceklarini söylemiştir. Olgun ön mülakatta arabaların kütlelerinin birbirlerine uygulayacakları kuvvetleri etkileyip etkilemeyeceğine karar veremediği için kesin bir yanıt verememiştir.

Üçüncü soru kartı ile ilgili görüşülen bazı öğrencilerin ana soru ve onu takip eden diğer sorulara ön ve son mülakatlarda verdikleri yanıtlardan bazı kesitler karşılaştırmalı olarak öğrenci-araştırmacı diyalogu şeklinde aşağıda sunulmuştur.

***Araştırmacı:** Hangi araç daha çok hasar görür?*

***Cihan (ÖM):** Aynı hızla gidiyorlarsa aynı hasarı görmek zorundadırlar. Ama kamyon daha yükseğe arabayı ezecektir.*

***Cihan(SM):** Etki tepki kuvvetleri birbirine eşit olduğundan dolayı ikisi de aynı hasarı görecektir.*

***Araştırmacı:** Yüksekliklerinin de aynı olduğunu varsayarsak ne olur?*

***Cihan(ÖM):** O zaman ikisi de aynı hasarı görür.*

***Araştırmacı:** Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler nasıldır?*

***Cihan(ÖM):** Aynıdır.*

***Araştırmacı:** Kamyonun daha ağır olması uyguladığı kuvveti etkiler mi?*

***Cihan(ÖM):** Hayır. Ya da etkileyebilir. Çünkü onları aşağıya çeken bir kuvvet var. Ağırlığı fazla olan fazla hareket etmeyebilir. Bu nedenle araba daha çok hasar görebilir.*

***Araştırmacı:** Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler yine eşit midir?*

***Cihan(ÖM):** Eşittir.*

***Araştırmacı:** Yine eşittir, ancak?*

***Cihan(ÖM):** Kamyon daha az hasar görür bence. Ama o zaman da bir çelişki doğuyor.*

***Araştırmacı:** Arabanın daha çok hasar göreceğini niçin düşünüyorsun?*

***Cihan(ÖM):** Şimdi örneğin, bir kaya ile araba çarpıştığında, kaya ağırlığından dolayı hareket etmez. Ama o da hareket halinde. Bence ikisi de aynı hasarı görür.*

***Araştırmacı:** Kamyonun daha ağır olması durumu değiştirmez mi?*

***Cihan(ÖM):** Fark etmez. Çünkü ikisi de birbirine aynı miktarda kuvvet uygulayacak ve dolayısıyla ikisi de aynı hasarı görür.*

Cihan ön mülakatta ardı sıra gelen sorulara çelişkili yanıtlar vermiştir. İlk başta kamyonun arabadan büyük ve ağır olmasının vereceği hasarı artıracaklarını düşünürken, daha sonra kütlelerin öneminin olmayacağını, kuvvet ve hasarların eşit olacağını belirtmiştir. Ancak, son mülakatta kendinden daha emin bir şekilde bir cümle ile düşüncesini ifade etmiştir.

Araştırmacı: Hangi araç daha çok hasar görür?

Tuğçe(ÖM): Küçük araba daha çok hasar görür.

Tuğçe(SM): Eşit hasar görürler. Newton'un 3. yasasına göre etki tepkiden dolayı ikisi de eşit hasar görürler. Kütleden bağımsızdır. Eşit hasar görür bence, hani dinamometre ile etkinlik yapmıştık, burada da onun gibi.

Araştırmacı: Niçin?

Tuğçe(ÖM): Çünkü ağır olan arabanın uygulayacağı kuvvet daha fazladır. İkisi de birbirine bir kuvvet uygular. $F=ma$ olduğundan kütlesi daha fazla olan daha fazla hasar verir.

Tuğçe(SM): Böyle düşününce eşitmiş gibi gözüküyor ama gündelik hayatta düşününce araba daha çok hasar görmüş gibi geliyor kazalarda.

Tuğçe, ön mülakatta çarpışmalardaki kuvvetleri açıklarken Newton'un 2. kanununu kullanarak, kütlesi büyük olanın uygulayacağı kuvvetin de büyük olacağını belirtmiştir. Bu öğrenci son mülakatta Newton'un 3. kanununa göre etki tepki kuvvetlerinin eşit olması gerektiğinden araçların birbirlerine uygulayacakları kuvvetlerin eşit olduğunu ve dolayısıyla hasarların da eşit olacağını ifade etmiştir. Ancak son mülakatta Newton'un dedikleri ile günlük hayattaki gözlemlerinin uyuşmadığını ve kazalarda genellikle küçük araçların daha çok hasar gördüklerini anlatmaya çalışmıştır.

Araştırmacı: Hangi aracın daha çok hasar göreceğini düşünüyorsun?

Mustafa(ÖM): Ağırlıktan dolayı en çok kamyonun hasar göreceğini düşünüyorum.

Mustafa(SM): Hızları aynı, kütleleri farklı olunca şöyle bir şey vardı, momentum mu kütle çarpı hız, orda bir şey vardı, hasarlar aynı oluyordu, kütleler nasıl olursa olsun.

Araştırmacı: Aynı yönde mi giderler yoksa geri mi teperler?

Mustafa(ÖM): Çarpıştıkları zaman araba daha çok geri tepecektir. Kamyon onun kadar geri gitmez.

Mustafa(SM): Hocam bence kamyon arabayı altına alıp götürüyor.

Araştırmacı: Niçin böyle düşünüyorsun?

Mustafa(ÖM): Ağırlıklarından dolayı. Ağır olanın geri tepmesi daha zordur.

Araştırmacı: Ağır olması uyguladığı kuvveti artırır mı?

Mustafa(ÖM): Evet artırır.

Mustafa(SM): O zaman ivmeleri mi farklı oluyordu, bir şey farklı oluyordu ama, ne diyecektim ya, bu konu çok kafa karıştırıcı. Bu konuda bir şeyler biliyorum ama söyleyemiyorum. Yani hocam tam hayal edemeyince, canlandıramayınca, üç boyutlu düşünemeyince, mesela görsem daha net bir şey

söyleyebilirim. Bazı şeyler kağıt üzerinde kalınca düşünemiyor insan. O yüzden hocam bu soruyu ekart edebiliriz.

Mustafa'nın ön mülakatta kamyon daha ağır olduğu için çarpışmanın etkisiyle daha az geri kayacağından daha çok hasar göreceğini düşünmektedir. Tersine araba hafif olduğu için daha çok savrulacağından hasarı da azalır. Böylece üzerine düşen kuvvetin etkisinin azalacağını düşünmektedir. Son mülakatta Mustafa bu soruya net bir yanıt verememiştir. Öğrencinin ifadelerinden çarpışma olaylarının deneysel olarak laboratuvar ortamında gerçekleştirilememesi ve çarpışmalarda kuvvetlerin gözlenememesi öğrencilerin bu olayı zihinlerinde canlandıramamalarına neden olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmacı: Araçların birbirlerine uyguladıkları kuvvetler nasıldır?

Armağan(ÖM): Ağırlıkları aşağıya doğru olduğu için kamyonun daha ağır olması birbirlerine uyguladıkları kuvveti etkilemez. Aynı maddeden yapıldıkları için aynı hasarı görürler.

Armağan(SM): İkisinin birbirine uyguladığı kuvvetler eşittir.

Araştırmacı: Niçin bu kuvvetlerin eşit olduğunu düşünüyorsun?

Armağan(SM): Ağırlıkları önemli değildir zaten burada, hızları da önemli değildir. Dersteki örneklerden hatırlıyorum. Kuvvet aynı ise hasarlar da aynıdır. Ama hasar için fazla bir yorum yapamayacağım.

Armağan ön ve son mülakatta çarpışan araçların ağırlıklarının birbirlerine uygulayacakları kuvvetleri etkilemeyeceğini ifade etmiştir. Armağan ön mülakatta araçların ağırlıklarının birbirlerine uygulayacakları kuvvetleri etkilememesinin nedenini, ağırlık vektörlerinin yere doğru olması ile açıklamıştır. Son mülakatta hasarlar konusunda net bir yorum yapamamıştır. Ayrıca son mülakatta derslerde yapılan etkinliklerin bu öğrencinin yanıtı üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır.

Dördüncü soru kartında hareket halinde olan bir aracın karşı yönden gelen başka bir araca mı yoksa yol kenarındaki bir ağaca mı çarptığında daha az hasar göreceği sorulmaktadır. Öğrencilerden her iki durumda da etki-tepki kuvvetleri eşit olacağından hasarların da eşit olacağı şeklinde yanıt vermeleri beklenmektedir.

Tablo 39. Dördüncü soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti

Yanıtlardan çıkartılan ifadeler	Ön mülakat	Son mülakat
Ağaca çarparsa daha az hasar görür.	Burhan, Serbay, Cihan, Olgun, Özkan, Tuğçe, Seher, Özgür, Armağan, Zeynep	Burhan, Cihan, Serbay, Özgür,

Tablo 39'un devamı

Araba hızından gelen bir kuvvete sahiptir.	Burhan, Serbay, Olgun, Özkan, Tuğçe, Seher, Özgür	Burhan, Özgür,
Araba ne kadar hızlı ise o kadar çok kuvvet uygular.	Serbay, Cihan, Armağan	
Çarpışan nesnelere ikisinin de hareketli olması hasarı artırır.	Olgun, Özkan, Özgür	
Ağaca çarptığında daha fazla hasar görür.	Tuba, İsmail	Tuba
Kuvvetler eşit olduğu için hasarlar da aynı olur.*		Armağan, İsmail, Mustafa, Olgun, Özkan, Seher, Tuğçe, Zeynep

* Öğrencilerin doğru ifadeleri

** Mustafa ön mülakatta soruya duygusal olarak yaklaşmış *“başka bir insanın canına kastetmektense kendi canını feda edip ağaca çarpmayı tercih ederim”* şeklinde yanıt vermiştir.

Ön mülakatta, öğrencilerin çoğunun karşıdan gelen arabaya çarpmanın durgun halde olan ağaca çarpmaktan daha çok hasar vereceği fikrine sahip öğrencilerin “Çarpışma anında hızlarından dolayı arabalar sahip oldukları kuvveti birbirlerine uygularlar ve bunun yanında bir de uyguladıkları bu kuvvet kadar kendilerine tepki kuvveti etki eder. Ağaç gibi yerinde sabit olan bir nesneye çarptığında ise sadece kendi uyguladığı kuvvet kadar bir tepki kuvveti görür. Böylece hareketli nesnelere çarptığında iki kat daha fazla hasar görürler” şeklinde düşündükleri ortaya çıkmıştır (Burhan, Serbay, Cihan, Olgun, Özkan, Serbay, Tuğçe, Seher, Özgür, Armağan, Zeynep). Son mülakatta ise bu fikre sahip öğrenci sayısında önemli bir azalma olmuştur (Burhan, Serbay, Cihan, Özgür).

Ön mülakatta durgun haldeki arabaya mı yoksa ağaca mı çarptığında daha az hasar görüleceği sorulan öğrencilerin tümünün arabaya çarpmayı tercih ettiği belirlenmiştir (Özgür, Cihan, Tuba). Bu öğrencilerin açıklamalarına göre, çarpışma anında ağaç durağan olduğu için uygulanan bütün kuvveti arabaya geri uygulayacaktır, bu yüzden araba durağan olan başka bir arabaya çarptığında göreceği hasardan daha çok hasar görecektir. Çünkü durağan olan araba çarpma anında geri kayabilir ve bu yüzden kuvvetin bir kısmını kendisine harcayacağından çarpan arabaya onun uyguladığı kuvvetten daha az bir kuvvetle tepki gösterecektir. Ön mülakatta İsmail de arabanın, kendisine doğru aynı hızla gelen başka bir arabaya çarparsa ağaca çarptığında göreceği hasardan daha az hasara uğrayacağını söyleyerek nedenini bir önceki cümlede olduğu gibi açıklamıştır. Son mülakatta Tuba'nın hala bu fikri tuttuğu anlaşılmıştır.

Dördüncü soru kartı ile ilgili görüşülen bazı öğrencilerin ana soru ve onu takip eden diğer sorulara ön ve son mülakatlarda verdikleri yanıtlardan bazı kesitler karşılaştırmalı olarak öğrenci-araştırmacı diyalogu şeklinde aşağıda sunulmuştur.

Araştırmacı: İki arabanın özdeş olduklarını ve birbirlerine doğru aynı hızla geldiklerini kabul edersek hangisine çarparsa daha az hasar görür?

Burhan(ÖM): Ağaca çarparsa daha az hasar görür.

Burhan(SM): Arabaya çarparsa daha çok hasar görür. Çünkü ikisin de hızı var. Arabanın hem kendi etki tepkisi hem de diğer arabanın hızından dolayı etki tepkisini alacak.

Araştırmacı: Niçin?

Burhan(ÖM): İki hareketli cismin belli bir miktar hızları var. İkisinin hızı sıfırlanana kadar birbirlerine kuvvet uygularlar. Ama ağaç durduğu için sadece araba kuvvet uygular.

Araştırmacı: Ağaç arabaya bir kuvvet uygulamaz mı?

Burhan(ÖM): Çarpmadan dolayı tepki kuvveti vardır.

Araştırmacı: Peki arabanın uyguladığı kuvvetten tepki kuvveti daha mı küçüktür.

Burhan(ÖM): Hı hı.

Araştırmacı: O yüzden mi daha az hasar görür.

Burhan(ÖM): Evet.

Araştırmacı: Arabalar çarpışsaydı birbirlerine uygulayacakları kuvvetler eşit mi olurdu?

Burhan(ÖM): Hızları aynı olduğuna göre eşittir.

Araştırmacı: Peki arabalardan biri dursaydı.

Burhan(ÖM): Hareketli arabaya çarptığı zamankinden daha az hasar görürdü.

Çarpışan araçların hareketli olmasının birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri artırdığını ve hızın araçlara kuvvet kazandırdığını düşünmektedir. Bu nedenle ön ve son mülakatta fikirlerinde bir değişme olmayan bu öğrencinin ağaca çarpınca arabanın daha az hasar göreceğini düşündüğü belirlenmiştir.

Araştırmacı: Bu soru ile ilgili ne düşünüyorsun?

Serbay(ÖM): Birbirlerine çarparlarsa daha çok hasar görürler.

Serbay(SM): Mantığı aynı yine sonuçta, (uzun süre sessizlik), kafamdaki formüllerden bir şeyler çıkarmaya çalışıyorum ama (sessizlik). Şimdi hocam bu bir F kuvveti ile giderse diğeri de bir F kuvveti ile gelir ve çarpıştıklarında $2F$ 'lik bir kuvvet hissederler. Ağaç durduğu için sadece arabanın kuvveti kadar bir kuvvet hissedecek. Bu yüzden arabalar birbirlerine çarparlarsa daha fazla hasar olur.

Araştırmacı: Niçin?

Serbay(ÖM): Sonuçta bu araba ona bir F kuvveti, diğeri de buna bir F kuvveti uygular ve çarpıştığı anda her birine $2F$ lik bir kuvvet etki eder. Ama ağaca çarparsa ağaç sadece arabanın uygulayacağı F kuvvetini tepki olarak uygular. Bu nedenle ağaca çarparsa daha az hasar görür.

Araştırmacı: Peki taksiler özdeş olduğuna göre, yani yapılış maddeleri aynı olduğuna göre biri diğerinin iki katı hızda olursa çarpıştıklarında hangisi daha çok hasar görür?

Serbay(ÖM): Birbirlerine 3F lik kuvvet uygularlar.

Araştırmacı: Hangisi daha çok hasar görür?

Serbay(ÖM): Aynı oranda hasar görürler. Birbirlerine 3F lik kuvvet uygularlar. Yani, ikisinin uyguladıkları kuvvetlerin toplamı kadar birbirlerine kuvvet uygularlar.

Ön ve son mülakatta Serbay, cisimlerin çarpıştıkları anda birbirlerine etki tepki kuvvetleri dışında hızlarından gelen başka kuvvetler de uyguladıklarını ve hareketli olana çarpmanın durandan daha çok hasar vereceğini düşünmektedir.

Araştırmacı: Bu araba hangisine çarparsa daha az hasar görür?

Cihan(ÖM): Ağaca çarptığında uyguladığı kuvvet kadar tepki görecektir. Arabaya çarptığı zaman yine aynı kuvveti görmek zorundadır. Bence ağaca çarptığında daha hasarsız kurtulur. Çünkü ağaç arabanın uyguladığı kuvvet kadar tepki kuvveti uygulayacaktır. Ama arabaya çarptığında hem kendi kuvvetinden dolayı tepki kuvveti görecektir hem de arabanın ona uyguladığı bir kuvvet vardır. O yüzden arabaya çarptığında daha çok hasar görür. Ağaca çarpması lazım.

Cihan(SM): Bence hocam ağaca çarpması daha mantıklı. Arabalar çarpışır bu ona bir kuvvet uygulayacak, o da buna bir kuvvet uygulayacak, o kuvvetlerin bir de tepkileri olarak bu ona o da buna aynı şekilde tepki uygulayacak. Bence bu ona bir F kuvveti ile çarparsa aynı F' i bundan hissedecek bir de bu F vardı, bir de bu F' in bir tepkisi olacak, 2 F lik bir kuvvet hissedecek. O zaman ağaca çarpması daha mantıklı. Ağaca F ile çarparsa sadece F kadar tepki alacak.

Araştırmacı: Peki araba da durgun olsaydı.

Cihan(ÖM): Adam kendini düşünecektir. Ben olsam ağaca vururdum.

Araştırmacı: Niçin?

Cihan(ÖM): Eğer can kaybını ihmal edersek arabaya vururdum. O zaman daha az hasar görürdüm.

Cihan da Serbay gibi ön ve son mülakatta hareketli olana çarpmanın daha çok hasar vereceği görüşüne sahiptir. Cihan da arabaların hızlarından gelen bir kuvvete sahip olduklarını düşünmektedir.

Araştırmacı: Bu araba hangisine çarparsa daha az hasar görür?

Olgun(ÖM): Ağaca çarparsa daha az hasar görür. Çünkü arabaların belli bir hızının olması çarpışmada birbirlerine uygulayacakları kuvveti artırır. Biri 10' la diğeri de 10' la gelirse ikisinin birbirine çarpma kuvveti 20 olur. Ama ağaç duruyor. Ona çarparsa 10 olur.

Olgun(SM): Yine hocam yaptığımız çalışmalarda benim vardığım sonuç aynı, yani ağaca da çarparsa aynı, diğer arabaya çarparsa da aynı. Sonuçta etki-tepki kanunu, aynı hasarı görürler diyorum ben.

Araştırmacı: Uyguladıkları kuvvetler eşit olduğu için mi böyle diyorsun?

Olgun(SM): Evet.

Araştırmacı: Peki diğer araba da dursaydı ne olurdu? Arabalar arasındaki hasarı karşılaştırır mısın?

Olgun(ÖM): İkisinin hareketli olduğu durumdan daha az hasar görürler. Çünkü bu sefer yalnızca birinin hızı etki eder. Burada tepki daha az olur.

Araştırmacı: Duran araba ile hareket halindeki araba çarpıştığında hasarları nasıl olur? Karşılaştırır mısın?

Olgun(ÖM): Duran daha çok hasar görür. Ama bu çarpma anında araban geri kayabilir. O zaman ağaca çarpmak gibi olur.

Araştırmacı: Geri kayarsa durum değişir mi?

Olgun(ÖM): Değişebilir. Hasar azalabilir.

Araştırmacı: Hangisi daha çok hasar görür?

Olgun(ÖM): Duran daha çok görür. Tabi yüzeysel fiziğe göre. Kesin bir sonuca varamıyorum. Bu şekilde söylüyorum ama niçin böyle olduğunu size kanıtlayamam. Burada emin olduğum bir şey var. O da ikisi de hareketli olduğu zaman hasar daha fazladır.

Olgun, ön mülakatta durgun olana çarpmanın daha az hasar vereceğini düşünmektedir. Ayrıca, bu öğrenci çarpışma anında araçlardan biri geri kayıyorsa göreceği hasarın azalacağını belirtmiştir. Bunun nedenini daha önceki soruda, geri kayma sırasında araca etki eden kuvvetin bir kısmının harekete harcanarak, hasara neden olan kuvvetin azalması şeklinde açıklamıştır. Ön mülakatın sonunda öğrenci konu ile ilgili sahip olduğu fikri savunacak yeterli delilinin olmadığını açıkça söylemiştir. Son mülakatta Olgun, yürütülen etkinlikler sonucunda etki-tepki kanununa dayanarak, aracın hareketli veya durgun olan başka bir araca çarpmasının birbirlerine uygulayacakları kuvvetleri değiştirmeyeceğini ve dolayısıyla hasarların eşit olacağı fikrini benimsediğini ifade etmiştir.

Araştırmacı: Bu araba hangisine çarparsa daha az hasar görür?

İsmail(ÖM): Ağaca çarparsa daha çok hasar görür. Çünkü kuvvetin çoğu ona geri gelecek. Arabaya çarparsa kuvveti paylaşırlar ve ikisi de geriye doğru gidecek. Ağaç sabit olduğu için bütün kuvveti araba görecek.

İsmail(SM): Ağaca ya da arabaya çarptığındaki etki tepki kuvvetleri aynıdır. Tepkiler eşit olduğuna göre hasarlar da aynı olur.

Araştırmacı: Paylaştıklarımı söylediğin bu kuvveti kim uyguluyor?

İsmail(ÖM): Hareket eden uygular.

İsmail, ön mülakatta ağaca çarpmanın daha çok hasar vereceğini düşünürken, son mülakatta hareketli veya durgun olsun çarpışan nesnelere birbirlerine uygulayacakları kuvvetlerin etki-tepki kanununa göre eşit olacağını belirtmiştir.

Beşinci soru kartında öğrencilerden tekerlekli sandalyede oturan adamların birbirlerine uyguladıkları kuvvetler ve geri kayma miktarları sorulmaktadır. Öğrencilerden “Etki-tepki kanununa göre adamların birbirlerine uyguladıkları etki-tepki kuvvetleri eşittir. Kütleleri de eşitse aynı miktarda ivmeleneceklerine göre geri kayma miktarları da eşittir” yanıtı beklenmektedir.

Tablo 40. Beşinci soru kartına ön ve son mülakatta öğrencilerin verdikleri yanıtların özeti

Yanıtlardan çıkartılan ifadeler	Ön mülakat	Son mülakat
İten daha çok kuvvet uygular.	Burhan, Armağan,	
İten daha fazla geri gider.	Tuba, Zeynep	
B'deki daha çok geri gider.	Burhan, Armağan	Burhan,
İkisi de A'nın uyguladığı kuvvet yönünde eşit miktarda gider.	Tuğçe,	
İkisi de aynı miktarda geri gider.*	Serbay, Cihan, Olgun, İsmail**, Seher**, Mustafa, Özgür**,	Armağan, Cihan, İsmail, Mustafa, Olgun, Özkan, Seher, Serbay, Tuba, Özgür, Tuğçe, Zeynep
Birbirlerine eşit kuvvet uygularlar.*	Serbay, Cihan, Olgun, İsmail**, Seher**, Mustafa, Özgür**,	Armağan, Cihan, İsmail, Mustafa, Olgun, Özkan, Seher, Serbay, Tuba, Özgür, Tuğçe, Zeynep
Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşitse hareket etmezler.	Özkan	

* Öğrencilerin doğru ifadeleri

** Bu öğrenciler Newton'un III. kanununa göre yanıtın bu şekilde olması gerektiğini söylemişlerdir. Ancak kendi düşüncelerinin Newton'a uymadığı belirlenmiştir.

Öğrenciler ön mülakatta A'nın karşısındaki duvar olsaydı uyguladığı kuvvet kadar tepki kuvveti alacağını, ancak karşısındaki hareket edebilen bir nesne olduğu için A'nın uyguladığı kuvvetin bir kısmını B'yi hareket ettirebilmek için harcadığından A'ya daha az tepki kuvveti uygulanacağını düşünmektedirler (Burhan, Armağan, Cihan, Mustafa, Özgür).

İsmail, Seher ve Özgür kendi fikrine göre itilenin daha fazla geri gitmesi gerektiğini ancak, Newton'a göre etki-tepki kuvvetleri eşit olduğuna göre eşit miktarda yer değiştirmeleri gerektiğini söylemiştir. Mülakatta sorular artıkça Cihan fikrini değiştirerek ikisinin de eşit miktarda geri gidebilmesi için birbirlerine eşit kuvvet uygulamaları gerektiğini söylemiştir.

Tuba ön mülakatta B'ye sadece A'nın uyguladığı kuvvetin etki ettiğini, A'ya ise hem kendi uyguladığı kuvvetin hem de, bu kuvvete karşı B'nin uyguladığı tepki kuvvetinin etki ettiğini düşünmektedir.

Ön mülakatta Serbay ve Olgun kütleleri farklı olsa da birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşit olacağından eşit miktarda geri gideceklerini söylemişlerdir. Bu öğrencilerin $F=ma$ 'yı göz ardı ettikleri anlaşılmaktadır. Yine ön mülakatta bazı öğrenciler ağır olanı itmek için öncekinden daha fazla bir kuvvet uygulanması gerektiğini ve ağır olanın diğerine göre daha az geri kayacağını düşünmektedirler (Zeynep, İsmail, Seher). Son

mülakatta öğrencilere aynı şekilde, etkileşen nesnelere birinin kütlesi daha fazla olduğunda kuvvetlerin ve yer değiştirme miktarlarının nasıl olacağı sorulduğunda öğrencilerin çoğu, Newton'un üçüncü kanununa göre kuvvetlerin eşit olacağını ifade etmişlerdir. Ancak, bu öğrenciler $F=ma$ 'dan kütlesi fazla olanın daha az ivmeleneceğinden diğerine göre daha az yer değiştireceğini belirtmişlerdir (Armağan, Cihan, Mustafa, Olgun, Özkan, Seher, Serbay, Tuba).

Son mülakatta Cihan (kayık örneği), Serbay (uzaydaki astronot-uydu örneği) ve Tuba (kayık örneği, dinamometre etkinliği) derslerdeki örnek ve etkinliklere atıf yaparak Newton'un üçüncü kanununa göre bu soruyu açıklamaya çalışmışlardır.

Beşinci soru kartı ile ilgili görüşülen bazı öğrencilerin ana soru ve onu takip eden diğer sorulara ön ve son mülakatlarda verdikleri yanıtlardan bazı kesitler karşılaştırmalı olarak öğrenci-araştırmacı diyalogu şeklinde aşağıda sunulmuştur.

Araştırmacı: Resimdeki adamların birbirlerine uyguladıkları kuvvetler hakkında ne düşünüyorsun?

Özkan(ÖM): A'daki F kadar bir kuvvet uygular. B'dekinin tepkisi bu F 'i karşılarsa hareket etmezler. B ya itildiği yönde hareket edecek ya da etmeyecek.

Araştırmacı: A'daki bir F kuvveti uygularken B'deki herhangi bir kuvvet uygular mı?

Özkan(ÖM): Uygular. Bir tepki kuvveti uygular. Eşit de olur fazla da olur.

Araştırmacı: Fazla olması neye bağlıdır?

Özkan(ÖM): B'deki hareket etmezse fazla olmaz. F_A , F_B 'ye eşitse hareket olmaz. Ama F_A büyükse B hareket eder.

Araştırmacı: Peki A hareket eder mi?

Özkan(ÖM): Etmez.

Araştırmacı: Resimdeki adamların hareketleri ile ilgili ne düşünüyorsun?

Özkan(SM): Bu bunu ne kadar iterse hocam bu tarafa doğru, kendisi de ters yönde bu tarafa doğru gider.

Araştırmacı: Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşit midir?

Özkan(SM): Eşit olur, etki tepki hocam, eşit miktarda geri kayarlar.

Araştırmacı: Peki birinin kütlesi daha fazla olsa birbirine uyguladıkları kuvvetler değişir mi?

Özkan(SM): Değişme olmaz gibi, A daha ağır olsa daha az yer değiştirir, ivmelerinden dolayı.

Araştırmacı: Kuvvetler nasıldır?

Özkan(SM): Eşittir.

Araştırmacı: Bunu neye dayanarak söylüyorsun?

Özkan(SM): Newton'un üçüncü yasası, etki tepkiye eşit.

Araştırmacı: İvmelerinin farklı olduğunu neye dayanarak söylüyorsun?

Özkan(SM): $F=ma$ olduğu için oradan çıkar.

Özkan, ön mülakatta etki-tepki kuvvetlerinin eşit olması durumunda etkileşen nesnelere hareket edemeyeceğini düşünmektedir. A, B'yi harekete geçirebilmek için

uyguladığı kuvvetin B'nin uygulayacağı tepki kuvvetinden daha büyük olması gerektiğini belirtmiştir.

Araştırmacı: Soru ile ilgili ne düşünüyorsun?

Zeynep(ÖM): Küçükken oynarken yapıyorduk. Bir yere ayaklarımızla dayanıp ittirdiğimizde çok fazla geri giderdik. O yüzden A oradan güç alıp daha fazla geri gider diyorum.

Zeynep(SM): Bir kuvvet uyguluyor, etki ediyor, aynı kuvvetle karşıdakinin tepkisini alıyor. Bu şey gibi, kayıktan inen adam gibi, kıyıya çıkıyordu. Burada da aynı kuvveti uyguluyorlar etki tepkiden dolayı.

Araştırmacı: Geri kaymaları eşit mi olur?

Zeynep(SM): Bu, bunu bir kuvvetle ittiriyor, gitmesine neden olacak, bu da ona tepkisini aynı kuvvetle gösterecek, o zaman aynı miktarda giderler.

Araştırmacı: Ağırlıkları farklı olsaydı nasıl olurdu?

Zeynep(ÖM): B daha ağır olsaydı ikisi de daha az yol alırlardı. A hafifken ki kadar fazla ittiremezdi. A daha ağır olsaydı B'ye bir etkisi olmazdı ama kendisi daha az geriye giderdi.

Zeynep(SM): Kuvvetler aynıdır.

Araştırmacı: Geri kaymaları nasıl olurdu?

Zeynep(SM): $F=ma$ 'dan kütlesi fazla olanın ivmesi daha az olacak ve daha az gidecek. Diğeri daha fazla gider o zaman.

Bu öğrenci ön mülakatta günlük yaşantısındaki deneyimine dayanarak yanıt vermeye çalışmıştır. Ancak, son mülakatta derste tartışılan bir örneği göstererek etki-tepki kanunundan dolayı kuvvetlerin eşit olacağı şeklinde daha bilimsel bir açıklama yapmıştır.

Araştırmacı: A'dakinin B'yi bir F kuvveti ile ittiğini düşünürsen diğeri ona nasıl bir kuvvet uygular ya da herhangi bir kuvvet uygular mı?

Mustafa(ÖM): Aynı miktarda savrulduklarına göre uyguladıkları kuvvetler eşittir. Aynı miktarda geri savrulurlarsa etki-tepki kuvvetleri birbirine eşit olur. Ama aynı miktarda savrulmazlarsa kuvveti büyük olan diğerini daha fazla ittirir. Kendisine pek bir şey olmaz gibi geliyor bana. Etki-tepki aynı olduğu için Hocam eşit miktarda geri gittiklerini düşünüyorum.

Mustafa(SM): Önceki mülakattan çıktıktan sonra bu soruyu çok düşündüm. Bir yayı şöyle ortaya koysak ve çeksek F kuvveti uygularız, duvara bağlayıp çekince de yine F kuvveti uygularız, değişmez. Bunu o zaman çok düşündüm ve bu aklıma geldi. Bu da onun gibi kuvvetler hiçbir zaman değişmiyor. Şimdi bunlardan da biri yerinde sabit dursa da durmasa da birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir. Sınıfta da yapmıştık. Dinamometreyi buradaki yayın yerine düşünebiliriz. Kuvvet aynı, $F=ma$ dan ivmeler aynı o zaman aynı miktarda yer değiştirirler.

Araştırmacı: B'deki sabit bir sandalyede otursa ve A onu itse kuvvetler nasıl olur? B'nin uygulayacağı tepki kuvveti diğerinin uyguladığı kuvvete eşit olur mu?

Mustafa(ÖM): Eşit olmaz. A bir itme uygular ve geri savrulur. Adam daha çok dizlerini kıracağı için aynı olmaz. Aynı olacağına inanmıyorum. İten daha çok kuvvet uygular.

Araştırmacı: A'nın ilk durumdaki gibi aynı kuvveti uyguladığını düşünsek geri savrulma miktarı nasıl değişir?

Mustafa(ÖM): Denemek lazım Hocam. Büyük ihtimalle aynı olur. İkinci durumda A daha çok geri çıkabilir. Çünkü uyguladığı kuvveti sadece kendisi kullanacağı için daha fazla geri gelir.

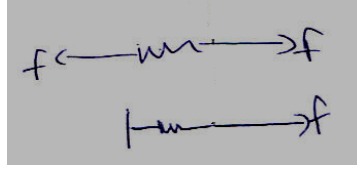
Araştırmacı: Niçin böyle düşünüyorsun?

Mustafa(ÖM): İlk durumda A'nın uyguladığı kuvveti paylaşıyorlar gibi geliyor bana. Kuvvetin bir kısmını biri bir kısmını diğeri kullanıyor. B sabit olunca A uyguladığı kuvveti yalnız kendi için kullanıyor, bu yüzden daha çok geri çıkar gibi geliyor bana. Bu şekilde düşünüyorum.

Araştırmacı: Kütleleri farklı ise ne olur?

Mustafa(SM): Kuvvetler aynı, kütleler farklı olursa ivmeler farklı olur, o zaman birim zamandaki yer değiştirme farklı olur. İvmesi büyük olan daha çok yer değiştirir.

Bu öğrencinin son mülakatta yayla ilgili verdiği örnekte kuvvetleri göstermek için çizdiği şekil aşağıda sunulmuştur.



Ön mülakatta bu öğrenci, Newton “etki tepki kuvvetleri eşittir” dediği için adamların birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olduğunu söylemiştir. Ancak, gerçekte olayın nasıl olacağını yaparak görmek gerektiğini ifade etmiştir. Öğrenci, sezgilerine dayanarak adamların ikisi hareket edebilecek durumda olduğunda A'nın uyguladığı kuvveti paylaşacaklarını belirtmiştir. B sabit konumda olunca A uyguladığı bütün kuvvetin kendisine tepki olarak geri uygulanacağını ve önceki duruma göre daha çok geri kayabileceğini düşünmektedir. Son mülakatta bu öğrenci yukarıdaki şekli çizerek etkileşen nesnelere ikisi serbest ya da biri sabit durumda olsa da birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olacağını belirtmiştir. Ayrıca, yine son mülakatta kütlelerinin farklı olmasının nesnelere birbirlerine uygulayacakları etki-tepki kuvvetlerini değiştirmeyeceğini ifade etmiştir.

Araştırmacı: Kuvvetler arasında nasıl bir ilişki vardır?

Özgür(ÖM): İkisi de geri gidecektir. Ama eşit bir geri gitme olmaz. Çünkü A'nın tepkisi B'yedir. B daha fazla geri gider. A daha az gider.

Özgür(SM): En çok zorlandığım sorulardan biri de budur. B'deki sabit olsaydı A'daki sadece geri gidecekti. Ama sabit değil.

Araştırmacı: Kuvvetler nasıldır? Eşit midir?

Özgür(ÖM): Farklıdır. Çünkü sadece A, B'ye etki etmektedir. B de gelen etkiyi tepkiye çevirip geri gitmektedir.

Özgür(SM): Eşittir. Çünkü etki-tepki kuralından ne kadar etki görürse o kadar gösterir, bu da gördüğü etki kadar tepki gösterecektir.

Araştırmacı: B, A'ya bir kuvvet uygulamaz mı?

Özgür(ÖM): Gördüğü etkinin tepkisini uygular.

Araştırmacı: Yani kuvvetler eşit mi olur?

Özgür(ÖM): Evet eşit olur.

Araştırmacı: Niçin eşit olduğunu düşünüyorsun?

Özgür(ÖM): Bu diğerine bir kuvvet uygularsa diğeri de ona bir tepki gösterir. Kanuna göre etki tepkiye eşittir.

Araştırmacı: Geri savrulmaları eşit mi olur?

Özgür(ÖM): Evet eşit olur.

Özgür(SM): Eşit olur.

Araştırmacı: Peki B sabit olsaydı nasıl olurdu?

Özgür(ÖM): Yani duvar mı olsaydı? Yine A yaptığı etkiyi geri alacaktır.

Araştırmacı: Peki hareket mesafesi önceki ile eşit mi olur? Yine aynı itme kuvveti uyguladığını düşünürsek.

Özgür(ÖM): Adam daha fazla geri gider. Kuvvetin tamamını kendinde görecektir.

Araştırmacı: Birincide uyguladığı kuvvetin tamamını kendine tepki olarak alamıyor mu?

Özgür(ÖM): Ama verdiği kuvvet karşı tarafa da gidecek. Şuan buna cevap veremeyeceğim. Ama kanuna göre etki-tepkiye eşit olduğu için eşit yol alması lazım.

Araştırmacı: İki durumda da mı?

Özgür(ÖM): Evet. Normalde düşününce birincide daha az gitmesi lazım. Ama bunun bir açıklama yolunu bulamadım.

Ön mülakatta Özkan, etkileşen nesnelere itme kuvveti uygulanan hareket ediyorsa bu kuvveti uygulayan aynı miktarda tepki kuvveti göremediğini düşünmektedir.

Öğrenciler nesnelere etkileşimleri sırasında birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri açıklarken son mülakatta Newton'un etki-tepki kanununu gerekçe olarak gösterdikleri belirlenmiştir. Farklı kütlelere sahip nesnelere etkileştiği zaman yer değiştirmeleri ile ilgili Newton'un ikinci kanununa başvurdukları ve $F=ma$ formülüne dayanarak ivmelenmelerin farklı olacağını açıklamışlardır. Öğrenciler her ne kadar Newton'un üçüncü kanununa dayandırarak kuvvetlerin eşit olduğunu söyleseler de yaptıkları bazı açıklamalar onların Newton'a yeterince güvenmediklerini göstermektedir.

3.3. Gözlemlerden Elde Edilen Bulgular

Bu kısımda, her bir çalışma yaprağının uygulanması süresince yürütülen gözlemlerden elde edilen bulgular başlıklar halinde sunulmuştur. Gözlem bulguları Ek 2'de yer alan çalışma yapraklarının uygulanmasında takip edilen giriş, etkinlik ve değerlendirme aşamaları dikkate alınarak düzenlenmiştir.

3.3.1. “Kuvvet ve Basınç” Konulu Çalışma Yaprağı

İlk ders olması nedeniyle öğrencilere çalışma yaprakları ve derslerin nasıl yürütüleceği hakkında bilgi verilmiştir. Bu konuşmada, çalışma yaprakları ile yürütülen derslerin onlara fiziğe karşı farklı bir bakış açısı kazandıracığı, fikirlerini tartışarak doğru bilgilere ulaşma imkânı bulabilecekleri, yanlış olan bilgilerinin farkına vararak doğru olanları öğrenebilecekleri söylenmiştir. Bu konuşmayı öğrencilerin tümünün sessizce ve ilgiyle dinledikleri gözlenmiştir.

“Kuvvet ve Basınç” konulu çalışma yaprağında, kuvvet ve basınç arasındaki farkı vurgulamaya yönelik bir kavram karikatürü hakkındaki tartışmalara ağırlık verilmiştir. Bu çalışma yaprağı sınıf ortamında öğrencilerin bireysel çalışması ile bir ders saatinde uygulanmıştır. Her öğrenciye birer çalışma yaprağı sağlanmıştır.

Giriş aşamasında; öğrencilerin çalışma yaprağındaki karikatürü ilgiyle inceledikleri ve daha sonra sıra arkadaşları ile konuştukları gözlenmiştir. Sınıfa ne düşündükleri sorulunca bir öğrenci “Ahmet doğru söylüyor” dedi. Niçin böyle düşündüğünü açıklaması istenmiştir. Bu öğrenci “ $P = \frac{G}{S}$ ” dir. Ağırlıklar eşit olduğuna göre yüzey alanı küçük olan su daha fazla basınç uygular. Bu nedenle piston alanı küçük olan daha çabuk boşalır” şeklinde düşüncesini açıklamıştır. Bir başka öğrenci de bu öğrenciyle aynı fikirde olduğunu ve “Aynı ağırlıklara sahip bir ördekle bir tavuk karda yürürken tavuk daha çok yere batar. Çünkü yüzey alanı daha küçüktür” demiştir. Öğrencilerin fikirlerini açıklamada genellikle çekingen davrandıkları ve tartışmaya katılan öğrenci sayısının az olduğu belirlenmiştir.

Etkinlik aşamasında; öğrencilere “Pistonlar üzerine eşit kütleler konduğuna göre, sulara pistonların uyguladığı kuvvetler arasında nasıl bir ilişki vardır?” diye sorulmuştur. Öğrencilerden bir kaç “Eşittir” demiştir. Diğerlerinin sessiz kalmaları onlarla aynı fikirde oldukları anlaşılmıştır. Daha sonra öğrencilere “Peki basınçlar eşit midir?” diye sorulmuştur. Öğrencilerden biri parmak kaldırarak “Basınçlar eşit olmaz. Çünkü yüzey alanları farklıdır” demiştir. Diğerleri sessiz kalmıştır. Öğrencilere “Kuvvet ve basınç aynı ifadeler midir?” diye sorulunca hep bir ağızdan “Hayır, değildir” şeklinde yanıt vermişlerdir. Öğrenciler ardı ardına sorulan sorularla konu ile ilgili fikirlerini açıklamaya teşvik edilmişlerdir. Buna karşın, bireysel olarak gerekçeleri ile birlikte görüşlerini açıklamaya öğrenciler yeterince cesaret edememişlerdir.

Değerlendirme aşamasında; çalışma yaprağındaki son soru ile ilgili bir öğrenci “Bu kavramlar kuvvet ifadesi değildir. Bu olayların olabilmesi için bence bir kuvvet gereklidir” demiştir. Daha sonra öğrencilerin çalışma yapraklarına yazmaya başladıkları ve zaman zaman sıra arkadaşları ile konuştukları gözlenmiştir. Öğrencilerin sınıf tartışmalarından ziyade sıra arkadaşları ile yaptıkları tartışmalarda birbirlerini ikna etmeye çalıştıkları gözlenmiştir.

Bu çalışma yaprağında; öğrencilerin bireysel olarak fikirlerini açıklamada çekingen davrandıkları belirlenmiştir. Öğrencileri fikirlerini açıklamaya teşvik etmek için araştırmacı tarafından ardı ardına sorular sorulması gerekmiştir. Görüşünü açıklayan öğrencilerin ise, günlük hayattan örnekler sundukları belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin çalışma yaprağına yeterince yoğunlaştıkları gözlenmiştir.

3.3.2. “Aydaki Kuvvet” Konulu Çalışma Yaprağı

“Aydaki Kuvvet” isimli çalışma yaprağında, ayda cisimlere etki eden kuvvetlere yönelik bir kavram karikatürü hakkındaki tartışmalara ağırlık verilmiştir. Bu çalışma yaprağı öğrencilerin bireysel çalışma yapması ile yürütülmüştür. Öğrencilere birer çalışma yaprağı verilerek sıra ve sınıf arkadaşları ile tartışarak fikirlerini kendi cümleleri ile yazmaları söylenmiştir.

Giriş aşamasında; öğrencilerin çalışma yaprağını ilgiyle okudukları gözlenmiştir. Fazla bir zaman geçmeden bir öğrenci “Bu su kapta durmaz ki, dağılıp gider. Bu nedenle bu soruya cevap veremeyiz” demiştir. Öğrenciye niçin bu şekilde düşündüğü sorulduğunda “Ayda bir çekim olmadığı için su kapta duramaz” demiştir. Bunun üzerine birkaç öğrenci Ay’da da çekim olduğunu fakat Dünyadakinden daha az olduğunu söylemiştir. Bir öğrenci “Ay’da dünyadakinin altıda biri kadar çekim olduğu için bu taş daha az bir kuvvet etki edecek ve daha yavaş batacaktır” şeklinde düşüncesini açıklamıştır. Zaman zaman öğrencilerin aralarında tartışmalarından dolayı gürültü artmıştır. Bu nedenle öğrencilerden daha sessiz olmaları ve düşüncelerini parmak kaldırarak söylemeleri istenmiştir. Bazı öğrencilerin düşüncelerini sınıftan ziyade öğretmene yönelerek ve sadece öğretmenin duyabileceği yükseklikteki bir sesle konuştukları belirlenmiştir. Bu durumun nedeni onların söyledikleri ile sınıfın ilgilenmeyeceği düşüncesinde olmaları olabilir. Tartışmalara erkek öğrencilerin daha çok katıldıkları gözlenmiştir. Sınıfta en baskın düşüncenin “Ayda taş daha yavaş batar” olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın öğrencilerden biri “Suyun

kaldırma kuvvetinin Dünyadaki ile aynı olduğundan dolayı taşın batma hızı değişmez” dedi. Buna benzer bir görüşteki öğrenci “Suyun kaldırma kuvveti yukarı doğru, ağırlığı aşağıya doğru, formüllerde g ’ler sadeleşir. O zaman g ile bir ilgisi kalmaz ve taş Dünyadaki gibi batar” dedi. Bunun üzerine öğretmen öğrencilere yol göstermek amacıyla “Dünyadaki serbest düşme ile Aydaki serbest düşmenin nasıl olacağını düşünün. Dünyada belli bir yükseklikten bırakılan cisim ile Ayda bırakılan cisimlerin zemine ulaşma sürelerini hangi faktörler etkiler? Serbest düşme formülünü düşünün” demiştir. Birkaç öğrenci Ayda cismin daha yavaş düşeceğini söyledi. Bu aşamadaki tartışmalarda öğretmen adaylarının önceki bilgilerini hatırladıkları ve kavram karikatürü hakkındaki fikirlerini açıklamak için bu bilgilerini kullandıkları tespit edilmiştir.

Etkinlik aşamasında; öğretmen “Peki hava ortamı yerine su ortamında değişen ne olur? Buna göre Ay ile Dünya arasında ne gibi farklar oluşur?” dedi. Bir öğrenci “Sürtünme artar. Dünyada batması yavaşlar, Ayda daha da yavaş olur” dedi. Sınıf tartışmasından sonra öğrencilerden düşüncelerini ve nedenlerini çalışma yaprağında ayrılan yere yazmaları istenmiştir. Bu sırada öğretmen sıraların arasında dolaşmaya başlamıştır. Birkaç öğrenci öğretmeni yanına çağırarak çalışma yaprağına yazdıkları örneklerin uygun olup olmadığı sormuşlardır. Bunun üzerine öğretmenle karşılıklı görüş alış-verişinde bulunmuşlardır. Bir öğrenci suyun yoğunluğunun Ayda değişeceğini, çünkü suyun kütesinin azalacağını söylemiştir. Öğretmen Ayda kütleinin değişmediğini ancak ağırlığının azaldığını hatırlatınca bu öğrencinin düşüncesindeki hatayı fark etmesi sağlanmıştır. Bir öğrenci ile birebir yapılan konuşmada Ayda hacmin değişeceğini bu nedenle de suyun kaldırma kuvvetinin değişeceğini düşündüğünü söylemiştir. Bunun üzerine öğrenciye niçin böyle düşündüğü sorulmuştur. Öğrenci “Su molekülleri arasındaki havadan dolayı ayda suya etkiyen kuvvetin azalır ve dolayısıyla hacim değişmez” şeklinde yanıt vermiştir. Bu nedenle suyun kaldırma kuvvetinin değişeceğini belirtmiştir. Bu ve yanındaki öğrencilere suyun molekülleri arasında havanın olmadığını ve mikro düzeyde düşünüldüğü zaman moleküller arasının boş olduğu ve bu boşlukların moleküllerin sürekli hareket etmesinden dolayı da boş sayılamayacağı söylenmiştir. Etkinlik aşamasındaki tartışmalarda öğrencilerin sorulan soruları yanıtlama gayreti içinde oldukları belirlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında; dersin başında suyun kaptan kalmayacağını söyleyen öğrenci “televizyonda uzay mekiğindeki astronotun bir sıvı bulunan kabın kapağını açtığında sıvının yükselerek havaya dağıldığını gördüğünü, Ayda da aynı olacağını söylemiştir. Bunun üzerine uzay boşluğu ile Ay üzerinde durumların farklı olduğunu,

uzayda hiç çekim kuvveti olmayan yerler olduğu söylenmiştir. Öğrencilerin bu yanıtla ikna oldukları gözlenmiştir.

Bu çalışma yaprağının uygulanması sırasında öğrencilerin çekingen tutumu yavaş yavaş bıraktıkları ve fikirlerini açıklamada daha çok istekli oldukları belirlenmiştir. Sınıftaki gürültüyü engellemek için yapılan uyarıyı öğrencilerin dikkate alarak, tartışmalar süresince birbirlerini dinledikleri ve gerekli gördükleri kısımlarda arkadaşlarının fikirlerini destekledikleri veya karşı görüş belirterek kendi görüşlerini günlük hayattan örneklerle savundukları tespit edilmiştir.

3.3.3. “Serbest Düşmede Kuvvet” Konulu Çalışma Yapağı

Öğrencilerin ikili sıra düzeninde oturmaları sağlanarak her öğrenciye birer çalışma yaprağı dağıtılmıştır.

Giriş aşamasında; öğrencilere çalışma yaprakları dağıtıldıktan sonra ilk sayfadaki karikatürü okudukları ve sıra arkadaşları ile konuştukları gözlenmiştir. Öğrencilere karakterlerden hangisinin doğru söylediği sorulunca öğrencilerin çoğu sesli bir şekilde “Hakan” diye yanıt verdiler. “Niçin Hakan’ın doğru söylediğini düşünüyorsunuz?” diye sorulunca bir öğrenci “Sürtünme yüzeyi fazla olan daha geç düşer” dedi. Başka bir öğrenci “Açık olan kağıdı yere dik konumda bırakırsak bence top olandan daha önce düşer. Çünkü sürtünme yüzeyi minimuma iner” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Daha sonra bir öğrenci “Derya’nın ifadesinde yer alan cisimlerin havada asılı kalması ile ne demek istemiş, anlayamadım. Nasıl yani?” diye sormuştur. Bunun üzerine öğretmen “Havası alınmış bir fanusta cisimler serbest bırakıldıklarında ne olur? Havada asılı kalırlar mı?” diye sormuştur. Öğrenciler hep bir ağızdan “Hayır. Kalmazlar” şeklinde yanıt vermişlerdir. Bir öğrenci “Hava olmasa bile yerçekimi vardır. Değişen tek şey havadan kaynaklanan sürtünmedir. Bu nedenle bir tüy ile taş aynı anda yere düşer” şeklinde açıklama yapmıştır. Birinci bölümü tamamlayan öğrencilerden ikinci sayfada istenenleri yapmaları söylenmiştir.

Bu aşamada, öğrencilerin çoğunun karikatürdeki doğru ve yanlış olan fikirlerin tümü hakkında yorum yaparak, niçin doğru veya niçin yanlış oldukları hakkında düşüncelerini söyledikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin fikirlerini açıklamada önceki derslere göre daha istekli oldukları gözlenmiştir.

Etkinlik aşamasında; bir öğrencinin sırasında defterinden kopardığı bir defter sayfasını ortadan ikiye bölerek birini top haline getirdiği ve düz olan diğer kağıtla birlikte belli bir yükseklikten sıranın üzerine bıraktığı gözlenmiştir. Diğer öğrencilerin çoğunun kendi aralarında konuştukları ve bir kısmının kağıtlarla gösteri yapan öğrenci izledikleri belirlenmiştir. Bu öğrenciden gösterisini kalkarak sınıfın önünde yapması istenmiştir. Bu öğrenci kağıtları havada belli bir yüksekliğe kaldırarak yere bıraktı. Daha sonra düz kağıdı dik olarak bıraktı. Bu sefer dik olarak bırakılan kağıdın bir süre dik olarak düştüğü daha sonra havada savrulurken yatay olarak yere düştüğü gözlenmiştir. Bunun üzerine bir öğrenci “Yüzey alanlarına bağlı olarak yere düşme süreleri değişmektedir” dedi. Bu gözlemden sonra öğrencilerden düşüncelerini çalışma yaprağında istenilen yerlere yazmaları söylenmiştir. İkinci bölümü tamamladıktan sonra öğrencilerden son bölümdeki karikatürü incelemeleri istenmiştir.

Öğrencilerin bu aşamada, tahtada arkadaşları tarafından yapılan etkinliği ilgiyle izledikleri ve gözlemleri hakkında sıra arkadaşları ile konuştukları gözlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında; öğrencilere ne düşündükleri sorulduğunda bir kısmı Sude'nin bir kısmı ise Melih'in doğru söylediğini belirtmişlerdir. Bu esnada öğrencilerin aralarında tartıştıkları gözlenmiştir. Bu tartışmalar süresince öğrencilerin oldukça rahat davrandıkları belirlenmiştir. Öğrencilere niçin bu şekilde düşündükleri sorulduğunda bir öğrenci “Kütleleri ve hacimleri farklı olduğundan büyük olana daha fazla sürtünme kuvveti etki eder. Bu nedenle küçük olan daha çabuk düşer” şeklinde yanıt vermiştir. Başka bir öğrenci “Kütlesi fazla olan yere varana kadar son hızı daha büyük olur” demiştir. İki öğrenci mekanik enerjinin korunumu üzerine dikkati çekerek düşüncelerini açıklamaya çalışmıştır. Bunlardan biri “Mekanik enerjinin korunumundan dolayı mgh 'ın $1/2mV^2$ 'ye eşit olması gerektiğinden kütlesi büyük olanın hızı daha azdır. Çünkü cismin yüksekliğinden dolayı sahip olduğu enerji hıza dönüşecektir” şeklinde düşüncesini açıkladıktan sonra birkaç öğrenci bir ağızdan “Ama bu eşitlikte kütleler sadeleşir ve hızın kütle ile bir ilişkisi kalmaz. Yer çekimi de sabit olduğuna göre hız sadece yüksekliğe bağlıdır” şeklinde arkadaşlarının fikrinin yanlış olduğunu belirtmişlerdir. Bunun üzerine mekanik enerji korunumu ile fikirlerini belirten öğrencilerin yanlışlarının farkına vardıkları ve “Evet haklısınız” şeklinde yanıt verdikleri belirlenmiştir. Bir öğrenci kütle ile hızın bir ilişkisi olmadığını açıklamak için “Bir dolu tanesi ile yağmur tanesi gökyüzünden aynı hızla düşmektedir. Eğer öyle olmasaydı dolu tanesi çok büyük hasar yapardı” şeklinde bir örnek vermiştir. Bu örnek üzerine birkaç öğrenci “Bu durum limit hızla ilgilidir. Bu

durumu açıklamak için uygun değil” şeklinde eleştiride bulunmuştur. Öğrenciler arasındaki tartışmalar devam ederken bir öğrenci “Serbest düşmede $h=1/2gt^2$ olduğu için eşit yükseklikte oldukları için zamanlar eşittir. Hız da $V=gt$ olduğuna göre son hızları da eşit olur” açıklaması ile tartışmalara son noktayı koymak istediği anlaşılmıştır. Daha sonra öğrencilerin tartışmayı bırakarak ikna olmuş gibi göründükleri ve çalışma yaprağına düşüncelerini yazdıkları gözlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında; öğrencilerin kavram karikatürü hakkındaki fikirlerini açıklamada istekli oldukları belirlenmiştir. Öğrencilerin düşüncelerini açıklarken günlük hayattan örnekler sundukları ve zaman zaman formüllere dayanarak görüşlerini güçlendirmeye çalıştıkları tespit edilmiştir.

3.3.4. “Serbest Cisim Diyagramı Çizme” Konulu Çalışma Yaprağı

Bu çalışma yaprağında öğrencilerden farklı konumlardaki nesnelere etki eden kuvvetleri serbest cisim diyagramında göstermeleri istenmektedir. İkişerli sıra düzeninde oturan öğrencilerin her birine birer çalışma yaprağı verilmiştir.

Giriş aşamasında; çalışma yaprağını alır almaz öğrencilerin kuvvetleri çizmeye başladıkları gözlenmiştir. Öğrencilere şekillerdeki cisimlere hangi kuvvetlerin etki ettiği sorulmuştur. Parmak kaldıran herkese sırasıyla söz hakkı verilerek düşüncesini açıklaması sağlamıştır. Öğrencilerin tümünün kuvvetleri doğru söylediği belirlenmiştir. Bu sırada öğrencilerin arasında dolaşarak çizdikleri kuvvetler kontrol edilmiştir.

Etkinlik aşamasında; öğrencilere birbirini dengeleyen ve dengelemeyen kuvvetlerin hangileri olduğu sorulmuştur. Öğrenciler buna da doğru yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin verdikleri yanıtları çalışma yaprağında istenen yerlere yazdıkları gözlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında; çalışma yaprağının sonundaki kavram karikatürünü inceleyen öğrencilere hangi düşüncenin doğru olduğu sorulmuştur. Öğrencilerin bir kısmının Aygün’ü, bir kısmının ise Özgür’ü desteklediği belirlenmiştir. Niçin bu şekilde düşündükleri sorulunca bir öğrenci “Aygün diyorum. Çünkü kayakların büyük olması basıncı azaltır. Bu nedenle diğerlerine göre daha kolay kayar” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Başka bir öğrenci “Şekli eğik düzlem gibi düşünürsek Özgür daha erken iner” şeklinde yanıt verirken aynı fikri savunan diğer bir öğrenci “Kayakların büyüklüğünü de ihmal edemeyiz ama bence ağır olan daha çabuk varır. Çünkü yatayda etki eden kuvvet daha büyüktür ve ivmelenme daha fazla olacaktır” demiştir. Aygün’ü ve Özgür’ü

savunanlar olarak sınıfta iki görüş üzerinde durulmuştur. Bunun üzerine öğrencilere “Kayaklarla zemin arasındaki sürtünme katsayısının aynı olduğunu düşünürsek kayakların büyüklüğü kayakçılara yatayda etki eden kuvvetin büyüklüğünü etkiler mi?” sorulmuştur. Birkaç öğrenci “Hayır”, “Çok fazla etkisi olmaz” gibi yanıtlar vermiştir. Öğretmen tarafından getirilen bu yeni bakış açısının öğrencilerin zihinlerinde bir fikir mücadelesine neden olduğunu gösteren kısa bir kıpırdanma yaşanmıştır. Bir öğrenci “Hocam, çalışma yaprağının başında yatay düzlemde kayan bir cismin ağırlığının yatay bileşenin hızını artırdığını öğrenmiştik. Biz, her ne kadar kayakların büyüklüğünü işin içine katsak da bu çalışma yaprağının konusu bence yatayda etki eden kuvvetin hıza etkisi. O nedenle bence Özgür doğru söylüyor” şeklinde düşüncesini açıklamıştır. Birkaç öğrencinin de bu fikri destekler ifadeler kullandığı belirlenmiştir. Bunun üzerine öğretmen “Çok güzel düşünmüşsün. Çalışma yaprağını bir bütün halinde görmeniz beni mutlu etti. Bu derse iyi yoğunlaştığınızı gösteriyor” şeklindeki ifadeleri ile öğrencilerin fikirlerini desteklemiştir. Öğrencilerin bu diyalogdan sonra çalışma yapraklarına yazmaya başladıkları gözlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında, öğrencilerin karikatürle ilgili fikirlerini açıklarken çelişkili yanıtlar vermişlerdir. Bu duruma onların çalışma yaprağının önceki aşamasında öğrendikleri bilgileri ilişkilendirememelerinin neden olduğu anlaşılmıştır. Araştırmacı tarafından öğrencilere çalışma yaprağında yaptıkları etkinlik hatırlatılınca daha mantıklı yanıtlar verdikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin önceki çalışma yapraklarına göre fikirlerini açıklamada ve diğer arkadaşlarının fikirlerini dinlemede daha istekli oldukları gözlenmiştir.

3.3.5. “Hareketi Başlatan Kuvvet” Konulu Çalışma Yaprağı

Hareket halindeki nesnelere etki eden kuvvetlerle ilgili etkinlikleri içeren bu çalışma yaprağı öğrencilerin ikili sıra düzeninde oturmaları sağlanarak, her öğrenciye birer çalışma yaprağı dağıtılmıştır.

Giriş aşamasında; öğrencilerin çalışma yaprağını inceledikten sonra yan ve arka sıradaki arkadaşları ile konuştukları gözlenmiştir. Sınıfta sıralar arasında dolaşan öğretmene bir öğrenci çalışma yaprağındaki ilk soruya yazdıklarını göstermiştir. Bu öğrenci okun kazandığı enerjisi sayesinde hareket edebileceğini düşündüğünü belirtmiştir. Hareketi süresince etki eden tek kuvvetin yerçekimi kuvveti olacağını söyleyen bu öğrenci okun hareketini devam ettirenin yayın ona kazandırdığı enerji olduğunu düşündüğünü

belirtmiştir. Bu ifadelerinden sonra öğretmenden düşüncelerinin doğru olup olmadığı ile ilgili onay beklemiştir. Öğretmen de doğru düşündüğünü diğer soruları da yanıtlamasını söylemiştir. Dörtlü bir grup halinde tartışan öğrencilerin yanına giden öğretmene bir öğrenci “Hocam biz oka yayın kuvvetinin etki etmesi gerektiğini düşünüyoruz. Ama bu arkadaşımız bu kuvvetin etki etmeyeceğini, sadece ok yay ile temas halindeyken bir kuvvetin etki ettiğini söylüyor. Ama o zaman bu ok hareket edemez ki” şeklinde gruptaki fikir ayrılığını belirtmiştir. Daha sonra sınıfa öğretmen tarafından bu iki fikir söylenerek kimlerin hangi fikri tuttuğu sorulmuştur. Öğrencilere niçin bu şekilde düşündüklerini sınıfa açıklamaları istenmiştir. Böylece birçok öğrencinin düşüncesinin nedenini sınıfa açıklaması sağlanmıştır. Daha sonra öğretmen ve öğrenciler arasında geçen konuşma aşağıdaki gibidir.

Öğretmen: Adamın yayı germek için uyguladığı kuvvet bir iş yapar mı?

Öğrenci 1: Evet yapar. Bu iş de yay serbest kalınca oka enerji kazandırır. Bu sayede ok hareket eder.

Öğretmen: Peki o zaman okun hareketi süresince yayın fırlatma kuvvetinin etki edeceğini söyleyebilir miyiz?

Öğrenci 2: Yani o zaman kuvvet yok mu demek istiyorsunuz?

Öğretmen: Olduğunu düşünsek bu ok yere hiç düşer miydi?

Öğrenci 3: Tabi sürekli bu kuvvet etki etse düşmez.

Öğrenci 4: Kuvvet olmazsa ok havada nasıl ilerler. Bu kuvvet olmak zorunda gibi geliyor bana.

Öğrenci 5: Kuvvet olmazsa bile enerjisi var. Bu sayede havada uçar. Enerjisi bir süre sonra hava sürtünmesinden dolayı azalır ve yavaşlayarak yere düşmesi lazım.

Bu konuşmadan da anlaşılacağı gibi öğrencilerin bir kısmının kuvvet olmadan bir cismin havada hareket edemeyeceği fikrine sahip oldukları görülmektedir. Öğrencilerin büyük çoğunluğunun tartışmalara katıldığı ve oldukça istekli oldukları gözlenmiştir. Bu iki düşünce etrafında süren tartışmada yanlış fikri savunanların bir süre sonra sustukları ve diğerlerini dinledikleri belirlenmiştir. Öğretmen “Peki şimdi düşüncelerinizi yazın ve daha sonra çalışma yaprağının devamındaki etkinliklere başlayın. Bu tartışmada savunduğunu fikrin doğru olup olmadığını ancak bu şekilde öğrenebileceksiniz” dedikten sonra öğrencilerin yazmaya başladıkları ve bir kısmının ise hala sıra arkadaşları ile tartışmaya devam ettiği gözlenmiştir.

Bu aşamada çoğu öğrenci hangi görüşün doğru olduğu konusunda bir çelişki yaşamıştır. Bu nedenle öğrencilerde büyük bir merak olduğu gözlenmiştir.

Etkinlik aşamasında; birkaç öğrencinin ellerine aldıkları top halindeki kağıtları yukarı fırlattıkları ve yakınlarında oturan arkadaşları ile çalışma yaprağındaki soruyu tartıştıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin bir kısmının bir şey yapmadan oturdukları görünce öğretmen, bir kağıt topunu eline alarak etkinliği kendisi yapmış ve çalışma yaprağında yer alan her iki duruma göre kağıt topa etki eden kuvvetlerin neler olduğunu sormuştur. Öğrencilerin yine çalışma yaprağının başındaki tartışmada olduğu iki farklı görüşü belirttikleri tespit edilmiştir. Bunun üzerine öğretmen ile öğrenciler arasında geçen konuşma aşağıdaki gibidir:

Öğretmen: Gördüğünüz gibi eğer topu havaya fırlatırsam bir süre sonra yere düşüyor. Ama elimden bırakmayarak yukarı doğru öncekinde uyguladığım kuvvetle kaldırmaya devam edersem ne oluyor?

Öğrenci 1: Kolunuzun uzanabildiği yere kadar gidiyor. Sonsuza kadar uzansa sonsuza kadar gider.

Öğretmen: İki durum arasındaki fark nedir?

Öğrenci 2: İlkinde kuvvetin etki etmemesi nedeniyle top maksimum yükseklikten sonra düşüyor. Top yukarı çıkarken de düşerken de yer çekimi kuvveti etki ediyor. Sonrakinde ise kuvveti sürekli uygulamış olduğunuz için top düşmüyor.

Öğretmen: O halde havaya fırlatılan bir topa fırlatma kuvvetinin etki ettiğini söyleyebilir miyiz?

Öğrenci 3: Hayır, söyleyemeyiz. Yukarı atılan cismin atıldığı andaki hızı ile yere düştüğü andaki hızı eşittir. Tabi eğer sürtünme olmazsa.

Bu tartışmadan sonra bir başka öğrencinin aşağıdaki ifadesiyle farklı bir konuda tartışma başlatılmıştır.

Öğrenci 4: Mesela herhangi bir kayayı ağırlığına eşit bir kuvvetle yukarı kaldırsak net kuvvet sıfır olacağından sabit hızla hareket eder. İlk hızı varsa o hızla devam eder.

Öğrenci 5: Bence hareket etmez. Net kuvvet sıfır olursa dengede demektir, olduğu yerde kalır.

Öğrenci 6: Ağırlığına eşit bir kuvvet uygularsak yerde kalır, kayayı kaldıramayız. Kaldırmak için daha büyük bir kuvvet uygulamalıyız.

Öğretmen: Peki kayayı hareket ettirdiğinizi düşünün. Harekete başladıktan sonra ağırlığına eşit bir kuvvet uygularsanız ne olur?

Öğrenci 7: O zaman net kuvvet sıfır ve ilk hızı ile hareketine devam eder.

Öğretmen: Belli bir kuvvetle çekilen bir cisim bu kuvvete eşit büyüklükte sürtünme kuvvetinin uygulandığı bir zemine geldiğinde nasıl bir hareket yapar?

Öğrenci 8: Durması lazım.

Öğretmen: Ancak uyguladığımız kuvveti devam ettiriyoruz.

Öğrenci 9: Kayada olduğu gibi sürtünmeli zemine geldiğindeki hızı ile sabit hızla hareketine devam eder. Ama uygulanan kuvvet devam ederse, çünkü kuvvet uygulamazsak bir süre sonra durur.

Öğretmen ile öğrenciler arasında geçen bu soru-cevap düellosu, öğrencilerin doğru bilgilere ulaşmalarını kolaylaştırmıştır. Öğrencilerin bazılarının bu aşamada yaptıkları etkinlikteki gözlemler ile sahip oldukları fikirler arasındaki uyumsuzluğu fark ettikleri belirlenmiştir. Sınıfta oldukça farklı fikirlerin olması öğrencileri doğru bilgiye ulaşmada daha büyük bir çaba göstermeye zorlamıştır. Bu bağlamda, öğrenciler kendi bilgilerinin doğru olup olmadığını araştırmak için daha çok soru sordukları belirlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında; bu konuşmalardan sonra öğrencilerin aralarında tartışmaya devam ettikleri ve çoğunun kağıdına oka etki eden kuvvetleri çizirken hareket yönünde kuvvet çizmedikleri belirlenmiştir. Birkaç öğrencinin ise hala okun hareket yönünde etki eden bir kuvvet çizdikleri gözlenmiştir. Bunun üzerine öğretmen bu öğrencilerle birebir diyaloga girerek “Hareket yönünde bir kuvvetin olduğunu mu düşünüyorsun?” şeklinde sorarak öğrencinin niçin bu kuvveti çizdiğini anlamaya çalışmıştır. Bunun üzerine öğrencilerden gelen yanıtlar “İlk başta var, ama daha sonra bu kuvvet kalkıyor, enerjiye dönüşüyor. Yani bu kuvvet sayesinde enerji oluşuyor. O nedenle kuvvet çizdim” gibi olmuştur. Dersin sonunda öğrencilerin bu yoğun tartışmanın sonuçlarından memnun olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin hangisi doğru ya da düşündüklerimiz doğru mu gibi soruların gelmeden çalışma yaprağına yazmaları onlarda bir fikir birliğine varmış olduklarını gösterebilir.

Diğer derslere göre daha fazla tartışmanın yapıldığı bu derste, öğrencilerin değerlendirme aşamasında tekrar çalışma yaprağının başına dönerek yeni bilgileri ile önceki yanıtlarını gözden geçirmeleri sağlanmıştır. Bu aşamada, öğrencilerin yanıt verirken yanlış olan fikirlerinin niçin yanlış olduğuna vurgu yaptıkları tespit edilmiştir.

3.3.6. “Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi” Konulu Çalışma Yaprağı

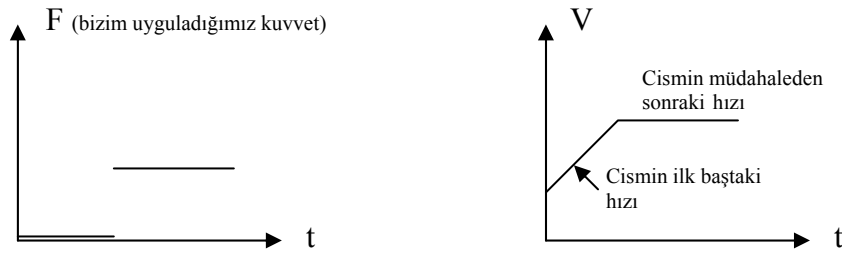
Hız ve kuvvet arasındaki ilişkiye vurgu yapan bu çalışma yaprağı laboratuarda uygulanmıştır. Öğrencilerin 4-5 kişilik gruplar halinde oturmaları sağlanarak her öğrenciye birer çalışma yaprağı dağıtılmıştır. Öğrencilerden grup tartışmaları ve sınıf tartışmalarından sonra kendi çalışma yaprağına düşüncelerini yazmaları istenmiştir. Keşfedici laboratuvar modeline uygun hazırlanan bu çalışma yaprağında öğrencilerden verilen bir durumla ilgili hipotezler önermeleri istenmiştir. Öğrencilere hipotezin ne olduğunu bilip bilmedikleri sorulduğunda, daha önce farklı bir derste hipotez yazmayı öğrendiklerini belirtmişlerdir.

Giriş aşamasında; öğrencilerin grup arkadaşları ile tartışarak hipotez yazdıkları gözlenmiştir. Öğretmen gruplar arasında dolaşıp öğrencilerle konuşarak hipotezlerini oluşturmaları konusunda teşvik etmiştir. Bir gruptaki öğrenciler, çalışma yaprağında hareket halinde olan bu nesnenin nasıl bir hareket yaptığını sormuşlardır. Öğrenciler buna göre nesnenin sabit hızla yoluna devam edebilmesi için yapacakları müdahalenin değişeceğini belirtmişlerdir. Başka bir gruptaki iki öğrenci “Hocam biz zaten $F_{net}=0$ olduğunda hızın sabit olacağını biliyoruz. Bu herkes tarafından bilinen bir gerçek değil mi? O zaman bizim bu yazdıklarımız nasıl hipotez olur? Teori olmaz mı? Çünkü bu kesinleşmiş bir bilgi” demiştir. Bunun üzerine öğretmen “Burada amaç, sizin de bu sürece katılarak bilginin ortaya çıkışı için yapılanları tekrarlamamız ve bunu birebir yaşamamızdır” ifadeleri ile öğrencilerin çalışmaya devam etmelerini teşvik etmiştir. Daha sonra gruplardan sırasıyla hipotezlerini açıklamaları istenmiştir. Öğrencilerin tümünün iki hipotez üzerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Bu aşamada, gruplar sırasıyla fikirlerini açıklarken diğerleri de dikkatli bir şekilde dinlemişlerdir. Öğrencilerin fikirlerini açıklarken kendilerinden oldukça emin oldukları ve grup arkadaşlarını ikna etmek için gayret gösterdikleri gözlenmiştir.

Etkinlik aşamasında; öğrencilerden hipotezlerini kanıtlamak için deneyler tasarlamaları ve laboratuardaki malzemelerden yararlanmaları istenmiştir. Öğrencilerin bir süre sonra laboratuardaki dolaplardan malzeme aldıkları ve grup arkadaşları ile deneyler yaptıkları gözlenmiştir. Öğretmenden gruplarının yanına gelmelerini isteyen öğrenciler yaptıkları deneyleri uygulayarak göstermişler ve hipotezlerini nasıl desteklediğini açıklamışlardır. Bu deneylerde öğrencilerin dinamometre, takoz ve makaradan oluşan basit düzenekler hazırladıkları belirlenmiştir. İki gruptaki öğrencilerin çalışma yaprağına deney

düzeneklerini çizdikleri halde bunları laboratuarda gerçekleştirmek için çaba göstermedikleri belirlenmiştir. Bunun üzerine deney hazırlayan bir gruptan sınıfın önünde deneylerini sunarak açıklamaları istenmiştir. Grup sözcüsü olan öğrenci sınıfın önündeki laboratuvar masasının üzerinde bir takozu dinamometre ile çekerek “Bu cismin başlangıçta hareket halinde olduğunu kabul edersek sabit hızla hareket edebilmesi için dinamometre ile sürtünme kuvvetine eşit bir kuvvet uygulayarak F_{net} 'i sıfırlarız. Böylece hız sabit olur” şeklinde deneyi açıklamıştır. Daha sonra tahtaya aşağıda görülen grafikleri çizerken “Cisim ilk başta yani biz müdahale etmeden önce hızlanan bir hareket yapıyorsa bizim ona etki eden net kuvvetin sıfır olmasını sağlayacak bir kuvvet uygulamamız gerekir. Grafikte gösterirsek; kuvvet-zaman grafiğinin ilk bölümünde cisme bizim müdahalemiz sıfır, daha sonra cisme etki eden kuvvete ters ve eşit bir kuvvet uygularsak $F_{net}=0$ olur ve grafikteki gibi sabit hızla yoluna devam eder” şeklinde arkadaşlarına açıklamalar yapmıştır.



Arkadaşlarını dinledikleri gözlenen sınıftaki diğer öğrenciler kendilerinin de aynı fikirde olduklarını belirtmişlerdir. Daha sonra öğrencilerden çalışma yaprağının etkinlik bölümünde yer alan diğer soruları da yanıtlayıp arka sayfadaki karikatürü incelemeleri istenmiştir.

Öğrencilerin laboratuvar malzemelerini kullanmada yeterli bilgiye sahip olmadıkları ve basit araç-gereçleri kullanmayı tercih ettikleri belirlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında; grup olarak çalışan öğrencilere karikatürle ilgili fikirleri sorulduğunda, bütün grupların en az iki fikrin doğru olduğunu düşündükleri ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin tek bir doğru yanıt aramaktan ziyade farklı şartlarda doğruların farklılaşabileceğini düşündükleri anlaşılmıştır. Yalnızca bir öğrenci Tuğçe'yi hareket halinde tutan bir kuvvetin olması gerektiğini söylemiştir. Bu öğrenciye “Yani bu kuvvetin sürekli olarak hareket yönünde etki ettiğini mi düşünüyorsun?” diye sorulmuştur. Daha önceki derslerde bir cismin hareketini devam ettirebilmesi için hareket yönünde bir kuvvetin sürekli olarak uygulanması gerektiğini düşünen ve sürekli olarak bu yanılgıyı savunan bu öğrenci daha sonra “Aa hocam geçen derste başta uygulanan kuvvetin hareket

süresince etki etmeyeceğini öğrenmiştik. Enerjiye dönüşüyordu. Burada da aynı durum var. O zaman hareket yönünde bir kuvvet etki etmez” ifadesiyle daha önce sahip olduğu kavram yanlışlığını giderdiğini göstermiştir. Bu öğrenci dışında hiç kimse bu ifadenin doğru olabileceğini söylememiştir. Bu da öğrencilerin bu yanlışlığını giderdiklerini gösterebilir. Ders sonu tartışma ile öğrenciler kavram karikatüründe birden fazla doğru ifadenin olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu çalışma yaprağının laboratuarda uygulanmasının ve öğrencilerin grup olarak deney tasarlama görevini üstlenmelerinin onları daha çok heyecanlandığı gözlenmiştir. Çalışma yaprağında keşfedici laboratuvar modelinin uygulanması öğrencilere yeni bir deneyim kazandırmıştır. Uygulama sırasında öğrencilerin daha ilgili ve kendilerini daha sorumlu hissettikleri etkinliklere katılmak için çaba göstermelerinden anlaşılmıştır. Her grup kendi deneyini tasarladığı için sınıfta ortak bir sonuca varılamamıştır. Bu nedenle her grup kendi arasında değerlendirilmiştir.

3.3.7. “Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket” Konulu Çalışma Yaprağı

Laboratuarda grup çalışması ile yürütülen bu derste keşfedici laboratuvar modelini esas alan çalışma yaprağı uygulanmıştır. Sabit kuvvet etkisinde nesnelere hızındaki değişimi incelemek amaçlanmıştır.

Giriş aşamasında; öğrencilerden çalışma yaprağının başında yer alan kavram karikatüründe doğru olan ifadeyi bulmaları istenmiştir. Bu esnada bir öğrenci öğretmenin yanına gelerek “Öğretmenim, konuya geçmeden önce ben bir konuda size danışmak istiyorum. Dün arkadaşlarımla çok tartıştık. Ama bir fikir birliğine varamadık gibi. Konu ‘Hareket halindeki bir cisme nasıl bir kuvvet uygularsak cisim sabit hızla yoluna devam eder?’di. Ben cismin hareketine bağlı olduğunu düşünüyorum. Yani cisim hızlanan bir hareket yapıyorsa ona etki eden bir kuvvet var demektir. O zaman o kuvvete eşit ve zıt bir kuvvet uygulamalıyız. Sabit hızla gidiyorsa zaten bir kuvvet uygulamamıza gerek yok. Ama yavaşlıyorsa o zaman hareket yönünde bir kuvvet uygulamalıyız. Değil mi? Yanlış mı düşünüyorum?” ifadeleriyle yaşadığı çelişkiyi ifade etmiştir. Bunun üzerine öğretmen “Doğru düşünüyorsun. Cismin yavaşlaması ne demektir. Sürtünmeli bir yüzeyde harekete bırakılmış olabilir, değil mi. O zaman ne yapmalıydık, sürtünme kuvvetine eşit bir kuvveti hareket yönünde uygulamalıydık. Doğru mu?” dedikten sonra bu öğrenci “Tamam öğretmenim ben de böyle düşünüyorum. Hareket halindeki cisme etki eden net kuvveti

sıfırladık mı sabit hıza ulaşabiliyoruz” yanıtı ile gülümseyerek memnun bir şekilde grubuna geri dönmüş ve arkadaşlarına bu bilgileri anlattığı belirlenmiştir. Öğrencilerin hemen hemen tümü Uğur’un doğru söylediğini belirterek çalışma yaprağına yazmaya devam etmişlerdir.

Öğrencilerin kavram karikatüründe doğru olan ifadeyi belirlerken önceki derslere göre daha karalı ve kendilerinden emin oldukları gözlenmiştir. Öğrencilerin öğretmenle birebir konuşarak kafalarına takılan sorulara yanıt aradıkları belirlenmiştir.

Etkinlik aşamasında; laboratuvarın en önündeki masaya öğretmen tarafından kurulan deney düzeneğini gören öğrencilerin ilgiyle düzeneği inceledikleri ve merak içinde oldukları gözlenince öğretmen “Arkadaşlar ilk bölümü tamamlayan gruplar masanın başına gelecekler. Buradaki deneyi yaparak verilerini aldıktan sonra masalarına dönüp çalışma yaprağında istenenleri yapmaya devam edecekler” şeklinde bir açıklama yapmıştır. Bunun üzerine öğrencilerin bir kısmı “Aa deney mi yapacağız”, “Bu iş hoşuma gitti”, “Siz deney kısmını bana bırakın. Ben bu işin uzmanıyım” gibi ifadelerle deney yapmaya ne kadar istekli olduklarını göstermişlerdir. Özellikle bir önceki derste deney tasarlamaya çalışan öğrencilerin ilk başta masaya gelmeye istekli oldukları gözlenmiştir. Her grup sırasıyla masaya gelerek öğretmenin yardımı ile deneyi gerçekleştirip birer telem şeridi almıştır. Birçok öğrenci, daha önceki dönem de buna benzer bir deney yapmaya çalıştıklarını, ancak malzemelerin çok eski ve yetersiz olmasından dolayı böyle sağlıklı bir deney gerçekleştiremediklerini belirtmişlerdir. Öğrencilerin deneyi yaparken ve telem şeridindeki tıkların ne anlama geldiği konusunda zorlanmadıkları gözlenmiştir. Öğrencilere arabaya etki eden kuvvetin ne olduğu sorulduğunda yanıt veremedikleri belirlenmiştir. Bunun üzerine öğretmen tahtaya arabanın ucuna asılan kütlenin kaç gram olduğu tahtaya yazıldıktan sonra bu ifadeyi Newton cinsinden hesaplamaları istenmiştir. Bazı öğrencilerin gramı kilograma çevirmeden 9,8 ile çarptıkları belirlenmiştir. Daha sonra öğrenciler uyarılarak hatalarını düzeltmeleri sağlanmıştır. Verilerini aldıktan sonra masalarına giden öğrencilerin telem şeridindeki tıklar arası mesafeleri ölçmeye çalıştıkları ve böylece arabanın hızı ve ivmesi hakkında tartıştıkları belirlenmiştir. Çalışma yaprağının ilk sayfasının sonunda yer alan soru sesli olarak öğrencilere okunarak ne düşündükleri sorulduğunda bir öğrenci “*Burada arabanın ucuna bazı kütleleri asarak sabit bir kuvvetin etki etmesini sağladık ve telem şeridini incelediğimizde gördük ki araba gittikçe hızlanıyor*” şeklinde düşüncesini açıklamıştır. Diğer öğrenciler de aynı fikirde olduklarını söylemişlerdir.

Çalışma yaprağının bu aşamasındaki ikinci etkinlikte keşfedici laboratuvar modelinin uygulamalarına devam edilmiştir. Birinci etkinliği tamamlayan öğrencilerin diğer sayfaya geçerek verilen durumla ilgili tahminler yazdıkları gözlenmiştir. Öğrencilerin tahminler yazarken her zamankinden daha çok grup arkadaşları ile konuştukları belirlenmiştir. Öğrencilere tahminlerinin ne olduğu sorulduğunda birkaç öğrenci “*Arabanın hızı daha çok artar. Çünkü arabaya uygulanan kuvvet artmaktadır*” şeklinde yanıt vermiştir. Öğrencilerin kendi başlarına çalışma yaprağındaki yönergeleri izleyerek çalışmalarını sağlamıştır. Ancak bir süre sonra bazı grupların çok ileride bazılarının ise diğerlerine göre geride kaldıkları gözlenmiştir. Çoğunluk dikkate alınarak öğretmen tarafından bir müdahale yapılarak gruplardan birer öğrencinin gelmesi ve deney düzeneğindeki araba birkaç kez serbest bırakılarak tıklanan telem şeritleri öğrencilere verilerek grup arkadaşları ile incelemeleri istenmiştir. Öğrencilerin tahmin ve gözlemleri arasındaki ilişkiyi rahatlıkla kurdukları belirlenmiştir. Ancak, sistemin serbest cisim diyagramını çizerken öğrencilerin zorlandıkları gözlenmiştir. Bazılarının bu konu ile ilgili soruyu geçerek diğer soruyu yanıtladıkları görülünce, onlara daha önceki bir derste bu konu ile ilgili çalışma yaprağında benzer etkinlikler yaptıkları hatırlatılmıştır. Daha sonra çoğu öğrencinin çizim yapmaya başladığı belirlenmiştir. Ancak, yine de bazı öğrencilerin geri dönmeden çalışma yaprağındaki diğer soruları yanıtladıkları gözlenmiştir. Gruplar arasında dolaşan öğretmenden zaman zaman öğrenciler, çizimlerini göstererek doğru çizip çizmedikleri ile ilgili onay istemişlerdir. Bu öğrencilerin genellikle deney şeklini yeniden çizerek arabaya ve ucuna makara yardımıyla bir iple asılan kütleyle etki eden kuvvetleri çizdikleri belirlenmiştir. Serbest cisim diyagramlarında nesnelere ayrı ayrı ele alınıp etki eden kuvvetlerin gösterilmesi yerine bu şekilde bir çizim yapılması hangi nesneye hangi kuvvetlerin etki ettiğini gösterirken karışıklıklara neden olmuştur. Arabanın diğer ucuna başlanan telem şeridinin harekete bir etkisi olmadığını tüm öğrencilerin farkında olduğu yapılan kontrollerde tespit edilmiştir. Bir öğrenci “*Sistemin ivmesini nasıl hesaplayacağız. Elde ettiğimiz verilerden net sonuçlar çıkaramıyoruz, ancak yaklaşık sayılar elde edebiliyoruz. Bunların doğruluğunu gösteremez miyiz?*” diyerek sınıfta yeni bir tartışmanın oluşmasına neden olmuştur. Bir öğrenciden tahtaya deney düzeneğini çizerek nesnelere etki eden kuvvetleri göstermesi istenmiştir. Sınıfın bu çizime karışması sonucu öğrencilerin sistemin ivmesinin nasıl hesaplanacağı ile ilgili bilgilerinin yetersiz olduğu gözlenmiştir. Bunun üzerine bu konu öğrencilere ödev olarak verilmiş ve haftaya yeniden ele alınacağı söylenmiştir.

Çalışma yaprağında iki deneyin yer alması uygulamaya ayrılan sürenin çoğunlukla etkinlik aşamasında geçmesine neden olmuştur. Bu aşamada, öğrencilerin tümünün deney yapmaya oldukça istekli katıldıkları ve bundan oldukça hoşlandıkları gözlenmiştir. Öğrencilerin önceki dönemde laboratuarda edindikleri deneyimlerini farklı deney araç-gereci kullanılmasına rağmen bu derste rahatlıkla uygulayabildikleri belirlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında; öğrencilerden çalışma yaprağının sonunda yer alan bir soruyu bireysel olarak yanıtlamaları istenmiştir. Etkinlik aşamasında konu ile ilgili yeterince tartışma yapılmasından dolayı bu soru ile ilgili sınıf tartışması yapılmasına gerek kalmamıştır.

3.3.8. “Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet” Konulu Çalışma Yaprığı

Öğrencilerin ikiserli gruplar halinde çalışmalarını sağlanarak her öğrenciye birer çalışma yaprağı dağıtılmıştır.

Giriş aşamasında; öğrencilere çalışma yaprakları verildikten sonra karikatürü inceledikleri gözlenmiştir. Daha sonra bazı öğrencilerin hem yan sırada hem de arka sırada oturan öğrencilerle tartıştıkları gözlenmiştir. Öğrencilerden bazıları karikatürdeki çocukların kütlelerinin eşit olup olmadığını sormuştur. Bunun üzerine öğretmen *“Muhtemelen Ahmet Ayşe’ye göre daha ağır. Bu durum birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri etkiler mi?”* şeklinde bir soru sormuştur. Öğrencilerin bir kısmının *“Ağır olan daha büyük bir kuvvet uygular”*, bir kısmının ise *“Hayır, etkilemez”* şeklinde yanıt vermesi bazı öğrencilerin kavram yanlışlığına sahip olduğunu göstermiştir. Bir öğrencinin *“Öğretmenim bizimle yaptığınız mülakatta da böyle bir soru vardı. Ben çok düşündüm ve ağırlıklarının bir etkisi olmayacağına karar verdim. Çünkü ağırlıkları aşağıya doğru etki eder. Oysa birbirlerine uyguladıkları kuvvetler yatay doğrultuda”* şeklindeki ifadelerini bütün öğrencilerin dikkatli bir şekilde dinlediği gözlenmiştir. Diğer fikri savunan öğrencilere *“Bu çocukların ağırlıklarının birbirlerine uyguladıkları kuvvete nasıl bir etkisi olur?”* diye sorulduğunda çoğunun susarak bir açıklama yapmadığı, başta kararsız olduğu gözlenen birkaç öğrencinin arkadaşlarının yaptığı açıklamanın daha mantıklı olduğunu, bazıların ise mantıklarını ikna edici bir yanıt bulamadıklarını belirtmişlerdir. Bu tartışmadan sonra öğrencilere karikatürdeki hangi fikrin doğru olduğu sorulduğunda büyük bir kısmı, sesli bir şekilde kuvvetlerin eşit olduğunu söylemişlerdir. Bir öğrenci ise *“Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşit ve zıt yönlü olduğu için net kuvvet sıfırdır bence”*

demmiştir. Buna karşın başka bir öğrenci “*Kuvveti sıfırlayamayız, sisteme etki eden dış kuvvet sıfırdır diyebiliriz*” şeklinde arkadaşının ifadesini düzeltmeye çalışmıştır.

Bu aşamada karikatürle ilgili tartışmalarda öğrencilerin bazılarının kavram yanılığısına sahip olduğu belirlenmiştir.

Etkinlik aşamasında; bu kısa sınıf tartışmasından sonra öğrencilere çalışma yaprağının devamında yer alan soru sesli bir şekilde okunarak, bütün öğrencilerin dikkatinin o konuya yoğunlaşması sağlanmıştır. Böylece, etkileşim halinde olan çocuklardan Ahmet Ayşe’yi hareket ettirirse ne olacağı sorulduğunda öğrencilerin çoğundan Ahmet’in daha büyük bir kuvvet uygulayacağı şeklinde yanıt gelmiştir. Daha sonra bazı öğrencilerin avuçlarını açarak sıra arkadaşları ile birbirini itmeye çalıştıkları gözlenmiştir. Bir öğrenci “*Öğretmenim arkadaşım ile birbirimize kuvvet uygularken eşit kuvvetler uyguladığımızı düşünüyoruz. Ama ben onu hareket ettirebilirimse daha çok kuvvet uyguladığım için hareket ettirmişim demektir*” ifadeleri ile çalışma yaprağındaki diğer etkinlikten elde ettiği verilerle ilgili yorumunu açıklamıştır. Birkaç öğrenci ise “*Etki-tepki kuvvetleri eşittir*” şeklinde bir ağızdan düşüncelerini belirtmiştir.

Değerlendirme aşamasında; öğrencilerin düşüncelerini çalışma yapraklarına yazmalarının ardından çarpışan iki araba arasındaki etki tepki kuvvetlerini konu alan kavram karikatürünü inceledikleri ve sıra arkadaşları ile tartıştıkları gözlenmiştir. Öğrencilerin bir kısmının ağır olan arabanın daha çok kuvvet uygulayacağı, bir kısmının ise kuvvetlerinin eşit olduğu şeklinde düşüncelerini açıkladıkları karşılıklı diyaloglar yaşanmıştır. Öğrencilere herhangi bir müdahalede bulunulmadan fikirlerini açıklamaları ve daha sonra çalışma yaprağına yazmaları beklenmiştir. Bu şekilde dersin tamamlanmasının nedeni, öğrencilerin zihinlerindeki sorulara tam yanıt bulamadan çelişki yaşamaya bir süre devam etmelerini ve bir sonraki derse daha çok ihtiyaç hissetmelerini sağlamaktır. Bu ders sonunda öğrencilerin yanıt bulamadıkları bazı sorular şunlardır: 1) Ahmet Ayşe’yi hareket ettirdiği için etki-tepki kuvvetleri eşit olur mu? 2) Çarpışan arabaların birbirlerine uyguladıkları etki-tepki kuvvetleri kütlelerine veya hızlarına bağlı mıdır?

3.3.9. “Etki-Tepki Kuvvetleri” Konulu Çalışma Yaprağı

Öğrencilere önceki hafta yapılan derste araştırmaları istenen konuya yönelik sorular sorularak şekille tahtada açıklamalar yapılmıştır. O derste bir öğrenci iki cisimden oluşan bir sistemde nesnelerin ivmelerinin farklı olabileceğini söylemişti. Bu öğrenciye fikrinde

bir değişim olup olmadığı sorulduğunda, “*Öğretmenim ben onu dersten sonra araştırdım. İvmeleri aynı olur, sistemin ivmesi her ikisinin ivmesi ile aynıdır*” diye yanıt vermiştir. Daha sonra bu derste uygulanacak olan çalışma yaprakları ikili sıra düzeninde oturan öğrencilere dağıtılmıştır. Bu çalışma yaprağında etkileşen nesnelerin kütleleri ve hareket durumları ile etki-tepki kuvvetleri arasındaki ilişkiler irdelenmiştir.

Giriş aşamasında; çalışma yapraklarını inceleyen öğrencilerden biri denizin dalgalı olup olmadığını sormuştur. Öğretmen denizin dalgalı olup olmamasının bir etkisi olmadığını düşünebilirsiniz. Daha sonra öğretmen bazı öğrencilerin dersle ilgilenmediklerini görünce onların konuya odaklanmalarını sağlamak amacıyla “*Arkadaşlar, bu resimde görülen olayı daha önce hiç yaşayan var mı?*” diye bir soru sormuştur. Bunun üzerine birkaç öğrenci bir ağızdan “*Evet öğretmenim, ben de yaşadım*” gibi yanıtlar vermişlerdir. Bir öğrenci “*Öğretmenim kıyıya çıkarken kayığın geri tepmesini dikkate alırız ve ona göre kendimizi ayarlarız*” şeklinde deneyimini arkadaşları ile paylaşmıştır. Daha sonra öğretmen ile öğrenciler arasındaki geçen diyalog aşağıdaki gibidir.

Öğretmen: Peki şimdi buna göre buradaki olayı nasıl açıklarsınız? Burada ne gibi kuvvetler vardır?

Öğrenci 1: Öğretmenim, adam iskeleye atlarken ayağı geriye doğru kayığa bir kuvvet uygular.

Öğretmen: Kayık adama bir kuvvet uygular mı?

Öğrenci 2: Uygulamazsa adam kıyıya çıkamaz. Kayık da adama aynı kuvveti tepki olarak uygular.

Öğretmen: Bu duruma günlük hayattan başka ne gibi örnekler verebilirsiniz? Düşünün.

Öğrenci 3: Bir araba fren yaptığında bizim ileri doğru hareket etmemiz. Yani eylemsizlik.

Öğretmen: Örneğiniz incelediğimiz konu ile ilgili olursa daha iyi olur?

Öğrenci 4: Kaykayın üzerinden yere inmeye çalıştığımızda kaykay geriye doğru gider.

Öğrenci 5: Ben daha güzel bir örnek veriyorum. Mesela şu koltuğa oturduğumuzda koltuk biraz geri gidecek.

Öğretmen: Peki buzlu bir zeminde kendimizi kurtarmak için buzsuz bir yere atlamaya çalışırken ne olabilir?

Öğrenci 6: Biz ne kadar ileri gitmek istersek o kadar geri kayabiliriz. Normalde de bir yerden bir yere giderken yerden güç alırız.

Öğretmen: Arkadaşlar, roketlerdeki olayı biliyor musunuz?

Öğrenciler: Hayırrr.

Öğretmen: Roket ateşlendiğinde -TV’de izlemiştinizdir- yere doğru bir ateş çıkartır ve ortamı bir duman kaplar. Burada roket yere bir kuvvet uygular mı?

Öğrenci 6: Yere bir enerji uygular.

Öğrenci 7: Yere itme uygular.

Öğretmen: Peki, yer ona bir kuvvet uygular mı?

Öğrenci 8: Yer tepki uygular.

Öğretmen: Havaya fırladıktan sonra da bu ateşleme devam eder. Hava da rokete tepki uygular mı?

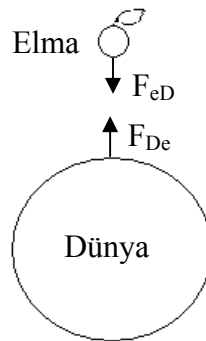
Öğrenci 9: Uygular. Uygulamazsa zaten hareket edemez.

Öğrenci 10: Yörüngesine gidene kadar bu devam eder.

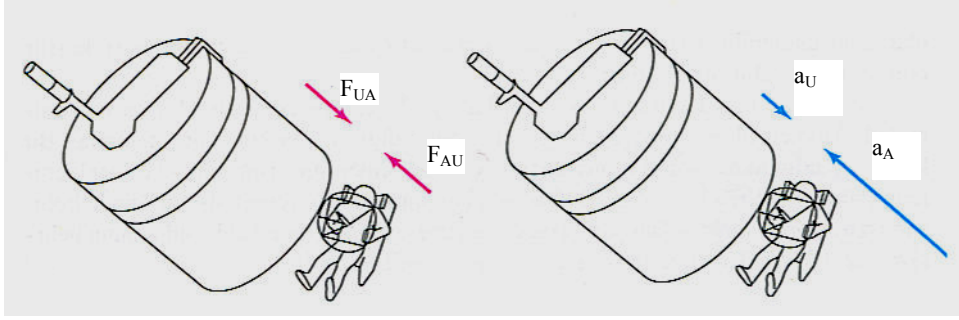
Öğretmen: Roketlere o büyük yakıt tanklarının konulmasının nedeni ne olabilir?

Öğrenci 11: Daha fazla tepki almak.

Örnekler artılınca öğrencilerin tartışmalara daha istekli katıldıkları gözlenmiştir. Bu diyaloglardan sonra bir öğrencinin “*Roket yere bir itme uyguluyor, yer de ona eşit bir tepki gösteriyor. Etki ve tepki kuvvetleri eşit olduğuna göre roketin hareket etmemesi lazım. Bunu nasıl açıklarsınız?*” şeklindeki sorusu farklı bir konu üzerinde tartışma yapılmasını gerektirmiştir. Öğretmen tahtaya aşağıdaki şekli çizerek öğrencilerle karşılıklı soru-yanıt diyalogları ile etki-tepki kuvvetlerinin eşit olmasının eşit miktarda hareket gerektirmediği sonucuna ulaşmalarını sağlamıştır. Şekilde yere düşen elmaya dünyanın uyguladığı kuvvet ile elmanın dünyaya uyguladığı kuvvetlerin eşit olduğu, ancak $F=ma$ bağıntısına göre kütlelerinin oldukça farklı olmalarından dolayı elmanın ivmeli hareket yapmasına karşın dünyanın muazzam kütesinden dolayı önemsenmeyecek bir ivmeye sahip olduğu öğrencilerin katılımları ile açıklanmıştır.



Bu örnekle ilgili tartışmanın öğrencilerin çok hoşlarına gittiği gözlenmiştir. Öğrencilerin yeni bir şeyler keşfetmiş gibi mutlu oldukları ve hayret ettikleri yüzlerindeki ifadeden anlaşılmıştır. Bunun üzerine öğretmen biraz daha bu durumun devam etmesi için aşağıdaki şekli tahtaya çizerek astronot ile uydu örneğini vermiştir.



Bu örnekte bir astronotun uyduyu çekerek yörüngesine getirmeye çalıştığı görülmektedir. Öğrencilere öncelikle astronotun uyduya uyguladığı kuvvetle uydunun astronota uyguladığı kuvvet arasında nasıl bir ilişki olduğu sorulmuştur. Bunun üzerine devam eden diyaloglar sonucu eşit kuvvetler uygulanmasına karşın $F=ma$ bağıntısına göre kütleleri az olanın daha çok ivmeleneceği sonucuna varmışlardır. Öğrencilerin ifadelerinden bu konuyu iyice kavradıkları anlaşılmıştır. Ayrıca, sınıftaki bazı öğrencilerin bu örnekleri not ettikleri gözlenmiştir. Daha sonra öğrencilerden birinci bölüme kendi örneklerini yazmaları istenmiştir.

Giriş aşamasının bu kadar uzun olmasının nedeni, Newton'un üçüncü kanunu ile ilgili doğrudan gözlem yapılabilecek deneyleri yapmanın zor olmasıdır. Bu bağlamda örnekler üzerinde yapılan tartışmaların öğrencilerin ilgisini çektiği ve zihinlerindeki çelişkileri çözmelerine yardım ettiği belirlenmiştir. Bir önceki çalışma yapığında öğrencilerin doğru yanıtı bulamamaları ve zihinsel karmaşalarının devam etmesi bu derse daha çok ilgi duymalarına ve örnekler hakkında daha çok düşünerek soru sormalarına neden olmuştur.

Etkinlik aşamasında; birinci bölümü tamamlayan iki öğrenciye bir çift dinamometre verilerek etkinliği yapmaları sağlanmıştır. Öğrencilerin dinamometreleri çekerken “Ben daha çok çekiyorum. Benimkinin daha çok kuvvet göstermesi lazım” dediği ve daha fazla göstermesi için dinamometreyi daha çok çekmeye çalıştığı gözlenmiştir. Bu öğrencilerden gösteriyi sınıfın önünde tekrarlamaları istenmiştir. Öğrencilere kiloları sorulduğunda birinin 65kg, diğerinin 75kg olduğu belirlenmiştir. Öğrencilere dinamometrelerini bir miktar kendilerine doğru çekerek, kendi dinamometrelerinin gösterdiği değeri sınıfa

söylemeleri istenmiştir. Öğrencilerden biri kendi dinamometresinin 350 gösterdiğini söyledi. Diğerinin gördüğü değere inanmayan bir tutumla kendi dinamometresini biraz daha çektiği gözlenmiştir. Arkadaşı onu uyararak *“Seninki de biraz önce 350 gösteriyordu. Şimdi ikisi de 450 oldu öğretmenim”* şeklinde gördüklerini ifade etmiştir. Sınıftaki bazı öğrencilerde dinamometrelerin aynı göstereceğini belirtmişlerdir. Bunun üzerine öğretmen *“Peki, dinamometrelerden birini sabit bir cisme bağlarsak ve diğerini de aynı kuvvetle çekersek her iki dinamometrenin gösterdiği değerler nasıl olur?”* diye sormuştur. Öğrenciler hep bir ağızdan aynı olacağını söyleyince öğrencilere *“Diyelim ki birbirine ortasından yapışık bir küreyi ayırmak için kürenin bir tarafından 8 at, diğer tarafından da 8 at çeksin. Aynı işlemi sadece kürenin bir tarafındaki 8 atı bırakarak, diğer tarafını da kalın bir ağaca bağlayarak gerçekleştirebilir miyiz?”* diye sorulmuştur. Birkaç öğrenci *“Bir şey fark etmez öğretmenim, dinamometre deneyinde olduğu gibi kürenin iki yanına da aynı kuvvet etki eder”* şeklinde yanıtlar vermiştir. Bazı öğrencilerin ise bu örneğe şaşırdukları *“Öyle mi olur? Çok ilginç. Daha önce hiç düşünmemiştim”* gibi ifadeler kullandıkları belirlenmiştir. Dinamometreyi tutan öğrencilerden biri *“Deneyelim hocam”* dedikten sonra öğrencilerden biri sabit değeri hareket ettiğinde göstergelerin aynı olduğunu gözlemişlerdir. Bazı öğrencilerin oldukça şaşkın olduğu gözlenmiştir. Bunun üzerine öğretmen *“Şimdi de ikiniz hareket edin. Bakalım hareket halindeyken dinamometreye uyguladığının kuvvetler nasıl olacak?”* şeklinde öğrencileri yönlendirmiştir. Deneyi yapan öğrenciler *“Eşit görünüyor hocam”* deyince bazı öğrencilerin arkadaşlarının yanına gelerek *“Biz de bakmak istiyoruz”* demişlerdir. Öğrenciler *“Hocam hareket etseler bile birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olduğu sonucuna vardık”* dedikten sonra, öğrencilerden gözlemlerini değerlendirerek çalışma yapraklarını tamamlamaları istenmiştir.

Etkinlik aşamasında, kavram yanılgısına sahip olan öğrencilerin deneyle ilgili gözlemler sırasında şaşkınlıklarını gizleyemedikleri gözlenmiştir. Farklı güçlerde olan kişilerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin ve hareket halindeyken etki-tepki kuvvetlerinin eşit olduğunu gözlemleri daha önceki çalışma yaprağında da yaşadıkları kararsızlığı gidermelerini sağlamıştır.

Değerlendirme aşamasında; çalışma yaprağında etkinlikle ilgili öğrencilerin elde ettikleri verilerden yola çıkarak itme ve çekme durumları arasında karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Öğrenciler bireysel olarak kendi yapraklarına düşüncelerini yazmışlardır. Zaman zaman öğrencilerin sıra arkadaşları ile düşüncelerini paylaştıkları gözlenmiştir.

Araştırma kapsamında uygulanan 9 çalışma yaprağı ile ilgili yürütülen gözlemler yukarıda ayrıntıları ile sunulmuştur. Bu gözlemlerden elde edilen bulguları maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir:

1. Öğrencilerin sınıftaki tartışmalar sonucunda da hala yanıt bulamadıkları veya sınıfla çelişen fikirlerini derslerden sonra araştırdıkları tespit edilmiştir. Bir öğrencinin mülakatta sorulan soruları hatırlaması ve üzerinde düşündüğünü ifade etmesi onun merak duygusunun harekete geçirildiğini göstermiştir.
2. Öğrencilerin bir soruna çözüm getiremedikleri zaman öğretmenin farklı örnekler üzerinde tartışmalarını sağlaması, onların kendi kendilerine sorularını çözmelerine katkı sağladığı belirlenmiştir.
3. Öğrencilere ne düşündükleri sorulduğunda yanıt verenlerin oranının yüksek olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin fikirlerini açıklarken çekinmedikleri ve fikirlerinin doğruluğunu ispatlamak için günlük hayattan örnekler sundukları belirlenmiştir. Ayrıca, fikirlerinin yanlış olduğu kanısına vardıklarında ise diğer görüşleri dinledikleri ve daha sonra yaptıkları açıklamalardan fikirlerini yeniden şekillendirdikleri belirlenmiştir.
4. Öğrencilerin tartışılan konu ile ilgili fikirlerini açıklarken uygulama süresince ya da daha önceki derslerdeki deneyimlerini kullanarak fikirlerini güçlendirmeye çalıştıkları ve böylece arkadaşlarının düşünceleri üzerinde daha etkili oldukları tespit edilmiştir.
5. Öğrenciler kendi fikirlerini açıklayamadıklarında arkadaşları tarafından yapılan etkili açıklamaları benimsediklerini söylemişlerdir. Bununla birlikte, öğrencilerin kendi fikirlerini açıklamının yanında diğer arkadaşlarının fikirlerini de dikkatlice dinledikleri ve bunlarla ilgili kendi düşüncelerini de ifade ettikleri gözlenmiştir.
6. Öğretmen tarafından çalışma yaprağının bazı bölümlerindeki tartışma sorularının sesli bir şekilde okunması ve öğrencilerin fikirlerini söylemelerinin istenmesi sınıfta bir düzenin oluşmasını ve öğrencilerin çalışma yaprağından kopmadan konuya daha iyi odaklanmalarını sağlamıştır. Bu durumun, öğrencilerin yaptıkları çalışmanın öğretmen tarafından izlendiğinin farkında olmalarına ve verilen işlemleri tamamlamak için hızlarını ayarlamalarına yardımcı olduğu belirlenmiştir.
7. Öğrencilerin en çok kavram karikatürleri üzerine yapılan tartışmalara katıldıkları belirlenmiştir. Kavram karikatürlerinin sınıftaki çoğu öğrencinin tartışmalara katılmasını teşvik ettiği anlaşılmıştır.

8. Öğrenciler zamanla çalışma yapraklarının girişinde yaptıkları tartışmalardan çıkardıkları fikirlerin çalışma yaprağının devamında yer alan etkinliklere ve sorulara katkısı olduğunu fark etmişlerdir.
9. Öğretmenin tartışılan konu ile ilgili öğrencilere sorular sorarak yönlendirmesinin onların doğru sonuçlara ulaşmaları üzerine oldukça etkili olduğu belirlenmiştir.
10. Öğrencilerin çekinmeden fikirlerini açıkladıkları gözlenmiştir. Öğrenciler fikirlerini açıklarken günlük hayattan örnekler vermektedirler.
11. Zaman zaman öğretmenin sınıf içinde dolaşarak öğrencilerle birebir diyaloga girmesinin öğrencilerin fikirlerini daha çok açıklamalarına fırsat vermiştir.
12. Tartışmalar öğrencilerin mevcut kavram yanlışlarının neler olduğunu açığa çıkarmıştır. Ayrıca, bu tartışmalar sırasındaki diyaloglar öğrencilerin mevcut yanlışları ile doğru bilgiler arasında yaşadıkları çelişkileri açıkça göstermiştir.
13. İlerleyen derslerde yürütülen tartışmalar bazı öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarını giderdiklerini açıkça göstermiştir.

3.4. Yarı Yapılandırılmış Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Bu kısımda, öğretmen adaylarının çalışma yaprakları ile yürütülen dersler hakkındaki düşüncelerini belirlemek amacıyla yürütülen dört soruluk yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen bulgular sunulmuştur.

Soru 1: *Bu uygulamanın size neler kazandırdığını düşünüyorsunuz?*

Öğrencilerin altısı sınıfta yürütülen tartışmalarda arkadaşlarının fikirlerini açıklamasının onların doğru bilgilere ulaşmalarını kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir. Eren,

“Herkesten farklı bir düşünce çıkıyor ve ben onlardan faydalanabiliyorum. En sonunda kendi düşüncemi de kullanarak bir şeyler yazabiliyorum. Bazen hiç bilmediğim şeyleri sınıftaki farklı düşüncelerden yararlanarak öğrendim.”

şeklindeki cümlelerle diğer öğrencilerin fikirlerinden faydalanarak kendi bilgisini nasıl biçimlendirdiğini ifade etmiştir. Mülakata katılan dört öğrenci, bir konuya değişik açılardan bakarak farklı yönleriyle düşünme becerisini kazandıklarını belirtmişlerdir. Veysel bir konuya farklı açılardan bakmayı öğrendiğini belirterek,

“Mesela verdiğiniz bir olayda sürtünmenin olup olmadığı belirtilmemişse biz sürtünme olduğu zaman veya olmadığı zaman cevabın ne olabileceği üzerinde tartışabiliyoruz. Böylece olayları farklı koşullar altında inceleyebiliyoruz.”

demıştır. Bu öğrenci diğer düşüncelerini şöyle ifade etmiştir:

“Gruplar oluşturmamız farklı görüşlerin ortaya çıkması bakımından güzel oluyor. Bazen eve gittiğim zaman bazı konuları merak ediyorum ve bunun doğrusu ne olabilir diye tekrar araştırıyorum. Soruların net cevabını siz vermediğiniz için herkes bilmediği konuları öğrenmek için daha çok çalışıyor, daha çok bilgi üretmeye çalışıyor. Bu da arkadaşları konuşma isteklerini artırıyor. Çünkü daha çok merak ediyorlar.”

Mülakata katılan iki öğrenci daha Veysel gibi derslerde yürütülen tartışmaların fikirlerini açıklama konusunda kendilerine olan güvenlerini arttırdığından söz etmişlerdir. Benzer şekilde üç öğrenci de dersler süresince soruların doğrudan yanıtlarının öğretmen tarafından açıklanmamasının onların araştırma yapma ve öğrenme isteklerini artırdığını ifade etmişlerdir.

İkişer öğrenci uygulamaların öğrendiklerinin kalıcılığını artırdığını, tartışmalarda farkına vardıkları eksiliklerini tamamlamak için çalışma isteklerini artırdığını, yeni bilgiler öğrendiklerini, fiziğin sadece formüllerden ibaret olmadığını gösterdiğini, fiziğe ilgilerini artırdığını, bildiklerini düşündükleri bazı bilgileri aslında bilmediklerini gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bu öğrencilerden Fatmanur,

“Fizikte ben çok geride bir öğrenciyim. ÖSS’de en az netim fizikteydi. Buradaki grup çalışmaları benim için çok iyi oldu. İstedğim arkadaşlarımla çalışabildim. Böylece düşüncemin yanlış olup olmadığından çekinmeden rahatlıkla söyleyebiliyordum. Fiziğin formül kısmı hoşuma gitmiyor. Ama bu düşünme kısmı çok hoşuma gitti. Tartışarak, fikir yürüterek, yani düşününce bir şeyler olabileceğini gördüm. Karikatürleri düşünmek zevk verdi.”

şeklindeki düşüncesi bu araştırmadaki materyallerin fiziği kolaylaştırdığını ve öğrenciyi fiziğe daha çok yakınlaştırdığını göstermektedir. Ayrıca, bu ifadelerden karikatürlerin fiziği daha eğlenceli hale getirmeye katkı sağladığı anlaşılmaktadır.

Ön bilgilerinin yetersiz olmasından dolayı uygulamalar süresince fikir üretmek açısından güçlük çeken Oğuz ile mülakatçı arasındaki diyalog aşağıda olduğu gibi sunulmuştur.

Oğuz: *Ben fiziği ÖSS’ye çalışırken çok iyi bildiğimi düşünüyordum. Seviyordum da. Ama yaz tatilinde her ne olduysa unuttum her şeyi, çalışmadığımız için. En sevdiğim fen dalı olmasına rağmen fizikle ilgili hiçbir şey bilmiyorum. Siz de çalışma yapraklarını veriyorsunuz. Bence az bilen yapamaz. Ben zaten hiçbir şey bilmiyorum. Onlar da gelince karşıma bocalıyorum. O yüzden sıkılıyorum.*

Araştırmacı: Hiç fikir yürütemiyor musun?

Oğuz: Yürütüyorum da. Ama yürüttüğüm fikirleri sınıfta açıklamakta biraz güçlük çekiyorum. Çekinmiyorum da tam olarak kafamda oluşturamıyorum söyleyeceklerimi. O da pek bir şey bilmediğimden kaynaklanıyor. Unuttum bildiklerimi. Hocam biz ÖSS'ciyiz. Siz getirip bize veriyorsunuz mantığa dayanan şeyleri, kafa yorulacak şeyleri, biz de öylece takılıp kalıyoruz.

Araştırmacı: Hiç fikir yürütebildiğin ders oldu mu?

Oğuz: Oldu hocam. Mesela köprüden atlıyorlardı. O çok hoşuma gitmişti. Onun formüllerini arkadaşlar söyleyince bir şeyler hatırladım ve fikir üretebildim.

Araştırmacı: Derslerden sonra zihninde hiç fikir oluşuyor mu?

Oğuz: Oluşuyor tabi ki. Hatırlamaya başlıyorum. En azından bir heves geliyor. Derste bakıyorum millet çatır çatır cevap veriyor. Ben de diyorum ki gidip evde şu konulara biraz bakayım, tekrar edeyim diyorum. Sonuçta öğretmen olacağız. Bir şeylerin temelini oluşturmak lazım. Bu uygulamalarda bir hırs geldi içime, öğretmen olacağım ve bir şey bilmiyorum. Oturup çalışmam lazım.

Bu öğrencinin ifadeleri, ÖSS mantığına dayanan bir öğretim sistemden gelmesinden dolayı deney yapma, gözleme ve yorum yapma gibi bilimsel süreç becerileri gelişmemiş ve bu nedenle uygulamalarda kendini yetersiz hissetmiştir. Ancak, zamanla diğer sınıf arkadaşlarının gösterdiği faaliyetler onu hırslandırarak çalışmaya daha istekli hale getirmiş ve ileride öğretmen olma bilincini güçlendirmiştir.

Soru 2: Bu uygulamadan önce Newton'un Hareket Kanunları ile ilgili mevcut bilgilerinizin yeterli olduğunu düşünüyor muydunuz? Uygulamalardan sonra kavramlarla ilgili düşüncelerinizde ne gibi değişiklikler oldu?

Bu soruda öğrencilerin beşi, uygulamadan önce konu ile ilgili bilgilerinin yeterli olduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir. Ancak, öğrenciler bu düşüncelerinin dersler sırasında karşılaştıkları problemlere çözüm ararken değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu öğrencilerden biri olan Ahmet,

“Bilgilerimin fazlasıyla yeterli olduğunu düşünüyordum. Bu uygulamada gördüm ki buradaki kavramlarla ilgili daha çok şey bilmem gerekiyor. Bu derslerde tartışınca bildiklerimin dışında farklı konuların da olduğunu gördüm. Ayrıca, tartışmalar kavramlarla ilgili bilgilerimi geliştirdi.”

cümleleri ile yürütülen çalışmanın bilgilerindeki eksikliği fark ettirdiğini ve daha sonra kavramlarla ilgili bilgilerini geliştirmeye yardımcı olduğunu ifade etmiştir. Ümit ise düşüncesini,

“Bu uygulama benim dışarıda gördüğüm olaylara bakış açımı değiştirdi. Mesela artık, yolda yürürken gördüğüm olayların uygulamalarda yaptığımız etkinliklerle ne tür bağlantısı olabileceği konusunda yorum yapabiliyorum. Çoğunlukla hareket ile ilgili çevredeki olayları görünce bununla ilgili derste şunu yapmıştık, bir arkadaşımız şöyle söylemişti gibi konuşmalar geçiyor arkadaşlarla aramızda.”

şeklinde açıklamıştır. Bu ifadeler, derslerde yürütülen etkinliklerin onun çevredeki olaylara anlam vermesine katkı sağladığını ve bu olayları arkadaşları ile tartışarak fikir paylaşımını artırdığını göstermektedir.

Öğrencilerin altısı kavramlarla ilgili bazı fikirlerinin yanlış olduğunun farkına vardıklarını ve bunları etkinliklere katılarak düzelttiklerini ifade etmişlerdir. Ümit U.,

“Benim yanlış bildiğim konu kütleleri farklı olsa bile aynı yükseklikten bırakılan cisimlerin aynı sürede düşecekleri idi. Derste arkadaşlarla tartışınca ve formülleri de kullanarak farklı yorumlar getirilince mantıklı bir çözüm üretebildim kendi kendime. ÖSS’ye çalışırken öylesine bu durumu kabul ediyordum. Ama düşününce mantığım bir türlü kabul etmiyordu. Bu uygulamayı yapınca mantığımın kabul edeceği bir çözüm bulabildim.”

cümleleri ile ÖSS’ye hazırlanırken fizikle ilgili olayların altında yatan nedenleri bilmeyerek çalıştığını ve aklına yatmadığı halde sınavı geçmek için öğretilenleri kabul ettiğini belirtmiştir. Bu uygulamanın öğrencilere olayların altında yatan nedenleri inceleme ve tartışma fırsatı sunduğu anlaşılmaktadır. Nurcanın,

“Bu uygulamada bilgilerimin hiç de yeterli olmadığını anladım. Çünkü daha önce her şeyi teorik öğreniyorduk. Burada en azından olaylara boyutsal bakmayı gördük. Üç boyutlu düşünmeyi gördük. Böyle düşününce yerleşiyor fikirler. Teorik görünce ezberliyorsun ve gidiyor fikirler.”

ifadelerinden çalışma yaprakları ile yürütülen etkinliklerin çok boyutlu düşünmeyi sağlayarak bilgilerin kalıcılığını artırdığı anlaşılmaktadır.

İki öğrenci kavramlarla ilgili yanlış fikirlerinin niçin yanlış olduğunun farkına vardıklarını söylemişlerdir. Hülya’nın,

“Bu uygulamada işin mantığını anladım. Niye sorusuna artık cevap verebiliyorum. Hemen hemen her uygulamada bir şeyleri yanlış düşündüğümü fark ettim. Ben bunu böyle biliyordum ama doğrusu böyleymiş dediğim çok oldu.”

şeklindeki sözlerinden uygulamalarda yanlış fikirlerinin farkına vararak onların yerine doğru olan bilgileri nedenleri ile öğrenebildiği anlaşılmaktadır.

Bu soruya öğrencilerin yarısı sahip oldukları bilgilerin yeterli olmadığını düşündüklerini ve yürütülen uygulamadan sonra çok şey öğrendiklerini ifade etmişlerdir.

Eren'in şu cümlelerinden,

“O konuda bazı eksiklerim olduğunu düşünüyordum. Ama şimdi kendime daha çok güvenim geldi. Kafam en çok hareket eden bir cisme kuvvetin etki etmeye devam edip etmeyeceği ile ilgili tartışmada karıştı. Ama artık hareketi başlatan kuvvetin etki etmeyeceğini rahatça söyleyebilirim.”

yürütülen bu çalışmanın mevcut eksiklerini giderdiği için kendine olan güvenini artırdığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, bu ifadelerde kavramlarla ilgili tartışmaların zihinde karmaşa meydana getirdiği ve doğru kavramların daha iyi öğrenildiği görülmektedir. Hülya'nın,

“Benim fizikle ilgili daha önceki hayatım hep ezbere dayanıyordu. Problemler belli bir kalıptaydı ve ona göre çözümü yapıyorduk. Bu uygulamada işin mantığını anladım. Niye sorusuna artık cevap verebiliyorum. Bu nedenle bu konuları da daha iyi anlatabileceğim.”

şeklindeki ifadesinden çalışma yaprakları ile yürütülen etkinliklerin konuları ezberlemekten ziyade ‘nasıl ve niçin’ sorularına yanıt arayarak konuların altında yatan nedenleri inceleme fırsatı verdiği anlaşılmaktadır.

Soru 3: Çalışma yaprakları ile ilgili düşünceleriniz nelerdir?

Mülakata katılan öğrencilerin beşi çalışma yapraklarının ilgi çekici, eğlenceli ve hoş olduğunu ifade etmişlerdir. Fatmanur çalışma yapraklarının ona fiziği sevdirdiğini söylemiştir. Veysel ise,

“Karikatür gibi şekillerin olması daha çok ilgimi uyandırdı. Böylece soruya daha çok odaklanmamı sağladı. Arkadaşlarımda da aynı şeyi gözlemledim. Eğer soru-cevap şeklinde olsaydı kimsenin dikkatini çekemezdim.”

şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. Buna paralel olarak Eren'nin fikri,

“Çalışma yapraklarındaki şekiller çok hoşumuza gitti. İnsanın yaşı ne kadar büyük olursa olsun farklı şekiller, karikatürler ilgisini çekiyor. Oyun gibi hocam, tıpkı yap-poz gibi. Acaba nerden ne bulabilirim. Dersle hiç ilgisi olmayanın bile ilgilenesi geliyor bu çalışma yaprakları sayesinde.”

şeklinde. Bu cümlelerden kavram karikatürlerinin çalışma yapraklarına görsellik kazandırdığı anlaşılmaktadır.

Dört öğrenci çalışma yapraklarının tartışma ortamları hazırlayarak fikirlerini söylemeye onları teşvik ettiğini ifade etmişlerdir. Ümit U.,

“Çalışma yaprakları bizim tartışmamız için bir ortam yaratmıştır. Eğer tartışmasaydık doğru bilen yine doğru bilecek, ama yanlış bilen de yanlış bilmeye devam edecek, doğru fikri öğrenemeyecek.”

demıştır. Bu soruya verilen yanıtlardan çalışma yapraklarının tartışma ortamları oluşturarak, öğrencilerin fikirlerini açıklayıp bunların doğruluğunu araştırmalarına imkan sağladığı ve böylece doğru bilgilere ulaşmalarını kolaylaştırdığı anlaşılmıştır.

Öğrencilerin üçü öğretmen olduklarında bu tür materyalleri öğrencileri için hazırlayıp uygulamak istediklerini belirtmişlerdir. Nurcan,

“İlköğretimde ben de öğrencilerime bu tür teknikler uygulamayı düşünüyorum. Teorik olarak bilgileri anlatmaktan çok daha iyi olduğunu düşünüyorum. Bu tür uygulamalar daha öğretici bence. Ben çok hoşlandım.”

ifadeleri ile çalışma yapraklarının daha öğretici olduğunu düşündüğü ve kendisinin de çok hoşuna gittiği için ileride kendi öğrencilerine bilgileri teorik olarak anlatmak yerine çalışma yaprakları ile uygulamalı bir şekilde sunmayı daha etkili bulduğunu belirtmiştir.

İki öğrenci çalışma yapraklarına fikirlerini yazmaları istendiği için konu ile ilgili sahip oldukları fikirleri açıklamaya kendilerini zorunlu hissettiklerini belirtmişlerdir. Ümit U.,

“Herkesin birer çalışma yaprağının olması herkesi bir şeyler yazmaya zorluyor, böylece herkes düşündüğünü söyleme ihtiyacı hissediyor. Böyle bir sorumluluk olmasa yazmak gerekmediği için hiç kimse de düşüncelerini söyleme ihtiyacı hissetmez. Yazma sorumluluğu olduğu zaman görüşünü söylemek istiyor, böylece doğruyu öğrenmek istiyor.”

şeklindeki ifadelerinden çalışma yapraklarının sorumluluk duygusunu artırıp öğrencileri doğru bilgiyi araştırmaya teşvik ettiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, her öğrenciye birer çalışma yaprağının verilmesi bireysel sorumluluğu artırmakta ve kendi fikirlerini açıklayarak bunların doğru olup olmadığı ile ilgili başkalarından fikir almayı istemelerine neden olduğu görülmektedir.

Soru 4: *Uygulama süresince ne gibi güçlüklerle karşılaştınız? Bu güçlüklerin üstesinden nasıl geldiniz?*

Ahmet, Veysel, Oğuz ve Ümit Ç. ön bilgilerini hatırlayamadıklarında, Hülya olayın mantığını kavramaya çalışırken, Asiyegül, Eren ve Nurcan sınıfta kendi fikirlerine zıt fikirler ortaya çıktığında hangisinin doğru olduğuna karar verirken zorlandıklarını belirtmişlerdir. Bu öğrenciler karşılaştıkları güçlüklerin üstesinden gelmek için, öncelikle

grup arkadaşlarının fikirlerinden yararlanarak çözümler üretmeye çalıştıklarını söylemişlerdir. Bunun yanında sınıftaki tartışmaların hem onların zihinlerini karıştırarak çelişkiye düşürdüğünü hem de hangi fikrin doğru olduğunu anlamalarına yardım ettiğini belirtmişlerdir. Bütün bunlardan sonra yine de bir çözüm bulamamışlarsa, son olarak öğretmen soru şeklindeki yönlendirmelerinin onlara yol gösterdiğini söylemişlerdir. Veysel dersten sonra yine aklında bir soru işareti kalmışsa eve gidip kitaplarından araştırma yaptığını ifade etmiştir. Ahmet,

“Ben arkadaşım ile bu uygulamayı oldukça benimseyerek, birlikte çalıştık. Benim hatalarımı o, onun hatalarını ben düzeltmeye çalıştım. Yani birbirimizi tamamladık diyebilirim. Yaptığımız bu grup çalışması kavramlarla ilgili bizi doğru sonuca ulaştırdı.”

cümleleri ile grup çalışmasının kavramlar hakkında tartışarak, doğru bilgilere ulaşmalarını kolaylaştırdığını belirtmiştir. Eren,

“Çok iyi bildiğimi düşündüğüm konularda bile kafam karıştı. Acaba bu böyle miydi diye kendime sürekli sorular sordum. Çok farklı görüşler gelince acaba olabilir mi diye düşündüm. Hem sizin yönlendiren sorularınız, hem de arkadaşların farklı görüşleri beni doğru bilgiye doğru çekti. En çok hoşuma giden bütün arkadaşlarımın kaynaşması, herkesin fikrini söylemesi ve yok öyle değil böyle diyerek tartışması. Sanki bir sempozyumdaymış gibi oldu ortam ve benim çok hoşuma gitti.”

ifadeleri ile yaşadığı zihinsel çatışmanın üstesinden gelebilmek için hem kendine sorular sorduğunu hem de sınıf arkadaşları ve araştırmacının açıklamalarından faydalandığını anlatmaktadır. Bu öğrenciye göre kavramlarla ilgili sınıfta yürütülen tartışmalar bir fikir yağmuruna dönüşmüş ve öğrenciler arasındaki etkileşim ortamının verimliliğini artırmıştır.

Hülya, şu cümle ile nasıl bir güçlük çektiğini özetlemiştir:

“Daha önce niye sorularını hep ertelediğim için oldukça büyük sorular oluştu zihnimde ve onları çözmek zor oldu.”

Hülya'nın bu ifadelerinden, daha önceki derslerde olayların nedenlerinin hiç sorgulanmadığı ve bu nedenle çalışma yapraklarındaki neden ve niçin sorularının öğrenciyi zihinsel bir mücadelenin içine sokarak farklı deneyimler yaşamaya zorladığı anlaşılmaktadır.

Nurcan,

“Fikir çatışmaları oldu. Hiçbir şey oturmuş değilmiş kafamda. O yüzden zorlandım. Herkes bir şey söylüyordu. Herkesin fikrinden mantıklı olanı seçip kendi fikrimi oluşturabildim. Çok basit gibi gelmişti çalışma yapraklarındakiler ama her fikirde kafam karıştı. Anladım ki bilgilerim hiç yeterli değilmiş. Ama şimdi hepsi hakkında bir fikrim var diyebilirim.”

cümleleri ile çalışma yapraklarının basit görünümünün onu cesaretlendirdiğini, ancak kavramlarla ilgili çok daha karmaşık bir zihinsel mücadelenin içine soktuğunu vurgulamıştır. Nurcan'ın sınıf arkadaşlarının fikirlerini de değerlendirdiği bir mücadele sonunda, kendi zihinsel dengesini kurarak, çalışma yapraklarındaki kavramlarla ilgili doğru bilgilere ulaşabildiği anlaşılmaktadır.

Fatmanur ve Ümit U. hiçbir güçlükle karşılaşmadıklarını ifade etmişlerdir. Fatmanur,

“Üniversiteye ilk geldiğimde ortama uyum sağlamada çok zorlandım. Bir arkadaş ortamım yoktu. Geçen dönem derslerde bir şey sormaya çekinirdim. Bu derste merak ettiklerimi rahatça sorabiliyorum. Kendimi daha rahat ifade edebiliyorum. Kafama takılan bir şey olduğunda ilk önce grup arkadaşlarıma soruyorum. Onlarla tartışarak fikrim yanlışsa niye yanlış olduğunu anlayabiliyorum.”

şeklindeki ifadeleri ile herhangi bir güçlük çekmemesinin nedenini, grup arkadaşları ile fikirlerini rahatça paylaşabilmesine bağlıyor.

4. TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışma yapraklarının öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları konusunda sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermeye etkisi tartışılırken elde edilen bulgular kendi arasında ve literatürle ilişkilendirilerek irdelenmiştir. Çalışma yapraklarının kavram yanlışlarını gidermedeki etkililiğini tartışmak için öncelikle, Newton'un hareket kanunlarına yönelik kavramsal anlama testinden (NHK-KAT) ve örnekler hakkında mülakattan (ÖHM) elde edilen bulgular tartışılmıştır. Bu tartışma gözlem bulguları ile ayrıca desteklenmiştir. Daha sonra çalışma yaprakları öğrenci merkezli öğretime yansımaları bakımından tartışılırken uygulama süresince yapılan gözlemlerden ve uygulama sonunda yürütülen yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen bulgular ele alınmıştır.

4.1. Çalışma Yapraklarının Kavram Yanlışlarını Gidermeye Etkisine Yönelik Bulguların Tartışılması

Bu başlık altında öncelikle, NHK-KAT'den elde edilen bulgular genel olarak tartışılmıştır. Daha sonra ön test-son testten ve örnekler hakkında mülakattan elde edilen bulgular gözlem bulguları ile desteklenerek irdelenmiştir. Bu bağlamda, test ve mülakat soruları Newton'un I. ve II. hareket kanunu ve Newton'un III. kanununa göre iki başlık altında tartışılmıştır.

NHK-KAT'den öğrencilerin aldıkları puanlar (Ek Tablo 42, s. 132) karşılaştırıldığında ön testte öğrencilerin aldıkları puanların ortalaması yaklaşık 20, son testten aldıkları puanların ortalaması ise 40'tır (Tablo 14, s. 82). Ortalamalar açısından bakıldığında uygulamadan sonra başarının iki kat arttığını söylemek mümkündür. Ön ve son testler arasındaki t-testi sonuçları son test lehine anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir (Tablo 15, s. 82). Ancak, istatistik veriler her ne kadar böyle gözükse de, bu veriler çalışma yapraklarının kavram yanlışlarını tamamen ortadan kaldırdığı anlamına gelmemektedir. Testin geneli için durum böyle iken, anlama seviyelerine göre test soru soru incelendiğinde (Tablo 13, s.77) tam doğru kabul edilen doğru seçenek ve doğru neden (DSDN) kategorisindeki yanıtlarda 2. soru hariç diğer tüm sorular için önemli bir artış sağlanmıştır (Şekil 5, s. 80). Bu bağlamda, yürütülen etkinliklerin öğretmen adaylarını araştırılan kavramlarla ilgili daha bilimsel açıklamalar yapabilecek düzeye çıkardığı

söylenbilir. Bununla birlikte, yanlış seçenek ve kavram yanılgısı içeren neden (YSKYİN) anlama seviyesine giren yanıtlarda tüm test soruları için ön teste göre son testte 1, 2 ve 3. sorular hariç dikkate değer bir azalma olmuştur (Şekil 6, s. 81). Son testteki bu ilk üç soru için yapılan kavram yanılgısı içeren açıklamalardaki artışın nedeninin, öğrencilerin teste başladıklarında yine önceki fikirlerinin zihinsel faaliyetlerini etkilemesi olabilir. Çünkü daha sonraki sorularda, bu sorulardakine benzer kavramlara doğru yanıt verme oranı artmıştır. Bunun nedeni, öğrencilerin testteki soruları yanıtladıkça derslerde yürütülen etkinlikleri hatırlamaları ve yanlış fikirlerinin etkisinden çıkmaları olabilir. Tüm test sorularında yalnızca yanlış seçeneği işaretleyerek açıklama yapmayan öğrencilerin oranında 4. ve 7. sorular hariç önemli bir düşüş sağlanmıştır (Şekil 7, s. 82). Bu durum öğrencilerin çalışma yaprakları ile yürütülen etkinliklerden ve sınıf tartışmalarından sonra kavramlar ile ilgili verdikleri kararları destekleyici açıklamalar yapabildiklerini göstermektedir. Cahyadi (2004) çalışma yaprakları gibi sınıf içi etkileşimi artıran materyallerle yürütülen derslerden sonra öğrencilerin kuvvet kavramı ile ilgili sorulara doğru yanıt verme oranının %20'den %48'e çıktığını tespit etmiştir. Demircioğlu vd. (2004) yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun hazırlanan çalışma yapraklarının öğrencileri kavram kargaşasından kurtararak, anlama güçlüklerini ortadan kaldırılması açısından olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Bunlara ilave olarak, Gürses vd. (2006) çalışma yapraklarının başarıya, kavram öğrenmeye ve bilimsel becerilerin gelişmesine olumlu katkısı olduğunu ifade etmektedir. Bir sonraki kısımda öğrencilerin kavramlarındaki değişim daha ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

4.1.1. Newton'un I. ve II. Hareket Kanununa Yönelik Ön-Son Testten ve Ön-Son Mülakattan Elde Edilen Bulguların Tartışılması

Öğretmen adaylarının Newton'un I. ve II. hareket kanunu ile ilgili NHK-KAT'deki ilk 11 soruya ve mülakatın birinci ve ikinci sorularına uygulamadan önce ve sonra verdikleri yanıtlar tartışılmıştır. Ayrıca, bu tartışma sınıf gözlemlerinden elde edilen bulgularla desteklenmiştir.

Öğretmen adaylarının *basınç, hareket, enerji ve momentum* kavramlarının *kuvveti* ifade ettiği şeklindeki ön testte tespit edilen yanılgılarında uygulamadan sonra da önemli bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir (Tablo 16, s. 83). Özellikle basıncın bir kuvvet ifadesi olduğunu düşünenlerin oranının testin 1. sorusuna verilen yanıtlardan çok yüksek

olduğu tespit edilmiştir (ön test %71, son test %69). Kuvvet ile basıncın farklı kavramlar olduğunu net bir şekilde göstermeyi amaçlayan etkinlikleri içeren “Kuvvet ve Basınç” isimli çalışma yaprağının uygulanmasına rağmen, bu durumun değişmemesinin nedenlerinden birinin, öğrencilerin daha önceki fizik derslerinde “*basınç kuvveti*” diye bir kavramı kullanmaları olabilir. Öğrencilerin bu kavrama sahip oldukları çalışma yapraklarının pilot uygulaması sürecinde veya ön test ve ön mülakatlarda ortaya çıkmamıştır. Bu nedenle, asıl uygulama sürecinde uygulanan çalışma yaprağında bu kavrama yönelik herhangi bir etkinlik düzenlenmemiştir. Bu durum, öğrencilerin kuvvet ile basınç kavramlarını birbirlerinden tamamen ayıramamalarına neden olmuş olabilir. Bir diğer neden ise, bu çalışma yaprağının uygulanması sırasında deneysel etkinliklerden ziyade kavram karikatürüne dayalı kavramsal tartışmaların yapılması olabilir. Driver vd. (1994) fizikte doğrudan gözlem gerektiren etkinliklerin yapılmaması nedeniyle, öğrencilerin kuvvet kavramını tam olarak somutlaştıramadığını ve sınavlarda ezbere bazı kitabi ifadelerle soruları yanıtlamaya çalıştıklarını belirtmektedir. Bu soruda, yalnızca yanlış seçeneği işaretleyerek açıklama yapmayan öğrenci oranının fazla olması, öğrencilerin kuvvetin ne olduğunu ya da özelliklerini bilmedikleri şeklinde yorumlanabilir.

Öğrencilerin ön testte önemli bir kısmının “*Sabit hız sabit bir kuvvet gerektirir*” yanılıgısına sahip oldukları tespit edilmiştir (Tablo 18, 23, 25). Bu fikir, öğrencilerde en sık rastlanan yanılıgılardan biridir (Gilbert ve Watts, 1983; Eryılmaz, 2002; Donaldson, 2004). Sadanand ve Kess (1990) liseye başlamak üzere olan çoğu öğrencide bu yanılıgının olduğunu tespit etmiştir. Halloun and Hestenes (1985a) bir nesneye etki eden kuvvetin büyüklüğü ile hızı arasında doğru orantılı bir ilişki kurmanın öğrenciler arasında oldukça yaygın olduğunu belirtmektedir. Testin 8. ve 10. sorularına son testte hala yanılıgılı yanıtlar verilmesine rağmen, son test lehine “*Sabit hız sabit bir kuvvet gerektirir*” yanılıgısı açısından yarı yarıya bir iyileşme olduğu belirlenmiştir (Tablo 23, 25). Bu yanılıgıya yönelik uygulanan iki çalışma yaprağında da etkinlikler keşfedici laboratuvar modeline göre uygulanmıştır. Bunlardan birincisi olan “Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi” konulu çalışma yaprağının laboratuvar öncesi tartışma basamağını içeren giriş aşamasında, sunulan problemle ilgili tüm grupların doğru hipotezler ürettikleri ve bir sonraki aşamada tüm sınıfın “*Bir cisme etki eden net kuvvet sıfırsa sabit hızla hareket eder*” önermesini ispatlamak için hazırlık yaptıkları gözlenmiştir (s. 135). Ancak, deney tasarlama ve yürütme aşamasında öğrencilere önceden tasarlanmış bir deney sunulmaması ve onların laboratuvar deneyimlerinin yetersiz olması etkili gözlem yapamamalarına neden olmuştur.

Bu çalışma yaprağının ardından “Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket” konulu çalışma yaprağı uygulanmıştır. İkinci çalışma yaprağında, öğrencilerin keşfedici laboratuvar modelinin deney tasarlama ve yürütme aşamasında, sabit bir kuvvet etkisinde hareketlinin hızının nasıl değiştiğini doğrudan gözlemleri ve bizzat ölçebilmeleri için önceden tasarlanmış bir deney sunulmuştur. Deneyin öğretmen yardımıyla sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi, öğrencilerin gözlem yapmaları ve veri toplamaları açısından kolaylık sağlamıştır. Bu ölçümler üzerinde öğrencilerin gerekli işlemleri yapmaları ve laboratuvar sonrası tartışmaların da yürütülmesi sözü edilen yanılığın azaltılmasında etkili olmuş olabilir. Çepni ve Kurt (2004) da keşfedici laboratuvar modelinin uygulanması sonucu öğrencilerin yanılığlarında önemli iyileşmeler kaydedildiğini belirtmektedirler.

Ön testte 3. soruya verilen yanıtlardan öğrencilerin %47’si “*Sabit hız sabit bir kuvvet gerektirir*” fikrine sahipken, son testte bu oran %56’ya çıkmıştır (Tablo 18, s. 85). 8. ve 10. sorularda ise son test lehine yarı yarıya bir iyileşme olduğu belirlenmiştir (Tablo 23, 25). Aynı yanılığa yönelik bu sorulara öğrencilerin verdikleri yanıtlarda bir tutarsızlık olduğu görülmektedir. Bunun bir nedeni, öğrencilerin düz zeminde nesneye etki eden kuvvetle sahip olduğu hız arasındaki ilişkiyi, yukarı doğru kaldırılan nesneye göre daha kolay kurmaları olabilir. Öğrencilerin bu şekilde bir güçlük yaşadıkları ön test ve mülakatlarda ortaya çıkmadığından, çalışma yapraklarında bu güçlüğü gidermeye yönelik doğrudan bir etkinlik yapılmamıştır. Ancak, “Hareketi Başlatan Kuvvet” konulu çalışma yaprağının uygulanması sürecinde sunulan örnekler üzerine yürütülen tartışmalarda, bazı öğrencilerin bir kayayı ağırlığına eşit bir kuvvet uygulayarak yerden kaldıramayacağını ve net kuvvet sıfır olacağından hareketin mümkün olmadığını düşündükleri ortaya çıkmıştır. Buna karşın, tartışmaya katılan diğer öğrenciler kaya kaldırıldıktan sonra net kuvvetin sıfır olması onun değişmeyen bir hızla harekete devam edeceği anlamına geldiğini savunmuşlardır (s. 133–134). Üçüncü soru ile ilgili son testte elde edilen veriler, bu kısa tartışmanın öğrencilerin konu ile ilgili fikirlerini değiştirmelerinde yeterince etkili olmadığını göstermektedir. Buradan öğrencilerin “*Yukarı doğru kaldırılan bir cismin sabit hızla gidebilmesi için sabit bir kuvvet gereklidir*” şeklindeki yanılığındaki iyileşmenin zemin üzerindeki harekete göre daha güç olduğu söylenebilir. Literatürde ise bu tür bir yanılığa rastlanmamıştır.

Kavram yanılığlarının çeldirici olarak kullanıldığı soru tiplerinde, yanılığın her birinin işlerliği bir diğerini etkilediği için (Demircioğlu, 2003) tespit edilen bir yanılığın tam olarak kaç öğrenci tarafından taşındığını tespit etmek de zorlaşmaktadır. Bu bağlamda,

yukarıda sözü edilen 3. soru ile 8. ve 10. sorulardan elde edilen veriler arasındaki tutarsızlığın bundan kaynaklandığı da düşünülebilir.

Testin basit sarkaç konulu 2. sorusu ile ilgili YSKYİN kategorisindeki yanıtların oranı ön testte %45 iken, son testte %67'ye çıkmıştır (Tablo 17, s. 84). Öğrencilerin büyük bir kısmının ipteki gerilim kuvvetini fark etmemeleri bu yanılgıların nedenlerinden biri olabilir. Diğer bir neden, testin 3., 4., 9. ve 10. sorularında da olduğu gibi soruların seçeneklerinde nesnenin farklı noktadaki hareketleri için etki eden kuvvetler yazılırken bir seçenekte hem doğru hem de yanlış içeren yanıtların aynı anda verilmesi olabilir. Bu durumda öğrenci, nesnenin bir konumu için verdiği yanıtta emin olduğu halde nesnenin diğer konumuna ilişkin tahmini bir yanıt vermesi olasıdır. Bu da öğrencinin gerçek düşüncesini çoğu zaman yansıtmayabilir.

“Serbest Cisim Diyagramı Çizme” konulu çalışma yaprağının uygulanması sırasında öğrencilerin kuvvetleri göstermede oldukça başarılı oldukları belirlenmiştir. Buna rağmen öğrencilerin “*Sarkaç topunun sağa doğru gidebilmesi için sağa doğru bir kuvvet, sola doğru gidebilmesi için sola doğru bir kuvvet etki etmelidir*” şeklindeki düşüncelerinde yukarıda da söz edildiği gibi bir iyileşme olmadığı belirlenmiştir. Trumper ve Gorsky (1996) fizik öğretmen adaylarının en uçtayken sarkaç topuna hareket yönünde bir kuvvet vektörü çizdiklerini belirtmişlerdir. “*Hareket ne yöne doğru ise kuvvet de o yöndedir*” şeklindeki bu yanlış için Clement (1982), öğrencilerin net kuvvete ters yönde hareketin olabileceğini kabul etmekte zorlandıklarını ifade etmiştir. Çalışma yaprağının değerlendirme bölümündeki kavram karikatürü ile ilgili tartışmalarda öğrencilerin çalışma yaprağının başında öğrendikleri bilgileri kullanmadan yanıtlar verdikleri bir öğrencinin “*Hocam, çalışma yaprağının başında yatay düzlemde kayan bir cismin ağırlığının yatay bileşenin hızını artırdığını öğrenmiştik. Biz, her ne kadar kayakların büyüklüğünü işin içine katsak da bu çalışma yaprağının konusu bence yatayda etki eden kuvvetin hıza etkisi. O nedenle bence Özgür doğru söylüyor*” şeklindeki ifadesinden de anlaşılmaktadır. Pilot uygulamalar sırasında bu tür bir eksikliğin gözlenmemesi, asıl çalışmada bu durumun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ayrıca dersleri yürütmek için öğretmen ve öğrencilere rehberlik etmek üzere hazırlanan tek materyalin çalışma yaprakları olması, zaman zaman öğretmenin dersler sırasında ortaya çıkan eksiklikleri gidermeye yönelik sözel müdahalelerde bulunmasını zorunlu hale getirmiştir. Öğretmene yönelik bir rehber materyalin olmadığı düşünüldüğünde, çalışma yapraklarındaki yönergelerin etkinlikler arasındaki ilişkileri daha açık gösterme yönünden eksikleri olduğu söylenebilir.

Benzer bulgulara testin 4, 5 ve 9 numaralı sorularına verilen yanıtlarda da rastlanmıştır. Havaya, yere veya düz bir zemin üzerinde fırlatılan nesneye hareketi süresince bu fırlatma kuvvetinin etki ettiğini düşünen öğrencilerin oranı oldukça fazladır. Hatta ön testte 9. soruda öğrencilerin %98'inin bu fikre sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 24, s. 91). Jimoyiannis ve Komis (2003) çok sayıdaki lise öğrencisinin sürtünmesiz ortamlarda “*Hareketi sürdürmek için hareket yönünde etki eden net bir kuvvete ihtiyaç vardır*” şeklinde düşündüklerini belirlemiştir. Bu yanılgıdan literatürde sıkça söz edilmektedir (Gilbert ve Watts, 1983; Whitaker, 1983; Osborne ve Freeman, 1989; Trumper, 1999; Bayraktar, 2006). Bir nesne atıldığı zaman onun hareketini sürdüren bir etki olduğunu savunan Brudian 14. yy’da bu hareket ettirici gücü “*impetus*” yani içsel kuvvet olarak adlandırmıştır (Halloun ve Hestenes, 1985b; Stinner, 1994). Bu teori cismin hareket etmesini sağlayan sürekli bir kuvvetin cismin içinde olduğu düşüncesine dayanmaktadır. Watts ve Zylbersztajn (1981) lise son sınıf öğrencilerinin %85'inin, Kuru ve Güneş (2005) ise lise ikinci sınıf öğrencilerinin %71'inin bir nesne havaya fırlatıldığında harekete neden olan kuvvetin nesneye hareketi boyunca etki ettiğini düşündüklerini belirlenmişlerdir. Uygulamalardan sonra, bu yanılgılarda son test lehine önemli bir iyileşme olduğu tespit edilmiştir. Bu iyileşmede “*Hareketi Başlatan Kuvvet*” konulu çalışma yaprağının önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir. “*Hareketi Başlatan Kuvvet*” konulu çalışma yaprağının uygulamaları sürecinde, öğrencilerin uygulanan kuvvetler açısından şu iki durum arasındaki farkı düşünmeleri istenmiştir: 1. durumda, yukarı doğru fırlatılan cisimle elin teması başlangıçta kesiliyor, 2. durumda elin teması hiç kesilmiyor (s. 133). Burada, öğrenciler bir kuvvetin hareket süresince devam edebilmesi için hareketi başlatan etmenin devamlı olması gerektiğini fark etmeleri amaçlanmıştır. Öğrencilerin kuvvetleri daha iyi görmeleri için bu iki durumla ilgili serbest cisim diyagramlarını çizmeleri ve kuvvetleri göstermeleri söylenmiştir. Bunun üzerine yapılan tartışmalarda, öğrencilerin kuvvetin devamlı olduğu ve olmadığı iki olay arasındaki farkla ilgili zihinsel bir dengesizlik yaşadıkları belirlenmiştir. Bu tartışmalarda öğrencilerin 1. durumda başlangıçta topa uygulanan kuvvetin hareketin devamında artık etki etmeye devam etmediği fikrini benimsemekte oldukça zorlandıkları gözlenmiştir. Tartışmaların çalışma yaprağındaki etkinlikleri temel alarak, öğretmen ve öğrenciler arasında arka arkaya soru-cevap şeklinde genişletilmesi sonucunda sınıfta, başlangıçta anlık uygulanan kuvvetin hareketin devamında etki etmediği fikrinin kabul gördüğü belirlenmiştir. Son testteki 4. soruya bazı öğrencilerin yaptığı açıklamalarda “*B noktasında fırlatma kuvveti etki etseydi*

cisim C’de durmazdı. Yükselmeye devam ederdi. Bu yüzden B ve C noktalarında sadece mg etki eder” ifadeleri yer almaktadır (Tablo 19, s. 86). Ayrıca, son test ve mülakatlarda öğrencilerin çoğunun bir cismin hareket edebilmesi için muhakkak ona eşlik etmesi gereken bir kuvvete ihtiyaç olmadığını kabul ettikleri belirlenmiştir. Bu da öğrencilerin soruları yanıtlarken çalışma yaprakları ile yürütülen derslerde yapılan tartışmalardaki fikirlerden yararlandıklarını, bunları benimsediklerini, kavramlarla ilgili fikirlerini belirtirken daha kararlı ve kendilerinden emin olduklarını göstermektedir.

Örnekler hakkında mülakatların 13 öğrenci ile yürütüldüğü hatırlanırsa, ön mülakatta birinci soru kartına verilen yanıtlardan bu öğrencilerin 8’inin yayın serbest kaldığı anda kitaba uyguladığı kuvvetin hareket süresince kitaba etki etmeye devam ettiğini (Tablo 36, s. 102), ikinci soru kartında ise 10 öğrencinin topu harekete geçiren kuvvetin hareket süresince etki etmeye devam ettiğini düşündükleri belirlenmiştir (Tablo 37, s. 106). Son mülakatta yalnızca bir öğrencinin hala bu şekilde düşündüğü belirlenmiştir. Bu durum, bu öğrencinin derslerde etkinlik ve tartışmalara katılmada isteksiz olmasından kaynaklanabilir. Dikkat çekici olan bir unsur, öğrencilerin tümünün ön mülakatta birinci soruda kitabın hareketini açıklarken, ona etki eden kuvvetlerden bahsetmeleri, son mülakatta ise hiçbir öğrencinin kuvvetlerden söz etmemesi ve kitabın hareketini açıklarken sadece enerji kavramını kullanmalarıdır. Bu durumun ortaya çıkmasında “Hareketi Başlatan Kuvvet” ve “Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi” konulu çalışma yapraklarındaki etkinlik ve tartışmaların etkili olduğu söylenebilir. Örneğin; “Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi” konulu çalışma yaprağının değerlendirme aşamasında yer alan kavram karikatüründe; hareket halindeki bir kaykaya etki eden kuvvetler ile ilgili düşünceleri sorulduğunda öğrencilerin kaykayın hareketine devam etmesi için bir kuvvetin gerekli olmadığı ve enerjiye sahip olduğu için hareketini sürdürdüğünü tartışmalar sonucu ifade etmişlerdir. Bu çalışma yaprağında keşfedici laboratuvar modelinin deney tasarlama ve yürütme aşamasının etkili yapılamadığı yukarıda tartışılmıştı. Bu nedenle, öğrencilerin nesnelere hareketini açıklarken enerji kavramını kullanmaları ve hareket yönünde etki eden bir kuvvetten söz etmemelerinde “Hareketi Başlatan Kuvvet” konulu çalışma yaprağının daha çok etkili olduğu söylenebilir. Bu çalışma yaprağının etkinlik aşamasında, kağıttan yapılmış bir topun havaya fırlatılması ile ilgili iki durum üzerine arka arkaya öğretmen ve öğrenciler arasında soru-cevap şeklinde bir tartışma yaşanmıştır. Etkinlikler hakkındaki bu tartışmanın öğrencilerin mevcut fikirleri ile yaşadıkları zihinsel dengesizliğin giderilmesinde etkili olduğu söylenebilir. Son testte bazı öğrencilerin

“Havaya fırlatılan cisme hareketi yönünde bir kuvvet etki etmek zorundadır. Yoksa cismin havada hareketi asla mümkün değildir” şeklindeki fikirlerinde bir değişme olmadığı görülmüştür. Bu durum, bazı kavram yanlışlarının öğretimden sonra bile değişmeden kaldığının bir göstergesi olabilir (Bodner, 1990; White ve Gunstone, 1992; Dekkers ve Thijs, 1998). Palmer ve Flanagan (1997) öğrencilerin hareketi sürdürmek için bir kuvvetin gerekli olduğu fikrinin değiştirilmeye karşı oldukça dirençli olduğu sonucuna varmıştır. Clement (1982) bir grup üniversite öğrencisinin %75’inin bir dönem süren mekanik derslerinden sonra hala hareket yönünde kuvvet fikrini değiştirmedikleri ortaya çıkarmıştır. Özellikle bu kavramı değiştirmek için yürütülen derslerde bile sınırlı bir başarının elde edilebildiğini belirten Thijs (1992), 5 haftalık öğretimden sonra lise öğrencilerinde sadece %10’luk bir gelişme kaydedebildiğini ifade etmiştir. Benzer şekilde, Gunstone vd. (1981) öğrencilerin kuvvet ve hareket ile ilgili kavram yanlışlarını gidermek amacıyla yürütülen 8 haftalık bir kurstan sonra çoğu öğrencinin Aristotle’ye ait görüşleri terk etmediğini bulmuştur. Donaldson (2004) ise, yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı etkinliklerin uzun süreli uygulanması sonucu ancak bu yanlışın giderilebileceğini belirtmiştir.

Testin 3. sorusundan elde edilen önemli bir diğer bulgu, öğrencilerin ön ve son testte *“Yükseklik arttıkça uygulanan kuvvetin artması gerekir”* şeklinde yaptıkları açıklamalardır (Tablo 18). Öğrenciler niçin bu şekilde düşündüklerine ayrıntılı bir açıklama getirmezken, bir nesneyi yükseltmek için harcanan gücü karşılamak için uygulanan kuvvetin de artırılması gerektiğini düşünüyor olabilirler. Tam tersi bir bulguya ikinci soru kartı ile ilgili yapılan ön mülakatta rastlanmıştır (Tablo 37). Bazı öğrencilerin havaya fırlatılan topa etki eden fırlatma kuvvetinin yükseklik arttıkça azaldığı ve tam tepe noktasında sıfır olduğu fikrine sahip oldukları belirlenmiştir. Bazı öğrenciler fırlatma kuvvetinin düşey bileşenin azaldığını ancak, yatay bileşenin değişmeyerek sabit kaldığını ifade etmiştir. Öğrencilerin bu şekilde düşünmeleri onların Aristotle gibi hız ile kuvvet arasında doğru orantılı bir ilişki kurduklarını göstermektedir. Çok sayıda fizik öğretmen adayı da yükselen topa eşlik eden kuvvetin yükseklik arttıkça azaldığını düşünmektedir (Trumper ve Gorsky, 1996). Clement’e (1982) göre, öğrenciler nesnenin hızındaki değişimi dikkate alarak nesneye etki ettiğini düşündükleri kuvvetin arttığını ya da azaldığını düşünebilirler. Benzer şekilde yine ön mülakatta bazı öğrenciler masada hareket eden kitabın sürtünme olmamasına rağmen hızının azalacağını, dolayısıyla kitaba etki eden kuvvetin de azalacağını düşünmektedirler. Bunun bir nedeni, öğrencilerin nesneye etki eden kuvvetin hız için harcandığını düşünmeleri olabilir.

Birinci soru kartı ile yürütülen ön mülakatta öğrencilerin büyük çoğunluğunun soru ile ilgili düşünmeye başlar başlamaz hareket halindeki kitap resminin önüne bir ok çizdiği gözlenmiştir (s. 103–104). Bu öğrenciler yay serbest kaldığında enerjisini önündeki kitaba aktardığını söylüyorlar. Ancak, bu enerjiyi kitabın hareketini sağlayabilmesi için hareket yönünde etki eden bir vektör olarak gösteriyorlar ve vektörel bir büyüklük olan kuvvet kavramı ile ifade ediyorlar. Daha sonra kitabın enerjisi vardır ve bu yönde bir kuvvet olarak etki eder diyorlar. Örneğin, bir öğrenci, yaydaki potansiyelin kitaba geçtiğini ve bunun bir itici etken olarak kitaba etki ettiğini ve hareketin bu şekilde sürdürülebildiğini düşünmektedir. Buradan öğrencilerin, kuvveti cisimlerin içinde saklanan ve hareket olduğunda ortaya çıkan bir etmen olarak düşündükleri anlaşılabilir. Başka bir öğrenciye ön mülakatta kitaba hareket yönünde çizdiği okun adı sorulduğunda alınan yanıt *“Yay ilk başta sıkıştırılmış ve belli bir enerjiye sahiptir. Bu enerjiden kaynaklanan bir kuvvet vardır. Bu kuvvetle cismi itiyor. Bu vektörle yayın enerjisinden gelen bu dik kuvveti gösterebiliriz”* şeklindedir. Mülakatlarda buna benzer diğer yanıtlarda da, kitabın hareketini devam ettirebilmesi için ona eşlik ettiğini söyledikleri kuvveti öğrencilerin zaman zaman enerji diye adlandırdıkları ve genellikle enerjiye benzer şekilde tanımladıkları anlaşılmıştır. Son mülakatta bazı öğrencilerin hala kitabın hareketini yayın enerjisinden gelen bir kuvvetle sağladığını düşündükleri görülmüştür. Birbirini takip eden sorular bu öğrencileri, kitabı hareket ettirenin yayın ona aktardığı enerji olduğunu düşünmeye götürmüştür. Öğrenciler, yayın kitaba bir enerji aktardığını biliyorlar ancak enerjinin hareket ettirici olabileceğini kavrayamıyorlar. Bu düşüncenin altında yatan nedenin, öğrencilerin enerji ile kuvvet kavramını birbirine karıştırmaları ve birbirine eşdeğer değişkenler olarak görmeleri olabilir. Testin 3. sorusuna verilen yanıtlarda da benzer bir sonuca rastlanmıştır. Ayrıca, testin ilk sorusunda öğrencilerin kuvvete eşdeğer ifadeler arasında enerjiyi de düşünmeleri bunu destekler niteliktedir. Testin diğer sorularında da öğrencilerin hareket halindeki nesnelere bir kuvvetin eşlik ettiğini düşünmelerinde aşağıda özetlenen fikirlere sahip olmalarının neden olduğu düşünülebilir:

- a) Hareket ettirici tek güç olarak kuvveti düşünmeleri
- b) Hareketi devam ettiren etmenin hareket yönünde bir vektör olarak gösterildiğini düşünmeleri
- c) Enerjinin hareket ettirici ya da hareketi devam ettirici etkisini bilmemeleri

Testin 6. sorusu için ön testte DSDN anlama seviyesinde hiç yanıt olmadığı, ancak son testte öğrencilerin %32'sinin bu kategoride yanıtlar verdiği belirlenmiştir (Tablo 21, s.

88). 6. soru için öğrencilerin ön ve son testte YSKYİN kategorisinde verdikleri yanıtların oranında %61'den %37'ye kadar bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu soru ile belirlenen en önemli yanlış, *yere çarptıktan sonra yükselen topa yerin tepki kuvvetinin etki etmeye devam ettiği* şeklindedir. Ön mülakatta ise görüşme yapılan 13 öğrenciden 9'unun *yere değmediği halde havada yükselen nesneye yerin tepki kuvvetinin etki ettiğini* düşündükleri belirlenmiştir (Tablo 37, s. 106). Benzer yanlışta lise ve üniversite birinci ve hatta mezun olmak üzere olan öğretmen adaylarının da sahip oldukları tespit edilmiştir (Kurt ve Akdeniz, 2004a). Ön mülakatta öğrencilere niçin bu şekilde düşündükleri sorulduğunda yaptıkları açıklama *“Topun yerden yukarı doğru yükselebilmesi için muhakkak bir kuvvetin etki etmesi gerekir, bu da yerin uyguladığı tepki kuvvetidir. Bu kuvvet olmazsa top hareket edemez ve durur”* şeklindedir. Öğrencilerin hareketin devamlılığı için bir kuvvetin şart olduğunu düşündükleri anlaşılmaktadır. Aristotle de gözlemlerinden yola çıkarak doğada gerçekleşen tüm hareketler için bir kuvvetin gerekli olduğunu ve kuvvet kalkınca hareket halindeki bütün nesnelerin durgun hale geleceğini savunmuştur. Aristotle bir at, at arabasını çekmeyi bırakınca arabanın durduğunu gözleyerek kuvvet olmayınca hareketin de olmayacağını düşünmüştür (Boeha, 1990; Stinner, 1994). Aristotle'nin bu düşünceleri ile öğrencilerin fikirlerin oldukça uyduğu görülmektedir. Ancak, son mülakatta hiçbir öğrencinin yukarıda sözü edilen yanlışta sahip olmadığı tespit edilmiştir. “Serbest Cisim Diyagramı Çizme” konulu çalışma yaprağında öğrencilere farklı konumlardaki cisimlere etki eden tüm kuvvetleri serbest cisim diyagramında göstermelerinin istenmesi, onların cisme etki eden tepki kuvvetini uygulayan yerin veya diğer düzlemlerin cisimle temas halinde olduğunu fark etmelerini sağlamış olabilir. Ancak, çalışma yaprağında öğrencilerin temas olmaksızın yerin tepki kuvvetinin cisme etki etmeyeceğini vurulamaya yönelik bir yönerge kullanılmamıştır. Bu durumda, çalışma yapraklarındaki etkinlikler süresince öğrencilerin gözlemlerini çok iyi yorumlamaları ve olaylar arasındaki ilişkileri fark etmeleri yanlışların giderilmesi açısından oldukça etkili olduğu anlaşılmaktadır. Öğrencilerin bu tür zihinsel faaliyetleri gerçekleştirmelerinde çalışma yapraklarındaki günlük hayattan örneklere ve kavram karikatürlerine dayalı tartışmaların etkili olduğu söylenebilir.

Testin 4. sorusunda öğrencilerin ön testte %40'nın, son testte %29'unun *“Yukarı doğru havaya fırlatılan top tam tepe noktasına geldiğinde topa hiçbir kuvvet etki etmez”* şeklinde yanlışta sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 19, s. 86). Jimoyiannis ve Komis (2003) de benzer şekilde az sayıdaki lise öğrencisinin bu yanlışta sahip olduğunu

göstermiştir. Öğrenciler bu şekilde düşüncelerinin nedenini *“Tam tepe noktasına ulaşan topun anlık hızı sıfırdır, dolayısıyla orada hiçbir kuvvet yoktur”* şeklinde açıklamışlardır. Bu düşüncenin altında, yine öğrencilerin hız ile kuvveti ilişkilendirmelerinin olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, ön ve son testte öğrencilerin yaklaşık %20’sinin *“Tepe noktasındayken top daha fazla yükselemediği için etki eden tek kuvvet yerçekimi kuvvetidir”* şeklinde yaptıkları açıklama onların hareketin ancak ve ancak net kuvvetin etki ettiği yönde olabileceği fikrini destekler niteliktedir. Tepe noktasında topa etki eden net kuvvetin sıfır olduğu fikrine testin 7. sorusuna verilen yanıtlarda da rastlanmıştır (Tablo 22, s. 89). Sadece ön testte bu yanılgıya sahip olduğu belirlenen az sayıdaki öğrencinin fikirlerini *“Top çıkabileceği en üst noktaya çıktığından hiçbir kuvvet yoktur”* şeklinde açıklamışlardır. Bu soruda top yere çarptıktan sonra tepe noktasına çıktığından öğrencilerin ön testte %11’inin, son testte %17’sinin burada *“Yerçekimi kuvveti ve yerin tepki kuvveti birbirini dengelediği için net kuvvet sıfır olur”* yanılgısına sahip oldukları belirlenmiştir. Burada, tepe noktasına çıkan topa etki eden net kuvvet ile ilgili farklı şekillerde hazırlanan sorulara öğrencilerin farklı yorumlar getirdikleri görülmektedir. Mülakatlarda öğrenciler bu konuda sorulan soruya fazla bir açıklama getirememişlerdir. Ancak, son mülakatta öğrencilerin 8’i topa hareketi süresince sadece yerçekimi kuvvetinin etki ettiğini düşünmektedirler (Tablo 37). Çalışma yapraklarında bu konuya özel bir etkinlik yapılmamıştır. Ancak, çalışma yapraklarında yapılan etkinlikler ve yürütülen tartışmalardan yola çıkarak, öğrencilerin bu duruma kendilerine göre bir yorum getirebildikleri düşünülmektedir.

Öğrencilerin bir kısmının test ve mülakatlarda uygulamadan önce ve sonra hala havada hareket halindeki topa veya tepe noktasına ulaşan topa hiçbir kuvvetin etki etmediğini düşündükleri belirlenmiştir. Buradan, öğrencilerin topun hareketi süresince yerçekimi kuvvetini ihmal ettikleri anlaşılmaktadır. Literatürde bazı öğrencilerin yerçekimini bir kuvvet olarak düşünmedikleri ifade edilmektedir (Halloun ve Hestenes, 1985a). Enderstein ve Spango (1996) %78–94 oranlarında öğrencinin, Jimoyiannis ve Komis (2003) ise çok az öğrencinin yerçekimi kuvvetini önemsemediğini bulmuştur. “Serbest Cisim Diyagramı Çizme” konulu çalışma yaprağında, öğrenciler tavana asılı, masa üzerinde duran, serbest düşme yapan ve eğik düzlemde kayan cisimlere etki eden yerçekimi kuvvetini ve diğer kuvvetleri göstermede oldukça başarılı olmuşlardır. Aynı zamanda sözü edilen bu durumlardaki dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri de göstererek bu kuvvetlerin harekete etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma yaprağında

incelenen durumların çoğunda cisimlere etki eden yerçekimi kuvvetini dengeleyen başka bir kuvvetin de olması öğrencileri cisimlere genellikle etki eden net kuvvetin sıfır olduğu sonucuna götürmüş olabilir. Buradan bazı öğrenciler cisimlerin her zaman dengelenmiş kuvvetlerin etkisinde olduğunu düşünebilirler. Bu durum, bu öğrencilerin hareket halindeki cisimlere hiçbir kuvvetin etki etmediğini düşünmelerine ve yer çekimi kuvvetini ihmal etmelerine neden olmuş olabilir.

Yerçekimini bir kuvvet olarak görmemelerine rağmen öğrencilerin “*Ağır nesnelere daha çabuk düşer*” fikrini savundukları ifade edilmektedir (Halloun ve Hestenes, 1985a). Aristotle de serbest düşmede nesnenin hızının ağırlığı ile doğru orantılı olduğunu savunmuştur (Galili, 2001). Bu araştırmada ise, öğrencilerin literatürden daha farklı olarak “*Hafif nesnelere daha çabuk düşer*” şeklinde bir yanılgıya da sahip oldukları belirlenmiştir. “Serbest Düşmede Kuvvet” konulu çalışma yaprağının değerlendirme aşamasında yer alan Bungee Jumping konulu kavram karikatüründe öğrencilerden kendi düşüncelerini yansıtan karakteri seçmeleri ve daha sonra niçin bu seçimi yaptıklarını açıklamaları istenmiştir. Öğrenciler yanıtlarının nedenini çalışma yaprağına açıklayarak yazmaya çalışırken aralarında tartışmaya başladıkları gözlenmiştir. Bunun üzerine öğretmenin teşvikiyle sınıf tartışmasına dönüşen bu fikir alış-verişi sürecinde, öğrencilerin bir kısmının hafif olan adamın daha çabuk düşeceğini düşündükleri belirlenmiştir (s. 129–130). Bu öğrenciler “*Büyük olana daha fazla sürtünme kuvveti etki edeceğinden küçük olan daha çabuk düşer*” şeklinde fikirlerini açıklamışlardır. Bu tartışma, bazı öğrencilerin serbest düşmede yükseklik ve hız formülleri ile fikirlerini destekleyerek diğer arkadaşlarını karikatürdeki iki kişinin aynı anda yere varacağına ikna etmeye çalışmaları ile sonlanmıştır. Bu araştırmada, mevcut laboratuvar koşullarından dolayı, konu ile ilgili öğrencilere hem gerçek hem de ideal ortamlarda serbest düşme yapan cisimlere etki eden kuvvetleri inceleme imkanı sunulamamıştır. Oysa Cahyadi ve Butler (2004) idealleştirilmiş ve idealleştirilmemiş ortamların aynı anda öğrencilere sunulması ile yapılan öğretim sonucunda, serbest düşmede nesnelere etki eden kuvvetler ile ilgili soruları doğru yanıtlama oranının yükseldiğini tespit etmiştir. Bu araştırmada, etkinlikler ideal olmayan gerçek koşullarda gerçekleştirilmiştir. İdeal ortamlara ise kabullenmeler yoluyla ulaşılabilmektedir.

Testin 10. sorusuna verilen yanıtlardan ön testte öğrencilerin %43’ü, son testte %32’sinin “*Bir cisme etki eden net kuvvet sıfır olduğunda hareket olmaz, cisim hareket halinde ise yavaşlayarak durur*” yanılgısına sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 25, s. 92). Öğrencilerin bu fikirleri ile Aristotle’nin 4. yy’daki “*Kuvvet yoksa hareket ortadan*

kalkar. Hareketin olmadığı yerde kuvvet de yoktur” şeklindeki fikirlerinin benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Boeha (1990) 12. sınıftaki fizik öğrencilerinin de *“Bir nesneye etki eden kuvvet ortadan kalkarsa hareket de sona erer”* şeklinde düşündüklerini tespit etmiştir. Clement (1993) öğrencilerin önemli bir kısmının *“Kuvvet yoksa hareket halindeki nesne yavaşlar”* fikrini benimsediklerini ileri sürmüştür. Öğrencilerin bu açıklamaları, zihinlerinde kuvvet ve hareketi birbirinin nedeni veya sonucu şeklinde düşünerek olayları buna göre yorumlamalarından kaynaklanabilir. “Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket” konulu çalışma yaprağının girişindeki karikatürle ilgili yürütülen tartışmada öğrencilerin *“Eğer net kuvvet sıfır olursa adam sabit hızla kaymaya devam eder”* fikrini benimsemelerine ve çalışma yaprağındaki deneyi yaptıktan sonra bu sonuca ulaşmalarına rağmen öğrencilerin son testte sadece %10’unda bir iyileşmenin olduğu belirlenmiştir. Bu durum sınıfta konuşan öğrencilerin fikirlerinin konuşmayan öğrencilerin düşüncelerini yansıttığını söylemenin mümkün olmadığını göstermektedir.

Son testte DSDN kategorisinde verilen yanıtlarda öğrencilerin açıklamalarının oldukça açıklayıcı ve bilimsel olduğu belirlenmiştir. Örneğin öğrencilerin *“Newton’un Hareket Kanununa göre bir cisme etki eden net kuvvet sıfır olduğunda cisim duruyorsa durmaya devam eder, hareket halindeyse hızını değiştirmeden yoluna devam eder”, “ $F_{net}=0$ olduğu zaman adam sabit hızla hareket eder. Fakat adama sürekli bir F kuvveti etki etseydi adam ivmeli hareket yapardı”* gibi açıklamalar yaptıkları belirlenmiştir. Bu açıklamalar, öğrencilerin etkinlikler sayesinde bilimsel ifadelerle kavramları daha kararlı bir şekilde doğru açıkladıklarını göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin yürütülen etkinlikler sonucunda zihinlerindeki doğru fikirleri daha çok pekiştirmelerinin yanı sıra etkinliklerin onların fikirleri üzerinde ne kadar çok etkisinin olduğunun bir göstergesi olabilir. Bu tür yanıtları veren öğrencilerin derslerde aktif olarak fikirlerini açıklayan ve tartışmalara katılan kişiler olması, kavramlar hakkında tartışmanın kişiye zihnindeki fikirleri sorgulama, doğru olanı araştırma ve öğrenmeye istekli olma gibi özellikleri kazandırmasından kaynaklanabilir.

Testin 9. sorusu ile ön ve son testte az sayıdaki öğrencinin durgun haldeki bir cisme sürtünme kuvvetinin etki ettiğini düşündüğü belirlenmiştir (Tablo 24, s. 91). Kurt ve Akdeniz (2004a) Fen Bilgisi öğretmen adayları ile yürüttükleri bir araştırmada benzer bir bulgu elde etmişlerdir. Buna karşın cisme yüzeye paralel olarak bir kuvvet etki etmiyorsa, sürtünme kuvvetinin sıfır olduğu belirtilmektedir (Şahan vd., 1999). Bu araştırmada,

öğrencilerin sürtünme ile sürtünme kuvvetini aynı kavramlar olarak düşündükleri ve kuvvetin vektörel bir büyüklük olduğuna dikkat etmedikleri anlaşılmaktadır.

Testin 11. sorusuna verilen yanıtlardan ön testte öğrencilerin %41'nin ayda yerçekimi olmadığı için nesneye hiçbir kuvvetin etki etmeyeceğini düşündükleri tespit edilmiştir (Tablo 26, s. 93). Öğrencilerin yalnızca %11'i ön testte serbest bırakılan nesnenin yerçekimi olmadığı için yukarı doğru hareket edeceğini belirtmiştir. Son testte ise çok az öğrencinin (%8) bu fikri hala benimsediği görülmüştür. Öğrencilerin ayda serbest bırakılan bir nesnenin yukarı doğru hareket edeceğini düşünmelerinin bir nedeni, televizyonda gösterilen uzay araçlarındaki astronotların havada kalmaları ve bırakılan nesnelerin uzay aracının tabanında değil de havada asılı kaldıklarını görmeleri olabilir. Watts ve Zylbersztajn (1981) öğrencilerin hemen hemen %80'ninin ayda atmosfer olmadığı için serbest bırakılan nesneye hiçbir kuvvetin etkimeyeceğini ve bu nedenle nesnenin ya havada asılı kalacağını ya da yukarı doğru yükseleceğini düşündüklerini belirlemiştir. Son testte bu soruya öğrencilerin %75'i, cismin aşağıya doğru düşeceğini, ancak Dünyada olduğundan daha yavaş olacağını ifade etmişlerdir. Öğrencilerin bu açıklamalarında "Aydaki Kuvvet" konulu çalışma yaprağında yapılan tartışmaların etkili olduğu düşünülebilir (s. 126–127). Bu çalışma yaprağı ile ilgili yürütülen tartışmalarda, bir öğrenci "Ay'da bir çekim olmadığı için su kaptı duramaz, dağılıp gider. Bu nedenle bu soruya cevap veremeyiz" demiştir. Bunun üzerine yapılan tartışmada, bazı öğrenciler Ay'da Dünya'dakinin altıda biri kadar çekim olduğu için bu taşın daha az bir kuvvet etki edeceğini ve daha yavaş batacağını belirtmişlerdir. Bu öğrencilerin bilimsel açıklamalarla fikirlerini desteklemeleri diğer öğrencilerin de daha kolay ikna olmalarını ve bu doğru açıklamayı benimsemelerini sağlamıştır. Bu durum, öğrencilerin hemen çalışma yaprağına yazmaya başlamalarından anlaşılmıştır. Son testte 11. soruya ayda kuvvet olmadığını düşünen iki öğrenci "Ayda yerçekimi kuvveti olmadığı için araştırmacı anahtarı kuvvet uygulamadan bırakırsa anahtar hareketsiz kalır. Ama araştırmacı belli bir kuvvet uygulayarak bırakırsa anahtar o kuvvet yönünde hareket eder" şeklinde bir açıklama yapmıştır. Bu durum, dış kuvvetlerden arınmış ortamlar olarak nitelendirilen uzay boşluğunda öğrencilerin uygulanan bir kuvvete karşılık hiçbir sürtünme kuvvetinin etki etmeyeceğini ve bu nedenle cisimlerin sonsuza kadar hareketlerine devam edeceklerini düşünmelerinden kaynaklanabilir.

Aristotle doğadaki bir dizi olayı gözleyerek elde ettiği sonuçlardan, nesnelere serbest düşmeye bırakıldığında hava ve su gibi ortamlarda hareket ettiklerini gözleyerek boşlukta

hareketin imkansız olduğu fikrini savunmuştur (Stinner, 1994; Lombardi, 1999). “Serbest Düşmede Kuvvet” konulu çalışma yaprağının girişindeki kavram karikatürü ile yapılan tartışmalarda öğrencilerin hiçbiri havasız ortamda yerçekimi kuvvetinin olmayacağını düşünmedikleri belirlenmiştir. Hatta bir öğrenci “*Hava olmasa bile yerçekimi vardır. Değişen tek şey havadan kaynaklanan sürtünmedir. Bu nedenle bir tüy ile taş aynı anda yere düşer*” şeklinde boşlukta da hareketin mümkün olduğunu ifade etmiştir. Son testte elde edilen veriler, bu çalışma yaprağının girişinde yer alan kavram karikatüründeki fikirler üzerine yürütülen tartışmaların “*Boşlukta cisimlere etki eden yerçekimi kuvveti sıfırdır*” yanlışlığını gidermede etkili olduğunu göstermektedir.

4.1.2. Newton’un III. Kanununa Yönelik Ön-Son Testten ve Mülakattan Elde Edilen Bulguların Tartışılması

Bu kısımda, öğretmen adaylarının Newton’un III. Hareket Kanunu ile ilgili NHK-KAT’nin son 9 sorusuna ve mülakatın 3., 4. ve 5. sorularına uygulamadan önce ve sonra verdikleri yanıtlar ve bunlar üzerinde çalışma yapraklarının etkileri gözlemlerden elde edilen bulgularla desteklenerek irdelenmiştir.

Testin 12. sorusuna verilen yanıtlar ön testte öğrencilerin %61’inin, son testte %92’sinin duvarın hareket etmemesinin ona bir kuvvet uygulanmadığı anlamına gelmediğini düşündüklerini göstermektedir (Tablo 27, s. 93). Bu öğrenciler ayrıca, duvarın da adama bir tepki kuvveti uygulayacağını ifade etmişlerdir. Bu soruya ön ve son testte kavram yanlışlığı içeren yanıt veren öğrenci yoktur. Başka bir araştırmada 16–17 yaşındaki öğrencilerin %69’unun “*Duvara adamın uyguladığı kuvvet, adamın duvara uyguladığı kuvvete eşittir*”, %18’inin duvarın hiçbir kuvvet uygulamadığını, %10’nu duvarın daha büyük bir kuvvet uyguladığını düşündükleri belirlenmiştir (Montanero vd., 1995).

Etki-tepki kuvvetleri arasındaki ilişkinin hareket ile nasıl bir bağlantısı olduğunu ön testte öğrencilerin %24’ü, son testte %13’ü 15. soruya verdikleri yanıtlarda “*Etkileşen nesnelere biri diğerini hareket ettiriyorsa uyguladığı etki kuvveti karşısındaki tepki kuvvetinden büyüktür*” şeklinde açıklamışlardır (Tablo 30, s. 95–96). Bununla birlikte, Gunstone ve Mitchell (1998) öğrencilerin “*Bir nesne diğerini ittiğinde hareket ettiremiyorsa ona bir kuvvet uygulamaz*” yanlışlığına sahip olduklarını belirtmiştir. Benzer yanlışlık “Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet” konulu çalışma yaprağının girişindeki karikatürle ilgili yürütülen tartışmada da ortaya çıkmıştır (s. 140). Bu karikatürde, biri

birine dayanmış iki kişi ve bu olayı izleyen üç kişinin olayla ilgili açıklamaları yer almaktadır. Bu üç kişinin farklı ifadelerinden ikisinde kavram yanılgısı içeren fikirler, diğerinde ise bilimsel olarak doğru kabul edilen bir fikir yer almaktadır. Öğrenciler bu fikirler arasından tercih yaptıklarında “*Ahmet daha güçlü olduğu için daha büyük bir kuvvet uygular, dolayısıyla Ayşe’yi hareket ettirir*” şeklinde yanılgılarının olduğu belirlenmiştir. Aristotle’nin “*Hareket bir kuvvet gerektirir*” fikrini benimsedikleri anlaşılan bu öğrencilerin, etki-tepki kuvvetlerini iç kuvvetler olarak düşünemedikleri görülmektedir. Oysa iç kuvvetlerin hareket ettirici özellikleri yoktur (Serway, 1995). 16. yy. ortalarına kadar bazı bilim adamları etki-tepki kuvvetleri arasındaki ilişkinin asimetrik olduğunu düşünürken, 17. yy ortalarına kadar ise bilim adamlarının hala etki-tepki kuvvetlerinin her zaman mutlaka eşit olması gerektiğini düşünmedikleri ifade edilmektedir (Gauld, 1998). Günümüz öğrencilerin düşünceleri ile tarihteki bilim adamlarının fikirleri arasında benzerlikler olduğu söylenebilir.

Ön ve son testte 14., 15. ve 17. sorulara verilen yanıtlar birçok öğrencinin hareket eden sistemlerde etki-tepki kuvvetlerinin eşit olmayacağı fikrine sahip olduklarını göstermektedir. “Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet” konulu çalışma yaprağının girişindeki kavram karikatürü ile ilgili yürütülen tartışmalarda birçok öğrencinin, etkileşen nesnelere ağır olanın ve hangisi diğerini hareket ettirirse onun daha çok kuvvet uyguladığını düşündükleri ortaya çıkmıştır. Bu öğrenciler, hareketin olduğu yönde uygulanan etki kuvvetinin tepki kuvvetinden büyük olduğunu düşünmektedirler. Öğrencilerin bu düşüncelerinin altında yatan bir neden, önceki bölümde tartışıldığı gibi, onların hareket yönünde daima bir kuvvetin etki ettiğini düşünmeleri olabilir. “Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet” konulu çalışma yaprağının sonunda, öğrencilerin yanıt bulamadığı sorulardan biri “*Ahmet Ayşe’yi hareket ettirdiği için birbirlerine uyguladıkları etki-tepki kuvvetleri eşit midir?*” şeklindedir. Bir sonraki derste uygulanan “Etki-Tepki Kuvvetleri” konulu çalışma yaprağında yapılan dinamometre etkinliklerinden sonra öğrenciler “*Etkileşen nesnelere hareket etseler bile birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir*” sonucuna varmışlardır. Ancak, son testte verilen yanıtlar öğrencilerin tartışmalar sırasında ikna olmuş gibi görünseler de soruları yanıtlarken önceki fikirlerine dönüş yaptıklarını göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin çekerken uygulanan etki-tepki kuvvetleri ile iterken uygulanan etki-tepki kuvvetleri arasında ilişki kuramamalarından kaynaklanabilir.

Ön ve son testte 14. soruya verilen yanıtlarda etkileşen nesnelere birbirlerine kuvvet uyguladıkları halde hareketsiz kalabildikleri için bu kuvvetlerin eşit olduğunu düşünen öğrencilerin oranı %34'tür (Tablo 29). Ön mülakatta da bazı öğrencilerin *“Etki-tepki kuvvetlerinin eşit olması durumunda etkileşen nesnelere hareket edemezler”* şeklinde düşündükleri belirlenmiştir. Bu sonucun *“Kuvvet yoksa hareket yoktur”* yanıtının bir yansıması olduğu, *“Etkileşen Nesnelere Arasındaki Kuvvet”* konulu çalışma yaprağının uygulanması sırasında öğrencilerin *“Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşit ve zıt yönlü olduğu için net kuvvet sıfırdır”* şeklindeki ifadelerinden anlaşılmaktadır. Osborne ve Freeman (1989) ise bu tür fikirlerin kaynağının öğrencilerin etki-tepki kuvvetlerinin aynı nesnelere etki ettiğini ve dolayısıyla bu kuvvetlerin birbirlerini yok edeceklerini düşünmeleri olduğunu ifade etmektedir.

Testin 14. ve 15. sorularına yanıt verirken etki-tepki kuvvetlerini hareket durumu ile ilişkilendiren öğrencilerin 16. soruda daha çok nesnelere ait özellikleri ile bu kuvvetleri ilişkilendirmiştir. Bunun nedeni, öğrencilerin etkileşen nesnelere sahip oldukları diğer bütün özelliklerinin birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri etkilediğini düşünmeleri olabilir. 16. soruya bazı öğrencilerin ön ve son testte, *“B daha büyük bir kuvvet uygular. A'nın ağırlığı daha fazla olduğu için B'nin uyguladığı tepki kuvveti daha fazladır”* şeklinde verdikleri bu yanıt onların etki-tepki kuvvetlerinin birbirlerini dengelemesi gerektiğini düşünmeleri olabilir. Literatürde öğrencilerin sahip oldukları önemli yanılgılardan birinin *“Etkileşim halindeki nesnelere daha ağır olan daha fazla kuvvet uygular”* şeklinde olduğu belirtilmesine (Maloney, 1984) karşın bu araştırmada çok az öğrencinin bu yanılgıya sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Literatürün aksine bu çalışmanın örneğini oluşturan öğrenciler ağır nesnenin değil de diğerinin daha çok kuvvet uyguladığını düşünmektedirler. *“Etki-Tepki Kuvvetleri”* konulu çalışma yaprağı ile yürütülen etkinlik ve tartışmalarla (s. 144-145) öğrencilerin bu fikirlerinin değiştiği 14. soruya son testte verdikleri *“Dinamometreleri farklı kilolarda iki kişi çektiğinde dinamometrelerin gösterdiği değerler aynıdır”* şeklindeki yanıtın anlaşılmaktadır. Bu çalışma yaprağının etkinlik aşamasında, etki-tepki kuvvetlerinin nesnelere ait özellikleri ile ilişkili olmadığını öğrencilerin anlaması amacıyla dinamometrelerle bir etkinlik yapılmıştır. Bu etkinlikle ilgili gözlemler sırasında öğrencilerin dinamometrelerin her ikisinin aynı değeri gösterdiklerini görünce şaşırarak ve bir yanlışlık olabileceğini düşündükleri belirlenmiştir. Bunun üzerine deneyi tekrarladıkları gözlenmiştir. Deneyden sonra yapılan sınıf tartışmalarında öğrencilerin nesnelere ait özelliklerinin birbirlerine uyguladıkları etki-

tepki kuvvetlerinin büyüklüklerini etkilemediği fikrini benimsedikleri anlaşılmıştır. Testin 14. sorusuna öğrencilerin yukarıda belirtildiği gibi yaptıkları açıklama, bu çalışma yaprağında konuyla ilgili etkinlikte geçen çekme olayındaki etki-tepki kuvvetleri ile iterken kişilerin birbirlerine uyguladıkları etki-tepki kuvvetleri arasında ilişki kurabildiklerini göstermektedir. Bu da öğrencilerin öğrendiklerini farklı bir olayla karşılaştıklarında ilişki kurup yeniden yorumlayabildiğini göstermektedir.

Testin 17. sorusuna verilen yanıtlarda öğrencilerin ön testte %32'si, son testte %29'unun çarpışmadan sonra hareketli olan cisim duran cismi harekete geçirebiliyorsa hareketli olan cismin daha çok kuvvet uyguladığını düşündükleri ortaya çıkmıştır (Tablo 32, s. 97). Buna paralel olarak 5. soru kartı ile ilgili yapılan görüşmede bazı öğrencilerin itme kuvveti uygulanan nesnenin hareket edip etmemesini tepki kuvvetinin etki kuvvetinden büyük veya küçük olması ile ilişkilendirdikleri belirlenmiştir (Tablo 40, s. 120). Bir öğrencinin görüşme sırasında "B'nin uyguladığı tepki kuvveti eşit de olur fazla da. B'deki hareket etmezse fazla olmaz. F_A , F_B 'ye eşitse hareket olmaz. Ama F_A büyükse B hareket eder" şeklindeki ifadeleri; öğrencilerin etki-tepki kuvvetlerinin aynı nesneye etki ettiğini düşünerek bileşke kuvvetin durumuna göre etkileşen nesnelerin durumlarını yorumladıkları anlaşılmaktadır.

Mülakatın 5. soru kartı ile ilgili yürütülen ön mülakatta öğrencilerin bir kısmı etki-tepki kanununa göre kuvvetlerin eşit olduğunu söyleseler de kütleler farklı olduğunda nesnelerin hareketleri konusunda yorum yapamadıkları görülmüştür. Son mülakatta öğrencilerin çoğunun Newton'un II. kanununu etkili bir şekilde uyguladıkları bir öğrencinin "*Kuvvetler aynı, kütleler farklı olursa $F=ma$ 'dan ivmeler farklı olur. O zaman birim zamandaki yer değiştirme farklı olur. İvmesi büyük olan daha çok yer değiştirir*" şeklindeki açıklamasında da anlaşılmaktadır. Bunun nedenlerinden biri "Etki-Tepki Kuvvetleri" konulu çalışma yaprağının giriş aşamasında, öğretmenin sunduğu uzaydaki astronot-uydu örneğinin etkili olduğu düşünülebilir. Bu örnekte, öğrencilerin dış kuvvetlerden arınmış bir ortam olan uzayda bir astronot kütlesi kendinden büyük olan bir uyduyu itmektir. Bunun üzerine, etki-tepki kuvvetleri eşit olduğuna göre etkileşen nesnelerin ivmelerinin nasıl olacağı konusunda tartışmalar yapılmıştır. Bu tartışmalar sonucu, öğrencilerin Newton'un III. kanunu ile II. kanununu daha kolay ilişkilendirebildikleri belirlenmiştir. Ayrıca, öğrencilerin örneklerle ilgili yapılan tartışmalarda neden-sonuç ilişkisini kurmada daha başarılı oldukları anlaşılmaktadır. Mülakatta birkaç öğrencinin kendi fikirlerine göre itilenin daha fazla geri gitmesi

gerektiğini ancak, Newton'a göre etki-tepki kuvvetleri eşit olduğuna göre, eşit miktarda yer değiştirmeleri gerektiğini söylemeleri, onların Newton'un bilimsel açıklamalarına yeterince inanmadıklarının bir göstergesidir. Diğer bir neden, Sadanand ve Kess'in (1990) de belirttiği gibi, öğrencilerin tepki kuvvetlerini, etki kuvvetlerinden daha az gerçek bulmaları olabilir.

Testin 17. sorusuna öğrencilerin son testte verdikleri yanıtlar öğrencilerin Newton'un üçüncü kanunu ile ilgili yürütülen etkinlikler sonucunda, etkileşen nesnelere arasındaki kuvvetlerin nesnelere hareket durumlarından ve ağırlıklarından etkilenmediğini kavradıklarını göstermektedir. Bir öğrencinin "*A'nın bir hızı olduğu için momentumu vardır ve çarpışmadan sonra ikisinin momentumları toplamı ilk momentuma eşit olur*" şeklindeki açıklaması bizi Osborne ve Freeman'ın (1989) da belirttiği gibi momentumun korunabilmesi için sisteme dışarıdan herhangi bir kuvvetin etki etmemesi ve etki-tepki kuvvetlerinin birbirine eşit olması gerektiği fikrine götürmektedir.

Testin 18. sorusuna verilen yanıtlardan ön testte öğrencilerin %70'inin hızı büyük olanın çarpışma sırasında daha büyük bir kuvvet uygulayacağını düşündükleri belirlenmiştir (Tablo 33, s. 98). Yürütülen diğer araştırmalarda da birçok kişinin daha ağır veya daha hızlı olanın kafa kafaya çarpışmalarda daha küçük olana daha fazla kuvvet uygulayacağını düşündüklerini göstermiştir (Brown, 1989; Maloney, 1984; Montanero vd., 1995). Bunun nedeni, çoğu insanın hareket eden nesnenin diğer nesnelere uyguladığı kuvveti $kütle \times hız$ işleminin ürünü ile birleştirmesidir ki bu değerleri yüksek olan daha büyük kuvvet uygular (Gauld, 1998). Son testte DSDN kategorisindeki hemen hemen tüm yanıtlarda etki-tepki kanunu açıklamalarda yer alırken öğrencilerin birçoğu çarpışma anında nesnelere hızlarının farklı olmasının birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri değiştirmeyeceğini ancak, ilk momentumlarının farklı olduğunu belirtmişlerdir. Buradan, öğrencilerin çarpışmaları momentumla daha rahat ilişkilendirebildikleri ancak, Newton'un II. ve III. kanununu çarpışmalara uygulamada güçlük çektikleri anlaşılmaktadır.

Testin 12., 13., 14. ve 16. soruları statik durumlarla ilgili, 15., 17. ve 18. soruları ise dinamik durumlarla ilgili olayları içermektedir. Yukarıda da tartışıldığı üzere, öğretmen adaylarının statik durumlarla ilgili sorulara Newton'un III. kanununu daha etkili bir şekilde kullandıkları ve daha az kavram yanılgısı taşıdıkları anlaşılmaktadır. Bunun nedeni, öğretmen adaylarının kuvvet ve hareket arasında kurdukları doğru orantılı ilişkinin etkileşen nesnelere arasındaki kuvvetleri de etkilemesi olabilir. Böylece öğrenciler dinamik durumlarla ilgili olaylardaki etki-tepki kuvvetlerini düşünürken hareket yönüne ve hıza

göre zihinlerinde Newton'un III. kanunu ile uyuşmayan farklı yapılar geliştirmekte ve soruları ona göre yorumlamaktadırlar. Buradan Newton'un III. kanunu ile ilgili yanılgıların kaynağındaki nedenlerden birinin, öğrencilerin Newton'un diğer kanunları ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgıları olduğu söylenebilir.

Testin 19. sorusuna verilen yanıtlarda ön testte öğrencilerin %27'si, son testte %16'sı aralarında ip olan blokların birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olmadığını düşünmektedirler (Tablo 34, s. 98). Bunun bir nedeni, öğrencilerin bloklar arasındaki kuvvetlerin bir ip üzerinde toplandığını hayal edememeleri olabilir. Watts ve Zylbersztajn (1981) 14 yaşındaki öğrencilerin %82'sinin ip savaşında kazanan tarafın ipe daha fazla kuvvet uyguladığını düşüncelerinin nedenini de bu şekilde açıklamaktadır. Yine öğrencilerin bir kısmının ön ve son testte bloklar arasında ip olduğu için birbirlerine kuvvet uygulamadıklarını düşündükleri belirlenmiştir. "Etki-Tepki Kuvvetleri" isimli çalışma yapılarındaki etkinlikte dinamometreler arasına ip bağlanarak, dinamometrelere etki eden kuvvetler gözlemlendi bu yanılgı giderilebilirdi.

Testin 20. sorusuna ön ve son testte öğrencilerin yaklaşık %60'ı zeminde kayan bloğa kuvveti ip tarafından uyguladığını düşünmektedirler. Bu durumda, öğrencilerin büyük çoğunluğunun ön ve son testte zemin üzerinde kayan bloğa etki eden kuvvetin Ali tarafından uygulandığını düşünmekte güçlük çektikleri anlaşılmaktadır. Her ne kadar ipteki gerilimi oluşturan Ali olsa da, Ivowi (1984) bunu F kuvvetine neden olan uzak bir vasıta olarak nitelendirmektedir. Yürütülen bir araştırmada lise öğrencilerinin yalnızca %5'inin buna benzer bir soruya doğru yanıt verebildikleri belirlenmiştir (Ivowi, 1984).

Testin 17. ve 18. soruları ile mülakatın 3. ve 4. sorularına verilen yanıtlar öğrencilerin Newton'un üçüncü kanununu çarpışmalara uygulamakta oldukça fazla güçlük çektiklerinin bir göstergesi olabilir. Öğrencilerin çarpışmalarda nesnelere birbirlerine uyguladıkları kuvvetleri sahip oldukları hız ve ağırlık özelliklerine göre yorumladıkları tespit edilmiştir. Hareketli olanın durana, daha hızlı olanın yavaş olana, daha ağır olanın hafif olana daha büyük bir kuvvet uygulayacağı fikrinin öğretmen adayları arasında oldukça yaygın olduğu belirlenmiştir (Tablo 32, 33, 38). Her ne kadar uygulamalar sonucunda doğru yanıtlarda önemli bir artış olduğu görülse de, bu öğrencilerin tümünün çarpışmalardaki kuvvetleri anladığı söylenemez. Bunun bir nedeni çarpışmaların laboratuvar ortamlarına taşınamaması ve doğrudan gözlem yapmanın oldukça güç olmasıdır. Bunun yanında Gauld (1998), birçok araştırmanın günümüzdeki öğrencilerin Newton'un etki-tepki kanununa inanmadıklarını gösterdiğini yazmıştır.

Ön ve son mülakatlarda çarpışmalarla ilgili sorulara yer verilse de çalışma yapraklarında konu ile ilgili yeterince etkinlik yapılmamıştır. Bunun bir nedeni çarpışmaların laboratuvar ortamında gerçekleştirebilecek gerekli araç-gerecin bulunmaması ve bu olayları gözlemenin oldukça güç olmasıdır. Ancak yine de, öğrencilerin çalışma yapraklarındaki diğer etkinliklerden elde ettikleri fikirlerden yararlanarak bu sorulara son mülakatta daha doğru yanıtlar verdikleri belirlenmiştir.

Üçüncü soru kartı hakkında yapılan ön görüşmede öğrencilerin büyük bir kısmının ağır olanın daha fazla hasar vereceği fikrine sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 38, s. 112). Bu durum, öğrencilerin etki-tepki kuvvetlerini nesnelere kütleleri ile ilişkilendirmelerinden kaynaklanabilir. Elby (2001) bir laboratuvar uygulaması sonucu öğrencilere park halindeki bir arabaya kamyon çarptığında hangisinin daha fazla kuvvet hissedeceği sorulduğunda, öğrencilerin çoğu çarpışmadan sonra araba daha fazla ters yönde hareket ettiği için daha büyük bir kuvvet hissetmesi gerektiğini yazmışlardır.

Dördüncü soru kartı ile yürütülen ön mülakatta öğrencilerin çoğunun “*Çarpışma anında hızlarından dolayı arabalar sahip oldukları kuvveti birbirlerine uygularlar ve bunun yanında bir de uyguladıkları bu kuvvet kadar kendilerine tepki kuvveti etki eder. Ağaç gibi yerinde sabit olan bir nesneye çarptığında ise sadece kendi uyguladığı kuvvet kadar bir tepki kuvveti görür. Böylece hareketli nesnelere çarptığında iki kat daha fazla hasar görürler*” şeklinde düşündükleri ortaya çıkmıştır (Tablo 39, s. 115). Öğrencilerin nesnelere hızlarından dolayı bir kuvvete sahip olduklarını düşündükleri anlaşılmaktadır. Bu yanlış, onların “Hareket kuvvet demektir” yanlışlığına sahip olmalarından kaynaklanabilir. Katipoğlu ve Gürel (2005) ise yürüttükleri bir araştırmada, 10. sınıf öğrencilerinin %33’ünün “*Durgun cisimler daima az hasar verirler*” fikrine sahip olduklarını tespit etmiştir.

Öğretmen adaylarının, çarpışan nesnelere arasındaki etki-tepki kuvvetleri ile ilgili fikirlerini belirlemeyi amaçlayan bu mülakat sorularını yorumlarken, Newton’un II. kanunundan ve momentum olaylarından da yararlandıkları anlaşılmaktadır. Bunun nedenleri arasında öncelikle öğrencilerin Newton’un III. kanununu kavrayamamaları ve çarpışmalara uygulamada oldukça güçlük çekmeleri, dinamik olaylarına Newton’un II. kanununu ($F=m.a$) uygulamanın daha kolay olduğunu, çarpışmaların daha çok momentumla ilgili olaylar olduğunu düşünmeleri olabilir. İki bilyenin çarpışması ile ilgili test sorusuna bir öğrencinin $F=m.a$ ’ya göre bilyelerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin eşit olduğunu yazması bu duruma bir örnek olarak gösterilebilir.

4.2. Çalışma Yapraklarının Öğrenci Merkezli Öğretime Yansımaları

Bu kısımda, uygulama sürecindeki gözlemlerden ve uygulamadan sonra yürütülen mülakatlardan elde edilen bulgular çalışma yapraklarının öğrenci merkezli öğretime yansımaları yönünden tartışılmıştır.

Mülakattan elde edilen bulgulara göre, derslerde her öğrenciye birer çalışma yaprağının dağıtılmasının öğrencilerin bireysel sorumluluğunu artırdığı belirlenmiştir. Mülakatta bir öğrencinin “...Herkesin birer çalışma yaprağının olması herkesi bir şeyler yazmaya zorluyor, böylece herkes düşündüğünü söyleme ihtiyacı hissediyor. Böyle bir sorumluluk olmasa yazmak gerekmediği için hiç kimse de düşüncelerini söyleme ihtiyacı hissetmez...” şeklindeki ifadelerinden çalışma yapraklarının sorumluluk duygusunu artırıp öğrencileri fikirlerini açıklamaya ve doğruluğunu araştırmaya zorladığı anlaşılmaktadır. Bunun en önemli nedeninin çalışma yapraklarına öğrencilerin yanıtlarını yazmayı gerektirmesi olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma yapraklarının bu özelliği, onların kullanımının yaygınlaşmasının önemli bir nedeni olarak görülmektedir (Sharma vd., 1999). Bununla birlikte, çalışma yapraklarına öğrencilerin bildiklerini veya öğrendiklerini yazmaları istendiğinde yeniden başa dönmeleri, işlemleri tekrar düşünmeleri, bilgileri yeniden düzenlemeleri gibi bir dizi bilişsel faaliyeti yerine getirmeleri gerektiği belirtilmektedir (Mason ve Boscolo, 2000).

Uygulamalar sırasında öğretmenin de içinde olduğu sınıf tartışmalarının öğrencilerin fikirleri üzerinde oldukça fazla etkili olduğu ve öğrencilerle yapılan görüşmelerde oldukça ön plana çıktığı belirlenmiştir. Bir öğrencinin “Herkesten farklı bir düşünce çıkıyor ve ben onlardan faydalanabiliyorum. En sonunda kendi düşüncemi de kullanarak bir şeyler yazabiliyorum. Bazen hiç bilmediğim şeyleri sınıftaki farklı düşüncelerden yararlanarak öğrendim” şeklindeki ifadelerinden de anlaşılacağı üzere bu tartışmaların öğrencileri doğru bilgileri öğrenmelerini kolaylaştırdığı anlaşılmaktadır. Bu durumun, çalışma yapraklarının öğrencileri fikirlerini açıklamaya teşvik etmesinden ve buna uygun ortamları sunabilmesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Kavramlarla ilgili yürütülen bu tartışmaların öğrencileri zorlayan yönünün, ortaya çıkan fikirlerden hangisinin doğru olduğuna karar vermeleri olduğu belirlenmiştir. Bunun bir nedeni öğrencilerin ön bilgilerini hatırlamakta çektikleri güçlük olabilir. Öğrencilerin bu bilgileri hatırlamalarına yürütülen tartışmaların yardımcı olduğunu söylemeleri, çalışma yapraklarının bilgi içermemesine rağmen tartışmaları teşvik ederek öğrencileri bildikleri hakkında konuşmaya ve hatırlamaya

zorlamasından kaynaklanabilir. Bir öğrencinin “...*kafam karıştı. Çok farklı görüşler gelince acaba olabilir mi diye düşündüm. Hem sizin yönlendiren sorularınız, hem de arkadaşların farklı görüşleri beni doğru bilgiye doğru çekti...*” şeklindeki ifadelerinden de anlaşıldığı üzere, öğrenciler bu zihin karmaşasının üstesinden gelirken, öğretmenin yönlendirici sorularından ve grup arkadaşlarından yardım aldıkları anlaşılmaktadır. Bu durum, çalışma yapraklarının öğrencilerin hem bireysel hem de grup çalışması yapmalarına fırsat vermesinin yanı sıra öğretmen rehberliğini de zaman zaman gerekli kılmasından kaynaklanabilir. Her ne kadar yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun hazırlanan çalışma yapraklarının gerekli rehberliği sağladığı (Kurt ve Akdeniz, 2002) savunulsa da, bu onların tamamen araç-gereçlerle yalnız bırakılacakları anlamına gelmediği belirtilmektedir (Proctor vd., 1997).

Mülakatta bazı öğrenciler, bir konuyu farklı yönleriyle düşünme becerisi kazandıklarını ifade etmişlerdir. Bir öğrencinin “...*sürtünmenin olup olmadığı belirtilmemişse biz sürtünme olduğu zaman veya olmadığı zaman cevabın ne olabileceği üzerinde tartışabiliyoruz...*” ifadelerinin bir nedeni, çalışma yapraklarının konu ile ilgili etkinlikleri sınırlamaması ve açık uçlu bırakması olabilir. Başka bir öğrencinin “...*Daha önce niye sorularını hep ertelediğim için oldukça büyük sorular oluştu zihnimde...*” şeklindeki düşüncesi de çalışma yapraklarının öğrencilerin olayları farklı yönleriyle ele alıp, neden-sonuç ilişkisi kurmaya zorlaması özelliğini destekler niteliktedir.

Bu çalışmada, öğrenmenin motivasyon boyutu incelenmemekle birlikte, uygulamalar sırasındaki gözlemler öğrencilerin derse büyük ilgi gösterdiklerini ortaya koymuştur. Bazı öğrencilerin eve gittiklerinde kitaplardan konuyu araştırdıklarını söylemeleri, dersten sonra öğretmenle tartışmaya devam etmeleri bunun bir göstergesi niteliğindedir. Ayrıca, bir öğrenci çalışma yapraklarının dersle hiç ilgisi olmayanların bile merak duygusunu uyandırdığını söylemiştir. Çalışma yaprakları ile yürütülen etkinliklerin hoşuna gittiğini söyleyen bir öğrencinin “*En çok hoşuma giden bütün arkadaşlarımdan kaynaşması, herkesin fikrini söylemesi ve yok öyle değil böyle diyerek tartışması. Sanki bir sempozyumdaymış gibi oldu ortam ve benim çok hoşuma gitti*” şeklindeki ifadelerinden çalışma yapraklarının öğrencileri birlikte çalışmaya ve problemlerin üstesinden gelebilmek için yardımlaşmaya teşvik ettiği ve sınıf içi iletişimi artırdığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, bazı öğrencilerin çalışma yapraklarını eğlenceli bir oyun gibi düşünmeleri, onların basit görünümünden kaynaklanabilir. Bu basit görünümü çalışma yapraklarına kazandıran ise, kavram karikatürleridir. Kavram karikatürlerinin literatürde farklı bilişsel seviyeye sahip öğrenciler

ve yetişkinler üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir (Keogh ve Naylor, 2000; Keogh ve Naylor, 1999; Akdeniz ve Atasoy, 2006). Bu durum, kavram karikatürlerinin basit görünümünün yanında fen kavramları ile ilgili her seviyeye uygun bir düşünce yapısına sahip olmasından kaynaklanabilir.

Çalışma yapraklarında, öğrencilerin araştırılan kavramla ilgili deney düzenliğini kurma, ölçüm yapma, verileri kaydetme ve yorumlama gibi faaliyetleri yerine getirmeleri, önemli bilimsel süreç becerilerinin gelişmesine yardım ettiği düşünülmektedir. Burada keşfedici laboratuvar modelinin deney tasarlama ve yürüme basamağında öğrencilerin çalışma yapraklarındaki yönergeleri izleyerek bir takım işlemleri yerine getirmelerinin etkili olduğu söylenebilir. Üstelik deneylerin basit araç-gereçlerle yapılabilecek nitelikte olması, öğrencilerin gereksiz işlemlerle meşgul olmalarını önleyerek, kavramlar hakkında tartışmak için daha çok zaman ayırmalarına imkan vermiştir. Bodner vd. (1998) keşfedici laboratuvar modelinin uygulamalarında bilgi toplamaktan çok tartışmalara zaman ayrılması gerektiğini belirtmektedir. Çalışma yapraklarında keşfedici laboratuvar modelinin laboratuvar öncesi ve sonrası aşamalarını içeren bölümlerinde kavram karikatürleri üzerine yürütülen tartışmalara öğrencilerin oldukça fazla katıldıkları belirlenmiştir. Burada çalışma yapraklarının kavram karikatürleri ile zenginleştirilmesinin keşfedici laboratuvar modelinin etkili bir şekilde uygulanmasına katkı sağladığı düşünülebilir.

Mülakatta çoğu öğrenci öğretmen olduğunda çalışma yapraklarını hazırlayıp kullanmak istediğini ifade etmiştir. Dersler süresince de öğrenciler çalışma yapraklarına oldukça ilgi göstermişlerdir. Bunun bir nedeni, daha önce çalışma yaprakları ile hiç ders yapmamaları olabilir. Ayrıca, öğrencilerin daha aktif olmaları ve tartışmalara daha çok katılmaları onların bu olumlu tutumları geliştirmelerine neden olmuş olabilir.

Öğrencilerden bireysel çalışarak çalışma yapraklarındaki soruları yanıtlamaları veya etkinlikleri yapmaları istendiğinde sıra arkadaşları ile konuştukları, hatta arka veya ön sıralarda oturan diğer öğrencilerle de tartıştıkları gözlenmiştir. Mülakatlarda, öğrenciler grup çalışmalarından çok hoşlandıklarını ve bu yolla doğru bilgileri daha kolay öğrendiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca, tartışmalardan sonra her öğrencinin kendi kağıdına düşüncelerini yazarken sıra veya grup arkadaşına tekrar sorular sorduğu gözlenmiştir. Bu durumda, grup içi etkileşimin öğrencilerin fikirlerini sorgulaması yönünden gelişmelerine yardımcı olduğu düşünülebilir.

Her öğrenciden fikirlerini çalışma yapraklarına yazmaları istenmiştir. Öğrencilerin yanıtlarını çalışma yapraklarına yazmada istekli oldukları gözlenmiştir. Bunun nedeni,

Kurt ve Akdeniz'in (2002) de belirttiği gibi öğrencilerin çalışma yapraklarını düşüncelerini rahatlıkla ifade etmenin bir yolu olarak görmeleri olabilir. Böylece öğretmenin çalışma yapraklarını inceleyerek öğrencilerinin fikirleri ve öğrenme sürecindeki gelişimi hakkında daha ayrıntılı bilgi sahibi olabileceği düşünülmektedir. Bu araştırmada, öğrencilerin kavramsal bazda bireysel gelişimleri araştırılmadığından öğrencilerin tamamladıkları çalışma yaprakları incelenmemiştir. Sınıf tartışmaları dikkate alınarak öğretmen adaylarının doğru kavramları öğrendiklerine karar verilmiştir.

Bazı öğrencilerin çalışma yaprağındaki sorulara verdikleri yanıtı öğretmenin onaylamasını bekledikleri gözlenmiştir. Bu, öğretmenin soruların doğru yanıtını vermemesinden kaynaklanabilir. Mülakatta bir öğrencinin “...*Eve gittiğim zaman bazı konuları merak ediyorum ve bunun doğrusu ne olabilir diye tekrar araştırıyorum. Soruların net cevabını siz vermediğiniz için herkes bilmediği konuları öğrenmek için daha çok çalışıyor, daha çok bilgi üretmeye çalışıyor. Bu da arkadaşları konuşma isteklerini artırıyor. Çünkü daha çok merak ediyorlar...*” şeklindeki ifadeleri, çalışma yapraklarında doğrudan bilgi verilmemesinin öğrencilerin merak duygusunu artırdığı, fikirlerinin doğruluğunu öğrenmek için açıklama yapmaya ve araştırmaya teşvik ettiği görülmektedir. Bununla birlikte, bazı öğrencilerin doğru bilgileri merak etmelerinin onların öğrenmeye daha istekli hale gelmelerine neden olduğunu belirtmeleri, çalışma yapraklarının yapılandırmacı felsefeyi iyi yansıttığının bir göstergesi olabilir.

Mülakatlarda öğrencilerin ÖSS'nin gerektirdiği çalışma ile bu uygulamalardaki çalışmalarını kıyaslamaları ve aralarındaki farkı sıklıkla vurgulamaları dikkat çekicidir. Bir öğrencinin “*Hocam biz ÖSS'ciyiz. Siz getirip bize veriyorsunuz mantığa dayanan şeyleri, kafa yorulacak şeyleri, biz de öylece takılıp kalıyoruz*” şeklindeki ifadelerinden onların matematiksel işlem gerektiren konu ve sorulara alışkın oldukları ve çalışma yapraklarının fiziğin kavramsal boyutunu ele almasından dolayı yorum yapmakta zorlandıkları anlaşılmaktadır. Buna karşın başka bir öğrencinin “*Fiziğin formül kısmı hoşuma gitmiyor. Ama bu düşünme kısmı çok hoşuma gitti. Tartışarak, fikir yürüterek, yani düşününce bir şeyler olabileceğini gördüm. Karikatürleri düşünmek zevk verdi*” sözleri, çalışma yapraklarının fiziğin kavramsal boyutunu ele alarak, zihinsel mücadeleyi gerektirmesinin fizik öğrenmeyi daha zevkli hale getirdiği anlamına gelebilir.

Bir öğrencinin “...*Yolda yürürken gördüğüm olayların uygulamalarda yaptığımız etkinliklerle ne tür bağlantısı olabileceği konusunda yorum yapabiliyorum...*” şeklindeki ifadelerinden çalışma yapraklarının fiziği günlük hayatla daha çok ilişkilendirmeye yardım

ettiği ve öğrencilerin çevredeki olaylara anlam vermesine katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Bu durum, çalışma yapraklarının günlük hayatla ilgili resim ve karikatürleri içermesinden kaynaklanabilir. Öğrencilerin tartışmalar sırasında da fikirlerini açıklarken günlük hayattan örnekler verdikleri ve diğer arkadaşlarını ikna etmelerinin daha kolay olduğu gözlenmesi bu mülakat bulgusunu destekler niteliktedir. Buna karşın fiziğin günlük hayatla bağlantısını kuramayan öğrencilerde kavram yanlışlarının oluşabildiği belirtilmektedir (Aycan ve Yumuşak, 2003). Yürütülen bir araştırmada, öğretmenlerin %44'ünün konuların günlük hayatla ilişki kurularak işlenmemesinden dolayı öğrencilerin fen alanına yönelmediklerini belirttikleri ortaya çıkmıştır (URL-2).

Yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun geliştirilen çalışma yapraklarının uygulandığı sınıfta 38 öğrenci bulunmasına karşın öğretmenin sınıf kontrolünü sağlama, aynı anda tüm öğrencilerin konu dışına çıkmadan aynı görevle meşgul olmaları ve öğrencilerin sorularına yanıt verme ve onları yönlendirme gibi rehberliklerin sağlanması açılarından bir güçlük karşılaşılmamıştır. Bu durumlarda güçlük yaşanmamasının bir nedeni, çalışma yapraklarının etkinlikleri görselleştirmesinin, etkinlikleri yapma ve yorumlamaları için gerekli yönergeleri sunması olduğu düşünülmektedir. Kirschner vd. (2006) yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun yürütülen öğretim etkinliklerinde en önemli problemlerden birinin rehberlik konusunda olduğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda, çalışma yaprakları ile öğrencilere gerekli rehberliğin sağlanarak, problemlerin çözüm yolunun işaret edilebileceği belirtilmektedir (Yiğit vd., 2001; Kisiel, 2006; Kirschner vd., 2006).

Çalışma yapraklarının sonundaki değerlendirme etkinliklerinde öğrencilerin güçlük çekmeden tartıştıkları ve çalışma yaprağına yanıtlar yazdıkları gözlenmiştir. Bir öğrencinin *“...çalışma yaprağının başında yatay düzlemde kayan bir cismin ağırlığının yatay bileşenin hızını artırdığını öğrenmiştik. Biz, her ne kadar kayakların büyüklüğünü işin içine katsak da bu çalışma yaprağının konusu bence yatayda etki eden kuvvetin hıza etkisi...”* şeklindeki ifadesi, öğrencilerin bir çalışma yaprağını başarıyla tamamlayabilmeleri için bütün bölümlerdeki etkinlikler arasında sağlıklı bir ilişki kurmalarının gerektiğini göstermektedir. Aynı zamanda, bir çalışma yaprağında bir tek kavramın ele alınmasının öğrencilerin o kavramla ilgili bağlantıları daha iyi kurabilmelerine ve daha etkili tartışabilmelerine katkı sağladığı düşünülmektedir.

4.3. Araştırmacının Deneyimlerinden Yansımalar

Bu araştırma, öğrencilerin fizik laboratuvar dersi saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu durum, dönem başında yapılacak uygulama hakkında gerekli bilgilerin verilmesine rağmen, öğrencilerde bir sonraki hafta laboratuvar dersi yapılacağı beklentisine neden olmuştur. Çalışma yaprakları ile yürütölen uygulamanın son haftalarında öğrenciler daha sık “Ne zaman laboratuvar dersi yapacağız?” şeklinde sorular sormuşlardır. Bu da araştırmacının “Acaba bu uygulamadan öğrenciler sıkılmaya mı başladı?” şeklinde kendine sorular sormasına ve tedirgin olmasına neden olmuştur. Bunun üzerine araştırmacının öğrencilerle yaptığı ders dışındaki konuşmalarında öğrencilerin sıkılmadığı, ancak laboratuvar dersinde geri kalma ve sınav korkusu nedeniyle endişelendikleri belirlenmiştir. Laboratuvar dersini araştırmacı verdiği için öğrencilerin bu endişelerini rahatlıkla giderebilmiştir.

Sınıflardaki sıra düzeninin grup çalışmaları açısından uygun bir ortam sunamaması nedeniyle, grup çalışması gerektiren etkinlikler 2, 3 veya 4 kişilik küçük gruplar oluşturularak yürütölmüştür. Bu grup çalışmaları sırasında ön sırada oturan öğrencilerin arka sıraya doğru dönerek diğör grup arkadaşları ile çalıştıkları belirlenmiştir. Çoğunlukla sınıfta öğrencilerin sıra arkadaşları ile ikili gruplar halinde çalışmayı, oturma güçlüğü nedeniyle diğör çalışma şekline göre tercih ettikleri tespit edilmiştir. Öğrencilerin bu tercihleri çalışma yapraklarındaki kavramların ve etkinliklerin tartışılması açısından olumsuz bir duruma neden olmamıştır. Bunun nedeni çalışma yapraklarının hem bireysel hem de grup çalışmalarına uygun ortamları sağlaması olabilir.

Çalışma yapraklarının basit araç gereçlerle yapılabilecek deneyleri içermesine karşın zaman zaman bu araç-gerecin temin edilmesinde araştırmacı güçlüklerle karşılaşmıştır. Örneğin “Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket” konulu çalışma yaprağındaki deney düzeneğinden sadece bir tane oluşturulabilmesi nedeniyle öğrencilerin deneyi gözlemeleri ve verileri elde etmeleri için ders süresince sıralama yapılmıştır (s. 138-139). Bu durum zaman kaybına neden olduğı gibi öğrencilerin sıralarını beklemede sabırsızlanmalarına ve işlemleri tamamladıkları halde diğör arkadaşlarını beklemek zorunda kalmalarına neden olmuştur.

5. SONUÇLAR

Çalışma yapraklarının Newton'un Hareket Kanunları ile ilgili öğrencilerin kavram yanlışlarını gidermeye etkisi ve öğrenci merkezli öğretime yansımalarını araştıran bu çalışmadan elde edilen sonuçlar iki başlık altında toplanmıştır. Birinci kısımda; Newton'un hareket kanunları konusunda geliştirilen çalışma yapraklarının öğretmen adaylarının sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermeye etkisi ile ilgili varılan sonuçlara yer verilmiştir. İkinci kısımda ise; çalışma yapraklarının öğrenci merkezli öğretime yansımaları ile ilgili elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

5.1. Çalışma Yapraklarının Kavram Yanlışlarını Gidermeye Etkisi İle İlgili Sonuçlar

1) Bu çalışmada, öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları ile ilgili birçok kavram yanlışına sahip oldukları belirlenmiştir (s. 100–101). Çalışma yaprakları her ne bu yanlışları gidermek amacıyla hazırlanmış olsa da bunları tamamen ortadan kaldıramadığı görülmektedir. Yine de son test lehine önemli bir başarı elde edilmiş ve yanlışlarda büyük oranda azalma olmuştur (Tablo 13, s. 77). Bu duruma, çalışma yapraklarının kavramlara yönelik basit araç-gereçlerle yapılabilecek deneyler içermesi, bireysel ve grup çalışmalarına imkan vermesi, grup ve sınıf tartışmalarını teşvik etmesi, yazmayı gerektirmesi gibi uygun çalışma ortamları sunmasının önemli bir katkısı olduğu düşünülmektedir. Burada, çalışma yapraklarındaki karikatürlerin ve keşfedici laboratuvar modelinin tartışmaları teşvik edici özelliğinin ve yönergelerin öğrencileri etkinlikler hakkında daha çok düşünmeye ve yorum yapmaya yönlendirmesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, çalışma yapraklarının kavram karikatürü ve keşfedici laboratuvar modeli gibi etkili stratejiler içerdiğinde kavram yanlışlarının üstesinden gelmenin daha kolay olabileceği sonucuna varılabilir.

2) Son testte öğretmen adaylarının açıklama kısımlarını daha az boş bıraktıkları belirlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin çalışma yaprakları ile yürütülen etkinliklerden ve sınıf tartışmalarından sonra doğru kavramları öğrendiklerini ve kavramlar ile ilgili verdikleri kararları destekleyici açıklamalar yapabildiklerini göstermektedir. Bu bağlamda, yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun hazırlanan çalışma yapraklarının kavram

öğrenimine olumlu katkısı olduğu sonucuna varılabilir. Benzer sonuca literatürdeki araştırmalarda da rastlanmaktadır (Demircioğlu vd., 2004; Gürses vd., 2006).

3) Çalışma yaprakları ile yürütülen derslerde öğretmen adayları doğru kavramları dile getirirler bile, bir kısmının son testte hala yanlışlı ifadeler kullandıkları belirlenmiştir (Tablo 13, s. 77). Çalışma yapraklarının uygulama sürecinde öğrencilerin tartışmalardan etkilenerek doğru kavramları benimsemiş gibi göründükleri ancak, başka bir olayda bu kavramlar tartışıldığında tekrar ortaya çıktıkları anlaşılmaktadır. Bu kavramlar “Hareket hangi yöne doğru ise, kuvvet de o yöndedir”, “Sabit kuvvet etkisinde nesnelere sabit hızla hareket ederler”, “Tam tepe noktasındaki topa hiçbir kuvvet etki etmez” ve “Etkileşim halindeki nesnelere hareket etmediklerinde birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir” olarak tespit edilmiştir. Buradan bazı yanlışların değişime oldukça dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.

4) “Basınç ve Kuvvet” konulu çalışma yaprağında kavramsal tartışmaların öğrencilerin zihinsel dengesizlik yaşamalarında etkili olduğu, ancak yanlışın giderilemediği belirlenmiştir (s. 156). “Hareketi Başlatan Kuvvet” ve “Sabit Kuvvet Etkisinde Hareket” konulu çalışma yapraklarında ise kavramsal tartışmaların deneysel gözlemlerle desteklenmesi sonucu yanlışların giderilmesinde daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Buradan kavramsal tartışmalar her ne kadar öğrencilerin zihinsel dengesizlik yaşamalarında etkili olsa da tek başına bu dengesizliğin üstesinden gelmede yeterli olmadığı söylenebilir. Bu bağlamda, tartışmaların deneysel gözlemlerle desteklenmesinin zihinsel dengesizliğin giderilerek doğru kavramların daha kolay öğrenilmesini sağladığı sonucuna varılabilir.

5) Keşfedici laboratuvar modeline dayalı geliştirilen “Sabit Hız İçin Net Kuvvetin Keşfi” konulu çalışma yaprağında deney tasarlama ve yürütme aşamasında önceden tasarlanmış bir deneyin öğrencilere sunulmaması, öğrencilerin etkili gözlemler yapamamalarına ve verileri sağlıklı bir şekilde toplayamamalarına neden olmuştur. Bu durum, öğrencilerin laboratuvar deneyimlerinin yetersiz olmasından kaynaklanabilir.

6) Öğretmen adaylarına kartlarla yürütülen ön mülakatlarda, hareket halindeki nesneye etki eden kuvvetler sorulduğunda nesnenin hareket yönünde bir vektör çizerek, bunu çoğunlukla kuvvet olarak adlandırdıkları gözlenmiştir. Örneğin, bir öğrenciye ön mülakatta kitaba hareket yönünde çizdiği okun adı sorulduğunda alınan yanıt “*Yay ilk başta sıkıştırılmış ve belli bir enerjiye sahiptir. Bu enerjiden kaynaklanan bir kuvvet vardır. Bu kuvvetle cisim itiyor. Bu vektörle yayın enerjisinden gelen bu dik kuvveti*

gösterebiliriz” şeklindedir. Bazı öğretmen adaylarının, kuvvet olarak adlandırdıkları bu vektörle aslında enerjiyi anlatmak istedikleri anlaşılmaktadır. Enerjinin vektörel olarak gösterilmediğinin farkında olan bu öğrencilerin bu vektörü kuvvet olarak adlandırmalarının nedeni, bilgi eksikliklerinden kaynaklanabilir. Bilgi eksikliklerinin kavramların birbirine karıştırılmasına neden olduğu bilinmektedir. Bunun sonucunda doğası itibariyle ortak bazı özelliklerinden dolayı, enerji ve kuvvet kavramlarının birbirinin yerine kullanıldığı sonucuna varılmıştır.

7) Çoğu öğrencinin hareket halindeki nesnelere bir kuvvetin eşlik ettiğini düşündükleri belirlenmiştir. Bu duruma aşağıdaki düşüncelerin sebep olduğu düşünülmektedir.

- Hareketi devam ettirici tek güç kuvvettir.
- Hareketi devam ettiren etmen hareket yönünde ona eşlik eden bir kuvvettir ve bu etmen bir vektörle gösterilir.
- Enerjinin hareket ettirici ya da hareketi devam ettirici özelliği yoktur.

8) “Hareketi Başlatan Kuvvet” isimli çalışma yaprağı ile öğretmen adaylarının hareketi başlatan kuvvetin etkisinin devam ettiği ve etmediği durumlarda neler olabileceğini gözlemleri sağlanmıştır. Bu bağlamda, *“Havaya fırlatılan topa başlangıçtaki kuvvet etki etmeye devam eder”* yanılıgısına sahip öğrencilerin sayısında önemli bir düşüş olduğu, hatta mülakatlarda derslere katılan tüm öğrencilerin yanılıgılarının giderildiği belirlenmiştir. Bu kadar yaygın olan bir yanılıgının giderilmesinde, çalışma yapraklarının öğrencileri gözlemleri hakkında tartışmaya teşvik etmesinin ve yaşanan zihinsel dengesizliğin etkili olduğu düşünülmektedir. Kritik kavramlar ile ilgili yapılan gözlemler öğrencilerin kendi aralarında tartışmaya dönüştürülebiliriyorsa, bu durum kavramlarla ilgili yanılıgıların giderilmesini oldukça kolaylaştırmaktadır. Bunun sonucunda, öğrenciler tartışmalardan çıkan fikirlerden yararlanarak kendi bilgilerini kurabilmektedirler.

9) Öğretmen adaylarının *“Sabit kuvvet etkisinde nesnelere sabit hızla hareket eder”* yanılıgısına sahip oldukları ön ve son testte farklı sorularla ortaya konulmuştur (Tablo 18, 23, 25). Ancak, bu sorulara göre öğrencilerin yanılıgılı yanıt verme oranında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Örneğin son testte 3. soruya öğrencilerin %56’sının, 8. soruya %8’inin, 10. soruya %16’sının bu yanılıgıyı içeren yanıtlar verdikleri tespit edilmiştir. Buradan, öğrencilerin farklı sorularla karşılına çıkan olaylara farklı açıklamalar getirdikleri anlaşılmaktadır. Bu durumun, çalışma yapraklarında kavramlarla

ilgili yanılgıların doğrudan açıklanmamasının ve o kavramla ilgili etkinliklerin dolaylı olarak yapılmasının sonucu olduğu düşünülmektedir.

10) Bazı kavramlarla ilgili derslerde etkili tartışma ve etkinliklerin yapılmasına karşın son testte ve mülakatta bazı öğrencilerin yanılgı içeren açıklamalar yapmaları, onların grup çalışmalarına ve etkinliklere aktif katılmamalarından kaynaklanabilir. Buna karşın, derslerde aktif ve ilgili olduğu gözlenen öğrencilerin kavramlara daha bilimsel açıklamalar getirebildikleri belirlenmiştir. Buradan, çalışma yapraklarının etkinliklere aktif katılmayı gerektirerek öğrencilerin bilgileri zihinlerinde doğru bir şekilde yapılandırmalarına katkı sağladığı ve bu bilgileri tekrar kullanmaları gerektiğinde doğru yorumlama becerisi kazandırdığı sonucuna varılmıştır.

11) Öğrencilerin düz zeminde hareket eden bir nesneye etki eden kuvvetle sahip olduğu hız arasındaki ilişkiyi, yukarı doğru kaldırılan nesneye göre daha kolay kurdukları belirlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin yukarı doğru kaldırılan nesneyi yerçekimi kuvvetinin yavaşlatıcı bir etkisinin olduğunu düşünmelerinden kaynaklanabilir.

12) Newton'un III. kanunu ile ilgili öğretmen adaylarının dinamik durumlara göre statik durumları daha iyi yorumladıkları ve daha çok doğru yanıt verdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, öğrenciler çarpışmalarda etki-tepki kuvvetlerinin eşit olduğunu belirtmelerine karşın bu durumu net olarak açıklayamamaktadırlar. Bunun nedeni, Newton'un III. kanununu statik durumlara uygulamanın daha kolay olması ve öğrencilerin iki durumu açıklarken farklı muhakemeler geliştirmeleridir. Montanero vd. (1995) da buna benzer bir sonuç elde etmiştir. Bu araştırmadaki başarısızlığa, çalışma yapraklarında dinamik durumlarda etki-tepki kuvvetlerini incelemek için deney yapılmaması neden olmuştur. Basit araç-gereçlerle etki-tepki kuvvetlerinin doğrudan gözlenmesinin veya ölçülmesinin mümkün olmaması, öğrencilerin etki-tepki kuvvetlerinin her zaman birbirine eşit olacaklarını düşünmekte güçlük çekmeleri diğer nedenler olarak sıralanabilir.

13) Öğrencilerin etkileşen nesnelere arasındaki etki-tepki kuvvetlerini nesnelere hareket durumları ile ilişkilendirmesi onların kuvvetle hareket arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Buradan öğrencilerin Newton'un I. ve II. kanunu ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgılarının onların Newton'un III. kanunu ile ilgili olayları açıklarken yanılgılı ifadeler kullanmalarına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Buradan ayrıca öğrencilerin, etki-tepki kuvvetlerini iç kuvvetler olarak düşünemedikleri ve iç kuvvetlerin hareket ettirici etkisi olmadığını bilmedikleri anlaşılmaktadır.

14) Birçok öğrencinin uygulamadan önce çarpışmalarda nesnelerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin nesnelerin kütle ve hızları ile doğru orantılı olduğunu düşündükleri belirlenmiştir. Öğrencilerin bu düşünceleri Brudian'ın 15 yy'da iddia ettiği fikirlerle benzerlik göstermektedir (Ek 1). Ancak, uygulamadan sonra öğrencilerin nesnelerin kütle ve hızları arasındaki ilişkiyi momentumla açıklamaları, Suzuki'nin (2005) de belirttiği gibi Brudian'ın kuvvet kavramı ile momentum kavramının benzediğini fark ettiklerini gösterebilir.

15) Öğrenciler çarpışmalarda momentumun korunduğunu belirtmelerine karşın etki-tepki kuvvetlerinin eşit olduğunu kabullenmekte güçlük çekmektedirler. Bu durum, onların momentum konusunu iyi bilmemelerinden veya hatırlayamamalarından kaynaklanabilir. Bu bağlamda, momentum konusunu iyi anladıklarında öğrencilerin Newton'un üçüncü kanunu çarpışmalara uygulama ile ilgili güçlüklerinin üstesinden gelebilecekleri sonucuna varılmıştır. Espinoza (2004) momentum konusunun bilişsel önceliğe sahip olduğunu ve korunum ilkeleri anlaşılmadan öğrencilerin dinamik ve kinematik konularında başarılı olamayacakları sonucuna varmıştır.

16) Öğretmen adaylarının ön mülakatta nesnelerin hareketini açıklarken nesneye etki eden kuvvetlerden söz ettikleri, ancak son mülakatta nesnenin hareketini enerji ile açıkladıkları ve kuvvet konusuna girmedikleri belirlenmiştir. Bu durum, çalışma yaprakları ile yapılan uygulamalar sonunda öğrencilerin "net kuvvet" kavramını anladıklarını göstermektedir.

17) Bu araştırmada, öğrencilerin birçok fikrinin tarihteki görüşlerle benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Özsevgeç (2007) tarafından yürütülen araştırmada da benzer bir sonuç elde edilmiştir. Stinner (1994), öğrencilerin fendeki sezgisel kavramları ile tarihi ön sezgisel kavramlar arasında açık bir paralellik olduğunu ifade etmektedir. Bu benzerlik bireyin kavram öğrenirken geçirdiği süreçlerle, bilim adamının kavramları tanımlarken izlediği yol arasında bir ilişki olmasından kaynaklanmaktadır. Birey sınırlı sayıdaki gözlemlerinden ve deneyimlerinden yola çıkarak kavramla ilgili bir fikir geliştirirken, bilim adamı da benzer şekilde çevresindeki olayları gözleyerek ve bir dizi deneyimle bağlantı kurarak kavramları açıklamaya çalışmaktadır. Buradan öğrencilerin de bilim adamları gibi sınırlı deneyim ve gözlemlerden sınırlı çıkarımlar yaparak kavramları tanımladıkları sonucuna varılmıştır.

18) Çalışma yapraklarının hiçbirinde temas olmaksızın yerin tepki kuvvetinin cisme etki etmeyeceğini vurulamaya yönelik bir yönerge kullanılmamasına karşın son mülakatta

hiçbir öğrencinin yerin tepki kuvvetinin cisim havada yükselirken etki edeceğini düşünmediği belirlenmiştir. Bu yanılgının giderilmesinin “Hareketi başlatan kuvvetin hareket süresince etki etmeye devam eder” yanılgısının giderilmesi ile paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu durumda, öğrenciler bu yanılgıya sahip oldukları için yükselen topa çarpmadan dolayı yerin tepki kuvvetinin etki ettiğini düşündükleri sonucuna varılmıştır.

5.2. Çalışma Yapraklarının Öğrenci Merkezli Öğretime Yansımaları İle İlgili Sonuçlar

Çalışma yapraklarının bireysel ve grup çalışmaları ile uygulanması sırasında yapılan gözlemlerden ve uygulamadan sonra öğretmen adayları ile yürütülen mülakatlardan elde edilen bulgulardan varılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1) Öğretmen adaylarının fikirlerini açıklamaya ve etkinliklere katılmaya istekli oldukları belirlenmiştir. Bir öğrencinin “...Herkesin birer çalışma yaprağının olması herkesi bir şeyler yazmaya zorluyor, böylece herkes düşündüğünü söyleme ihtiyacı hissediyor...” ifadelerinden de anlaşılacağı üzere, öğretmen adaylarının çalışma yapraklarında verilen görevleri yerine getirmek için çaba göstermeleri, çalışma yapraklarının yazmayı gerektirmesinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Çalışma yapraklarına öğretmen adaylarının düşüncelerini yazarak ifade etmelerinin, kendilerini etkinliklere zihinsel olarak katmaları ve bu bilgileri kendilerine mal etmeleri bakımlarından oldukça etkili olduğu düşünülmektedir. Bu durum, çalışma yapraklarının grubun tüm üyelerini bir fikir birliğine varmaya zorlamasa bile, her öğrencinin bireysel sorumluluğunu artırmasının sonucu olarak düşünülebilir. Benzer şekilde Sharma vd. (1999) de çalışma yapraklarının sorumluluk duygusunu artırdığını belirtmiştir.

2) Öğretmen adayların fikirlerinin doğruluğunu öğrenmek için açıklama yapma ihtiyacı hissetmeleri ve bazılarının derslerden sonra konu ile ilgili kitaplardan araştırma yaptıklarını söylemeleri, onların merak duygularının arttığının ve bilimsel bilgiyi araştırmaya teşvik edildiklerinin bir göstergesidir. Bu durum, çalışma yapraklarında doğru bilgilerin doğrudan açıklanmaması ve öğretmenin açıklayıcı değil yönlendirici bir rol üstlenmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Yapılandırmacı öğrenme kuramının özelliğini taşıdığından dolayı çalışma yapraklarının öğrencilere bilgiyi yapılandırma sürecinde araştırma ve sorgulama gibi nitelikleri kazandırdığı söylenebilir.

3) Öğretmen adaylarının özellikle çalışma yapraklarındaki karikatürler hakkında yapılan tartışmalara daha çok katıldıkları gözlenmiştir. Bu durumda, yapılandırmacı öğrenme kuramının en temel ilkesi olan öğrencilerin ön bilgilerinin açığa çıkarılmasında kavram karikatürlerinin en etkili yollardan biri olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yolla, öğretmen adaylarının araştırılan kavramlar hakkındaki fikirlerini belirlemek kolaylaşmıştır.

4) Öğrencilerden bireysel çalışarak çalışma yapraklarındaki soruları yanıtlamaları istendiğinde, diğer öğrencilerle konuşarak çalışma yapraklarına yazdıkları gözlenmiştir. Her ne kadar bilgiler bireysel öğrenilse bile çalışma yaprağına bireysel fikirler değil de grubun onayladığı fikirlerin yazılması, geleneksel öğretim anlayışının öğrenciler üzerindeki etkilerinin giderilememesinin sonucu olabilir.

5) Derslerde öğrencilerin birbirlerine sorular sordukları, grup arkadaşları ve sınıftaki diğer arkadaşları ile fikirlerini paylaştıkları, kendi aralarında çözemedikleri ve çelişkide kaldıkları konuları öğretmenle birebir diyaloga girerek tartıştıkları belirlenmiştir. Buradan çalışma yapraklarının sınıf içi ve öğrenci-öğretmen arasındaki iletişimi artırdığı sonucuna varılmıştır.

6) Çalışma yaprakları ile yürütülen derslerde normalde ilgisiz olan öğrencilerin de grup çalışmalarına katılarak, fikirlerini açıklamada istekli davrandıkları belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışma yapraklarının öğrencilerin ilgilerini artırdığı sonucuna varılmıştır.

7) Öğretmen adaylarının fikirlerini çekinmeden açıklamaları, tartışma ve etkinliklere istekli katılmaları çalışma yapraklarının demokratik bir öğrenme ortamı sağlamasının bir sonucu olabilir.

8) Öğrencilerin çalışma yapraklarına yanıtlarını yazmak için çaba gösterdikleri ve yazmayı önemsedikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin çalışma yapraklarına yazmada istekli olmalarının bir nedeni, Kurt ve Akdeniz'in (2002) de belirttiği gibi, öğrencilerin çalışma yapraklarını düşüncelerini rahatlıkla ifade etmenin bir yolu olarak görmeleri olabilir.

9) Mülakatta çoğu öğrenci öğretmen olduğunda çalışma yapraklarını hazırlayıp kullanmak istediğini ifade etmiştir. Bu durum, öğrencilerin bu yolla daha iyi öğrendiklerini fark etmelerinden ve çalışma yapraklarını öğretim için etkili bulmalarından kaynaklanabilir. Buradan çalışma yapraklarının öğretmen adaylarının pedagojik gelişimlerini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

10) Öğrencilerin sınıf tartışmalarında fikirlerini açıklarken çoğunlukla günlük hayattan örnekler sunmaları ve günlük hayatta gördükleri olaylarla dersteki etkinlikler arasında ilişki kurmaya çalışmaları, çalışma yapraklarının günlük hayatla ilgili resim ve

karikatürleri içermesinin sonucu olabilir. Buna karşın, öğrenciler günlük hayattaki örnekleri bilseler bile bunların fizikle ilişkisini göremediklerinde basit kavramları bile untabildikleri belirtilmektedir (Vondracek, 2003). Bu bağlamda, çalışma yaprakları ve kavram karikatürlerinin günlük hayatla fizik arasında bir bağlantı kurarak öğrencilerin kavramları daha iyi anlamlandırmalarına yardım ettiği düşünülmektedir.

11) Bazı öğrenciler daha önceki fizik derslerinde ÖSS'nin gerektirdiği formüllere dayalı işlemsel bir çalışma alışkanlıkları olduğunu, oysa çalışma yapraklarında daha çok konuların özüne indiklerini ve zihinsel mücadeleye girdiklerini ifade etmişlerdir. Buradan çalışma yapraklarının işlemsel öğrenmeye odaklı öğrencilere kavramsal öğrenme kültürü kazandırdığı sonucuna varılmıştır.

12) Bazı öğretmen adaylarının ön bilgilerini hatırlamada güçlük çekmeleri onların kavramlar hakkında yürütülen tartışmalarda kararsız kalmalarına ve fikirlerini açıklamada güçlük çekmelerine neden olmuştur. Ön bilgileri yetersiz olan öğrencilerin çalışma yapraklarında kullanılan kavram karikatürleri ve diğer sorular ile ön kavramlarının tespit edilmesi, ilgili kavramlar üzerine tartışma yapılması ve dolayısıyla kavram yanlışları üzerine gidilmesi güçleşmektedir. Bu bağlamda, çalışma yapraklarının ön bilgi düzeyi yetersiz olan öğrencilerde yanlışların giderilmesinde tek başına yetersiz kaldığı sonucuna varılabilir.

13) Sınıfın kalabalık olmasına rağmen sınıf düzenini sağlamada, öğrencilerin etkinlikleri takip etmelerinde ve öğrencilere gerekli rehberliğin sağlanmasında bir problemin yaşanmamasında, çalışma yapraklarının öğrencilere yönergeleri yazılı sunarak gerekli rehberliği sağlamasının ve problemlerin çözüm yolunu işaret etmesinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

6. ÖNERİLER

Bu kısımda, araştırmanın sonuçlarına dayalı olarak yapılan öneriler iki başlık altında maddeler halinde sunulmuştur.

6.1. Çalışma Yapraklarının Yanılgıları Gidermeye Etkisine ve Öğrenci Merkezli Öğretime Yansımalarına Yönelik Öneriler

1) Newton'un Hareket Kanunları konusunda öğretmen adaylarının önemli yanılgılara sahip oldukları belirlenmiştir. Daha sonra çalışma yaprakları ile yürütülen etkinliklerin bu yanılgıları gidermede etkili olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, Eğitim Fakültelerindeki fizik derslerinde öğretmen adaylarının ön bilgilerini belirlemeye ve öğretim etkinliklerinin bu bilgiler ışığında yeniden planlanması için gerekli düzenlemelerin yapılmasına önem verilmelidir. Fizik konularında olduğu gibi fen bilimlerinin diğer alanlarında da bu tür materyallerin geliştirilmesi ve uygulanması gerektiği düşünülmektedir.

2) Öğretmen adaylarının Newton'un hareket kanunları konusunda yaşadıkları güçlüklerin konu ile ilişkili fiziğin momentum, hareket ve enerji gibi diğer konularındaki bilgi eksikliklerinden ya da yanılgılardan kaynaklanabileceği düşünüldüğünde; bu konulara yönelik kavram karikatürlerinin hazırlanması ve tartışmalara ağırlık verilerek varsa yanılgıları gidermeye yönelik etkinliklerin çalışma yaprağı formatında hazırlanması gerektiği önerilmektedir.

3) Çalışma yapraklarının ve özellikle kavram karikatürlerinin öğretmen adayları tarafından eğlenceli bulunduğu, onların derse ilgilerini çekerek tartışmalara ve araştırmalara istekli katılımlarını sağladığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, ilköğretimden üniversiteye kadar her seviyeye uygun kavram karikatürleri, özellikle fen bilimlerinin öğrenciler tarafından sıkıcı olduğu düşünülen ve anlaşılması güç konularında çalışma yaprağı formatında hazırlanarak uygulanabilir.

4) Fizik eğitiminde, öğrenciye bilgiler matematiksel formüllerden ziyade kavramsal boyutu tartışılacak şekilde günlük hayatla bağlantılı olarak verilmelidir. Böylece hem yanılgıların oluşmasına engel olunabilir hem de öğrencilerin fiziğe ilgileri artırılabilir. Bu

bağlamda, kavram karikatürlerinin günlük hayattan sunduğu örnekler hakkındaki kavramsal tartışmaların etkili olacağı düşünülmektedir.

5) Öğretmen adaylarının etki-tepki kuvvetleri ile ilgili yaşadıkları bazı güçlüklerin temelinde Newton'un I. ve II. kanunu ile ilgili sahip oldukları yanlışların yer aldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda konular, Newton'un kanunları arasındaki ilişkilere vurgu yapılarak ve birbirini destekler nitelikte bağlantılar kurularak sunulmalıdır.

6) Öğrencilerin çarpışmalara Newton'un üçüncü yasasını uygulama ile ilgili güçlüklerin üstesinden gelebilmek için fizik müfredatında momentum konusuna ve dolayısıyla korunum ilkelerine Newton'un hareket kanunlarından önce yer verilmesi gerektiği önerilmektedir.

7) Hem yanlışların büyük oranda giderilebilmesi hem de geleneksel öğretim anlayışının öğrenciler üzerindeki etkilerinin kaldırılabilmesi için yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı çalışma yaprağı, kavram karikatürü ve keşfedici laboratuvar modeli gibi uygulamaların uzun bir zaman dilimine yayılması ve sürekliliğinin sağlanması gerektiği önerilmektedir.

8) Keşfedici laboratuvar modeline göre geliştirilen çalışma yapraklarında modelin deney aşamasında önceden tasarlanmış deneylerin öğrencilere sunulması gerektiği düşünülmektedir. Böylece, öğrencilerin laboratuvar deneyimsizliklerinden kaynaklanan güçlüklerin ortadan kaldırılabilmesine ve gözlem ve veri toplamada gibi bilimsel süreç becerilerinin daha etkili bir şekilde geliştirilebileceğine inanılmaktadır.

9) Kavramsal tartışmalar her ne kadar zihinsel dengesizliğin oluşmasına yardım etse de bu dengesizliğin giderilmesinde tek başına yeterince etkili olmadığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışma yapraklarında deneysel etkinliklere yer verilmesi ve kavramsal tartışmaların deneye dayalı gözlem ve verilerle desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir.

10) Etkileşen nesnelere birbirlerine uyguladıkları etki-tepki kuvvetlerinin özellikle çarpışma olaylarında gözlenmesi mevcut laboratuvar şartları düşünüldüğünde oldukça güçtür. Bu bağlamda, bilgisayar ortamında hazırlanacak simülasyonlarla ve analogilerle çarpışmalarda etki-tepki kuvvetlerinin görsel hale getirilmesi ile öğrencilerin bu konudaki anlama güçlüklerinin üstesinden gelinebileceği düşünülmektedir.

11) Yapılandırmacı öğrenme kuramına göre geliştirilen çalışma yapraklarında öğrencilerin ön bilgilerinin açığa çıkarılmasına ve bu bilgiler üzerine gidilerek varsa yanlışların giderilmesine çalışılmıştır. Ancak, ön bilgi düzeyi yetersiz olan öğrencilerin

yanılığının giderilmesinde çalışma yaprakları tek başına etkili olamayacağından, çalışma yapraklarının kavram değişim metinleri ile desteklenmesi gerektiği önerilmektedir.

12) Çalışma yapraklarının geliştirilmesinin ve uygulanmasının oldukça zaman alan bir süreç olduğu göz önünde bulundurulmalı ve çalışma yaprakları konu öğretiminden daha çok özellikle öğrencilerin anlamada güçlük çektikleri ve sıkıcı buldukları konularda ve yanılığarı gidermek amacıyla kullanılması önerilmektedir.

13) Bu araştırmada, çalışma yapraklarının öğrencilerde bireysel sorumluluğu, öğrenciler arası ve öğrenci-öğretmen iletişimini artırdığı, pedagojik gelişimlerine katkı sağladığı, kavramsal öğrenme kültürü kazandırdığı ortaya çıkmıştır. Bu olumlu gelişmeler de göz önünde bulundurularak, yapılandırmacı öğrenme kuramının uygulamalarına ilişkin güçlüklerin üstesinden gelebilmek ve bu kuramın uygulamalarını yaygınlaştırmak amacıyla çalışma yaprağı ve kavram karikatürü gibi öğrencilerin yüksek motivasyonla etkinliklere katılmalarını sağlayan materyallerin fizik öğretim programlarına adapte edilebileceği düşünülmektedir. Bu bütünleştirme işlemi, hangi yöntemle yapılırsa yapılsın öğretim programının yapısını bozmadan konu aralarına serpiştirilerek gerçekleştirilebilir.

14) Kalabalık sınıflarda yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı etkinliklerin uygulanması sürecinde, öğretmenin bütün öğrencilerin aynı görevle ilgilenmesini ve gerekli rehberliği sağlaması oldukça güç olduğundan, çalışma yapraklarının öğretmene sınıf organizasyonunu sağlamada ve öğrencilere gerekli rehberliği sağlamada yardımcı bir materyal olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.

15) Kavram karikatürüne dayalı tartışmaların öğrenci katılımı açısından daha etkili geçtiği ve öğrencilerin bu tartışmalar sonucu doğru bilgileri daha kolay öğrendiklerini düşündükleri belirlenmiştir. Bu durumda, kavram karikatürlerinin tartışmaları ve doğru kavramları öğrenmek için araştırma yapmayı teşvik etmek amacıyla kullanılabilceği düşünülmektedir. Bu özelliklerinden dolayı kavram karikatürlerinin keşfedici laboratuvar modelinin uygulanması sürecinde faydalı sonuçlar verebileceğine inanılmaktadır. Ayrıca, kavram karikatürlerinin bir olayla ilgili farklı görüşleri bir arada sunduğu bilinmektedir. Bu bağlamda, keşfedici laboratuvar modelinin laboratuvar öncesi tartışma aşamasında öğrencilere hipotezlerini kurarken farklı alternatifleri göstermede yardım etmek için kavram karikatürlerinin kullanılması önerilmektedir.

6.2. Diğer Araştırmacılara Yönelik Öneriler

1) Öğrencilerin tartışma ve etkinliklerden sonra fikirlerini çalışma yapraklarına bireysel olarak yazmaya özen gösterdikleri belirlenmiştir. Bu yazıların öğrencilerin düşünce yapılarını yansıttığı düşünülürse, tamamlanan çalışma yaprakları incelenerek, öğrencilerin kavramlar hakkındaki düşüncelerinde ve öğrenme sürecindeki gelişimleri hakkında daha ayrıntılı bilgi sahibi olunabilir.

2) Açıklamalı çoktan seçmeli testlerin kullanılmasına karşın öğretmen adaylarının testin açıklama kısımlarına yeterince yazmadıkları görülmüştür. Testlerin ardından yürütülen örnekler hakkında mülakatlarda öğrencilerin kavramlar hakkındaki düşünceleri ile ilgili daha ayrıntılı bilgilere ulaşılmıştır. Bu sonuçtan hareketle, kavramlar hakkında bireylerin fikirlerini açığa çıkarmada, örnekler hakkında mülakat yöntemi gibi araştırılan kavramla ilgili olayın öğrencinin gözü önünde gerçekleştirildiği ve bunun üzerinden soruların sorulduğu olaylar hakkında mülakat yöntemi kullanılabilir.

3) Öğretmen adaylarının dersler sırasında doğru kavramları benimsedikleri görülse bile son testte hala yanlışlar taşıdıkları belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışma yapraklarının kavramsal değişim üzerindeki kalıcılığını belirlemeye yönelik geciktirilmiş testler uygulanabilir.

4) Bu çalışmada, tek bir grup üzerinde çalışma yapraklarının kavram yanlışlarını gidermeye etkisi araştırılmıştır. Daha sonra yürütülecek araştırmalarda deney ve kontrol grupları oluşturularak çalışma yapraklarının diğer öğretim yöntem ve tekniklerine göre üstünlükleri irdelenebilir.

5) Araştırmada yürütülen gözlemler her ne kadar ders anında kaydedilmiş olsa da, 38 kişiden oluşan bu sınıfta öğrencilerin grup içinde veya kendi aralarında kavramlarla ilgili bazı konuşmaları ve davranışları dikkatten kaçmış olabilir. Bu bağlamda, sınıf ve grup çalışmalarının sağlıklı bir şekilde gözlenebilmesi için video-kamera kullanılması ve kayıtların zaman geçirilmeden izlenerek yorumlanması gerektiği düşünülmektedir.

6) Bu araştırmada, zaman zaman çalışma yapraklarında etkinlikler arası ilişkileri kurmada eksikliklerin ortaya çıkması, çalışma yaprakları ile birlikte öğretmenlere uygulamalar sırasında ortaya çıkabilecek durumlara karşı önlem niteliğinde ve çalışma yaprağındaki sorulara ek olarak alt soruları da içeren öğretmen rehber materyallerin hazırlanmasını gerektirmektedir.

7) Çalışma yapraklarının uygulamaları sırasında zamanın çoğu etkinliklere ayrıldığı için zaman zaman değerlendirme kısmındaki sorular hakkında tartışmalar yapılamamıştır. Bu nedenle öğrenciler bu soruları bireysel olarak yanıtlamışlardır. Derslerinde çalışma yapraklarını uygulamak isteyen öğretmen ve araştırmacılar değerlendirme kısımlarındaki soruların sayısını artırıp, bilişsel alanın üst seviyelerine yönelik sorulara da yer vermelidirler. Böylece öğrencilerin buradaki sorulara verdikleri yanıtlar irdelenerek çalışma yaprakları ile yürütülen etkinliklerin bilişsel alandaki gelişimlerine etkisi de araştırılabilir.

8) Bu araştırmada öğrenci sayısının fazla olması nedeniyle bireysel gelişimi incelemek mümkün olmamıştır. Çalışma yaprakları az sayıdaki küçük öğrenci gruplarına uygulanarak bireysel olarak kavramsal gelişimleri incelenebilir.

9) Araştırmacının örneklemini tanıması ve bir önceki dönemde laboratuvar derslerini yürütmüş olması; dersler sırasında araştırmacı ve öğrenciler arasındaki diyalogların verimli geçmesine ve öğrencilerin daha rahat bir şekilde fikirlerini ifade etmelerinde faydalı olmuştur. Bu nedenle araştırmacı-öğrenci diyaloglarının önemli olduğu mülakat veya uygulamalı çalışmalarda araştırmacının öğrencilerle bir ön deneyiminin olmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

10) Tez çalışmalarında hazırlanan materyalin etkiliği araştırılırken, bu materyalin ders konularının içine adapte edilmesi, ders saatleri içinde ve gerçek sınıf ortamlarında dersi veren öğretmen veya öğretim elemanı tarafından uygulanması öğrencilerin konuyu benimsemeleri açısından faydalı olabilir. Böylece öğrencilerin gerçek dersler şeklinde yapılan bu uygulamaları kabul etmesi ve daha doğal davranmasının kolaylaşacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Akdeniz, A. R. ve Atasoy, Ş., 2006. Kavram Karikatürlerinin Havaya Fırlatılan Topa Etkiyen Kuvvetler Konusundaki Yanılgıları Gidermeye Etkisi, VII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Akdeniz, A. R. ve Kurt, Ş., 2004. Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Uygun Öğretmen Rehber Materyallerinin Geliştirilmesi, XII. Eğitim Bilimleri Kongresi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Bildiriler Kitabı, Cilt III, 61-78.
- Akkuş, H., Kadayıfçı, H., Atasoy, B. ve Geban, Ö., 2003. Effectiveness of Instruction Based on the Constructivist Approach on Understanding Chemical Equilibrium Concepts, Research in Science & Technological Education, 21, 2, 209-227.
- Atasoy, Ş. ve Akdeniz, A. R., 2005. Newton'un Hareket Kanunları İle İlgili Öğretmen Adaylarının Sahip Oldukları Kavram Yanılgıları, XIV. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Denizli, Kongre Kitabı, Cilt 2, 544-551.
- Atasoy, Ş. ve Akdeniz, A. R., 2006. Yapılandırmacı Öğrenme Kuramına Uygun Geliştirilen Çalışma Yapraklarının Uygulama Sürecinin Değerlendirilmesi, Milli Eğitim Dergisi 170, 157-175.
- Ayas, A., 1995. Fen Bilimlerinde Yeni Program Geliştirme ve Uygulama Teknikleri: İki Çağdaş Yaklaşımın Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11, 149-155.
- Ayas, A., Çepni, S., Akdeniz, A. R., Özmen, H., Yiğit, N. ve Ayvacı, H. Ş., 2005. Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi, 4.Baskı, Pegem A Yayıncılık, Ankara.
- Aycan, Ş. ve Yumuşak, A., 2003. Lise Müfredatındaki Fizik Konularının Anlaşılma Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma, Milli Eğitim Dergisi, 159,
- Bayraktar, Ş., 2006. Turkish Pre-service Teachers' Misconceptions about Force and Motion, International Science Education Conference, 22-24 Kasım, Singapore, 130-140.
- Berry, J. S., Savage, M. ve Williams, J., 1989. Mechanics in Decline? International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 20, 2, 289 - 296.
- Boddy, N., Watson, K. ve Aubusson, P., 2003. A Trial of the Five Es: A Referent Model for Constructivist Teaching and Learning, Research in Science Education, 33, 27-42.

- Bodner, G. M., 1990. Why Good Teaching Fails and Hard-Working Students Don't Always Succeed, Spectrum, 28, 1, 27–32.
- Bodner, G. M., Hunter, W. J. F. ve Lamba, R. S., 1998. What Happens When Discovery Laboratories are Integrated into The Curriculum At A Large Research University? The Chemical Educator, 3, 1-21.
- Boeha, B. B. (1990). Aristotle, Alive and Well in Papua New Guinea Science Classrooms, Physics Education, 25, 280-283.
- Briscoe, C. ve Prayaga, C. S., 2004. Teaching Future K-8 Teachers the Language of Newton: A Case Study of Collaboration and Change in University Physics Teaching, Science Education, 1-23.
- Brooks, M. G. ve Brooks, J. G., 1999a. The Constructivist Classroom: The Courage to Be Constructivist, Educational Leadership, 57, 18-24.
- Brooks, J. G. ve Brooks, M. G., 1999b. In Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms, Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria.
- Brown, D. E., 1989. Students' Concept of Force: The Importance of Understanding Newton's Third Law, Physics Education, 24, 353-358.
- Büyüköztürk, Ş., 2005. Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı, 5. Baskı, Pegem A Yayıncılık, Ankara.
- Cahyadi, V., 2004. The Affect of Interactive Engagement Teaching on Student Understanding of Introductory Physics at the Faculty of Engineering, University of Surabaya, Indonesia, Higher Education Research and Development, 23, 4, 455-464.
- Cahyadi, V. ve Butler, P. H., 2004. Undergraduate Students' Understanding of Falling Bodies in Idealized and Real-World Situations, Journal of Research in Science Teaching, 41, 6, 569–583.
- Capel, S., Leask, M. ve Turner, T., 1998. Learning to Teach in the Secondary School, Routledge, London and New York.
- Carr, M., 1996. Interviews about Instances and Interviews about Events. In Improving Teaching in Science and Mathematics, (eds. David F. Treagust, Reinders Duit and Barry J. Fraser), 44-53s., Teachers Colloge Press, New York.
- Chen, W., 2002. Six Expert and Student Teachers' Views and Implementation of Constructivist Teaching Using A Movement Approach to Physical Education, The Elementary School Journal, 102, 3, 255-274.
- Clement, J. J., 1982. Students' Preconceptions in Introductory Mechanics, American Journal of Physics, 50, 1, 66-71.

- Clement, J. J., 1993. Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics, Journal of Research in Science Teaching, 30, 1241-1257.
- Cohen, L. ve Manion, L., 1990. Research Methods in Education. Third Ed., Routledge, London.
- Cohen, L., Manion, L. ve Morrison, K., 1996. A Guide to Teaching Practice, Fourth Ed., Routledge, London and New York.
- Coştu, B., Karataş, F. Ö. ve Ayas, A., 2003. Kavram Öğretiminde Çalışma Yapraklarının Kullanılması, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 2, 14, 33-48.
- Çalık, M., 2005. A Cross-Age Study of Different Perspectives in Solution Chemistry from Junior to Senior High School, International Journal of Science and Mathematics Education, 3, 671-696.
- Çalık, M., 2006. Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Göre Lise 1 Çözeltiler Konusunda Materyal Geliştirilmesi ve Uygulanması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çalık, M. ve Ayas, A., 2003. Çözeltilerde Kavram Başarı Testi Hazırlama ve Uygulama, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 2, 14, 1-17.
- Çalık, M., Ayas, A. ve Coll, R. K., 2005. Enhancing Pre-Service Elementary Teachers' Conceptual Understanding of Solution Chemistry with Conceptual Change Text, International Journal of Science and Mathematics Education, 3, 4, 671-696.
- Çepni, S. ve Kurt, Ş., 2004. Laboratuvarların Kavram Yanılgılarının Giderilmesi Üzerine Etkisi: Keşfedici Bir Yaklaşım, XII. Eğitim Bilimleri Kongresi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Bildiriler Kitabı, Cilt III, 2089-2108.
- Çepni, S., 2005. Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, Üçyol Kültür Merkezi, Trabzon.
- Çepni, S., Akdeniz, A.R. ve Keser, Ö.F., 2000. Fen Bilimleri Öğretiminde Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Uygun Örnek Rehber Materyallerin Geliştirilmesi, 19. TFD Fizik Kongresi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Dekkers, P. J. J. M. ve Thijs, G. D., 1998. Making Productive Use of Students' Initial Conceptions in Developing the Concept of Force, Science Education, 82, 31-51.
- Demircioğlu, G., 2003. Lise II Asitler ve Bazlar Ünitesi ile İlgili Rehber Materyal Geliştirilmesi ve Uygulanması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demircioğlu, H., 2002. Sınıf Öğretmen Adaylarının Bazı Temel Kimya Kavramlarını Anlama Düzeyleri ve Karşılaşılan Yanılgılar, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Demircioğlu, H., Akdeniz, A. R. ve Demircioğlu, G., 2004. Maddenin Tanecikli Yapısına İlişkin Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Çalışma Yapraklarının Etkisi, XII. Eğitim Bilimleri Kongresi, Gazi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Bildiriler Kitabı, Cilt III, 2137–2160.
- Demircioğlu, H. ve Atasoy, Ş., 2006. Çalışma Yapraklarının Geliştirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 19, 71-79.
- Ditzler, M. A. ve Ricci, R. W., 1994. Discovery Chemistry: Balancing Creativity and Structure, Journal of Chemical Education, 71, 8, 685-688.
- Donaldson, N. L., 2004. The Effectiveness of the Constructing Physics Understanding (CPU) Pedagogy on Middle School Students' Learning of Force and Motion Concepts, Doctor of Philosophy, University of Missouri, Kansas City-Missouri.
- Dowdeswell, W. H., 1981. Teaching and Learning Biology, Heinemann Educational Books, London.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. ve Wood-Robinson, V., 1994. Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas, Routledge, London and Newyork.
- Duit, R. ve Treagust, D. F., 1995. Students' Conceptions and Constructivist Teaching Approaches, In Improving Science Education, Barry J. Fraser and Herbert J. Walberg (Eds.), 45-69s., University of Chicago Press, Chicago.
- Elby, A., 2000. What Students' Learning of Representations Tells Us About Constructivism? Journal of Mathematical Behavior, 19, 481–502.
- Elby, A., 2001. Helping Physics Students Learn How to Learn, Physics Education Research, 69, 7, 54–64.
- Enderstein, L. G. ve Spango, P. E., 1996. Beliefs Regarding Force and Motion: A Longitudinal and Cross-Cultural Study of South African School Pupils, International Journal of Science Education, 18, 4, 479-492.
- Erözkan, A., Ekiz, D., Bozkurt, E., İnaç, H., Gelen, T., Taşlı, İ., Gündoğdu, K., Deniz, L., Yiğit, N. ve Çakıcı, Y., 2007. Bilimsel Araştırma Yöntemleri, Lisans Yayıncılık, İstanbul.
- Eryılmaz, A. ve Tatlı, A., 1999. ODTÜ Öğrencilerinin Mekanik Konusundaki Kavram Yanılgıları, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 103-108.
- Eryılmaz, A., 2002. Effects of Conceptual Assignments and Conceptual Change Discussions on Students' Misconceptions and Achievement Regarding Force and Motion, Journal of Research In Science Teaching, 39, 10, 1001-1015.

- Espinoza, F., 2004. Enhancing Mechanics Learning Through Cognitively Appropriate Instruction, Physics Education, 39, 2, 181-187.
- Espinoza, F., 2005. An Analysis of the Historical Development of Ideas about Motion and Its Implications for Teaching, Physics Education, 40, 2, 139-146.
- Friedler, Y. ve Tamir, P., 1990. Life in Science Laboratory Classrooms at Secondary Level. In *The Student Laboratory and the Science Curriculum*, Elizabeth Hegarty-Hazel (Ed.), 337-356s., Routledge, London and New York.
- Galili, I., 2001. Weight Versus Gravitational Force: Historical and Educational Perspectives, International Journal of Science Education, 23, 10, 1073-1093.
- Gauld, C., 1998. Making More Plausible What is Hard to Believe: Historical Justifications and Illustrations of Newton's Third Law, Science and Education, 7, 159-172.
- Gilbert, J. K. ve Watts, D. M., 1983. Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education, Studies in Science Education, 10, 61-98.
- Gilbert, J. K., Watts, D. M. ve Osborne, R. J., 1982. Students' Conceptions of Ideas in Mechanics, Physics Education, 17, 62-66.
- Goldring, H. ve Osborne, J., 1994. Students' Difficulties with Energy and Related Concepts, Physics Education, 28, 26-31.
- Gunstone, R. F., Champagne, A. B., ve Klopfer, L. E., 1981. Instruction for Understanding: A Case Study, Australian Science Teachers Journal, 27, 27-32.
- Gunstone, R. F. ve Mitchell, I. J., 1998. Metacognition and Conceptual Change, In *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*, Joel J. Mintzes, James H. Wandersee and Joseph D. Novak (Eds.), 133-163s., Academic Press, USA.
- Gürses, E., 2006. Durgun Elektrik Konusunda Yapılandırıcı Öğrenme Kuramına Dayalı, 5E Modeline Uygun Olarak Geliştirilen Dokümanların Uygulanması ve Etkililiğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gürses, E., Akdeniz, A. R. ve Atasoy, Ş., 2006. Durgun Elektrik Konusunda 5E Modeline Göre Geliştirilen Materyallerin Öğrenci Başarısına Etkisi, VII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Halim, L. ve Meerah, S. M., 2002. Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Its Influence on Physics Teaching, Research in Science & Technological Education, 20, 2, 215-225.

- Halloun, I., 1998. Schematic Concepts for Schematic Models of the Real World: The Newtonian Concept of Force, Science Education, 82, 239-263.
- Halloun, I. A. ve Hestenes, D., 1985a. The Initial Knowledge State of College Physics Students, American Journal of Physics, 53, 11, 1043-1055.
- Halloun, I. A. ve Hestenes, D., 1985b. Common Sense Concepts about Motion, American Journal of Physics, 53, 11, 1056-1065.
- Hand, B. ve Treagust, D. F., 1991. Student Achievement and Science Curriculum Development Using a Constructivist Framework, School Science and Mathematics, 91, 4, 172-176.
- Helm, H., 1980. Misconceptions in Physics amongst South African Students, Physics Education, 15, 92-105.
- Hewson, M. G. ve Hewson, P. W., 2003. Effect of Instruction Using Students' Prior Knowledge and Conceptual Change Strategies on Science Learning, Journal of Research in Science Teaching, 40, 86-98.
- Ibrahim, H. A., 2001. Examining the Impact of the Guided Constructivist Teaching Method on Students' Misconceptions about Concepts of Newtonian Physics, Doctor of Philosophy, University of Central Florida, Orlando-Florida.
- Ivowi, U. M. O., 1984. Misconceptions in Physics amongst Nigerian Secondary School Students, Physics Education, 19, 279- 285.
- Jimoyiannis, A. ve Komis, V., 2003. Investigating Greek Students' Ideas About Forces And Motion, Research in Science Education, 33, 375-392.
- Kabapınar, F., 2005. Yapılandırmacı Öğrenme Sürecine Katkıları Açısından Fen Derslerinde Kullanılabilecek Bir Öğretim Yöntemi Olarak Kavram Karikatürleri, Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri, 5, 1, 101-146.
- Kaptan, S., 1998. Bilimsel Araştırma ve İstatistik Teknikleri, 11. Baskı, Tekışık Web Ofset Tesisleri, Ankara.
- Karasar, N., 1999. Bilimsel Araştırma Yöntemi, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Katipoğlu, M. ve Gürel, Z., 2005. Öğrencilerin Newton'un III. Hareket Kanunu Araba Çarpışmalarına Uygulama Becerisi, XIV. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Denizli, Kongre Kitabı, Cilt 2, 540-543.
- Keogh, B. ve Naylor, S., 1999a. Concept Cartoons, Teaching and Learning in Science: an Evaluation, International Journal of Science Education, 21, 4, 431-446.

- Keogh, B. ve Naylor, S., 2000. Teaching & Learning in Science Using Concept Cartoons: Why Dennis Wants to Stay in at Playtime, Investigating: Australian Primary & Junior Science Journal, 16, 3, 10–14.
- Keogh, B., Naylor, S. ve Wilson, C., 1998. Concept Cartoons: A New Perspective on Physics Education, Physics Education, 33, 4, 219–224.
- Kikas, E., 2004. Teachers' Conceptions and Misconceptions Concerning Three Natural Phenomena, Journal of Research in Science Teaching, 41, 5, 432–448.
- Kinchin, I. M., 2004. Investigating Students' Beliefs about their Preferred Role as Learners, Educational Research, 46, 3, 301-312.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. ve Clark, R. E., 2006. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of The Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching, Educational Psychologist, 41, 2, 75–86.
- Kisiel, J. F., 2003. Teachers, Museums and Worksheets: A Closer Look at a Learning Experience, Journal of Science Teacher Education, 14, 1, 3–21.
- Kisiel, J. F., 2006. An Examination of Fieldtrip Strategies and Their Implementation within a Natural History Museum, Science Education, 90, 434-452.
- Kocakulah, M. S., 2002. An Investigation of First Year University Students' Understanding of Magnetic Force Relations between Two Current Carrying Conductors. A Case Study: Balikesir University Faculty of Education, Hacettepe Eğitim Fakültesi Dergisi, 23, 155-166.
- Kruger, C., 1990. Some Primary Teachers' Ideas about Energy, Physics Education, 25, 86–91.
- Kurt, Ş. ve Akdeniz, A. R., 2002. Fizik Öğretiminde Enerji Konusunda Geliştirilen Çalışma Yapraklarının Uygulanması, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, ODTÜ, Ankara, Bildiriler Kitabı, Cilt I, 570–576.
- Kurt, Ş. ve Akdeniz, A. R., 2004a. Farklı Düzeylerdeki Öğrencilerde Kuvvet Kavramı ile İlgili Yanılgılar, XII. Eğitim Bilimleri Kongresi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Bildiriler Kitabı, Cilt III, 1931–1950.
- Kurt, Ş. ve Akdeniz, A. R., 2004b. Öğretmen Adaylarının Kuvvet Kavramı ile İlgili Yanılgılarını Gidermede Keşfedici Laboratuvar Modelinin Etkisi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27, 196–205.
- Kurt, Ş., 2002. Fizik Öğretiminde Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Uygun Çalışma Yapraklarının Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Kuru, İ. ve Güneş, B., 2005. Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Kuvvet Konusundaki Kavram Yanılgıları, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25, 2, 1-17.
- Küçüközer, H., 2004. Yapılandırmacı Öğrenme Kuramına Dayalı Olarak Geliştirilen Öğretim Modelinin Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Basit Elektrik Devrelerine İlişkin Kavramsal Anlamalarına Etkisi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Legendre, M. F., 1997. Task Analysis and Validation for a Qualitative, Exploratory Curriculum in Force and Motion, Instructional Science, 25, 255-305.
- Linn, J. E. ve Gronlund, M. A., 1995. Measurement and Assessment in Teaching, Prentice-Hall, New Jersey.
- Lombardi, O., 1999. Aristotelian Physics in the Context of Teaching Science: A Historical-Philosophical Approach, Science and Education, 8, 217-239.
- Maloney, D. P., 1984. Rule-Governed Approaches to Physics: Newton's Third Law, Physics Education, 19, 37-42.
- Marioni, C., 1989. Aspects of Student's Understanding in Classroom Settings: Case Studies on Motion and Inertia, Physics Education, 24, 273-277.
- Mason, L. ve Boscolo, P., 2000. Writing and Conceptual Change. What Changes? Instructional Science, 28, 199-226.
- Montanero, M., Perez, A. L. ve Suero, M. I., 1995. A Survey of Students' Understanding of Colliding Bodies, Physics Education, 30, 277-283.
- Montanero, M., Suero, M. I., Perez, A. L. ve Pardo, P. J., 2002. Implicit Theories of Static Interactions between Two Bodies, Physics Education, 37, 4, 318-323.
- Moss, D. B. ve Cornely, K., 2001. Determination of the Universal Gas Constant, R: A Discovery Laboratory, Journal of Chemical Education, 78, 9, 1260-1262.
- Nachmias, D. ve Nachmias, C., 1997. Research Methods in the Social Sciences, Second Edition, St. Martin's Pres, New York.
- Naylor, S. ve Keogh, B., 1999. Constructivism in Classroom: Theory into Practice, Journal of Science Teacher Education, 10, 2, 93-106.
- Naylor, S. ve Keogh, B., 2000. Concept Cartoons in Science Education, Milligate Hause Publishing, UK.
- Northfield, J., Gunstone, R. ve Erickson, G., 1996. A Constructivist Perspective on Science Teacher Education, In Improving Teaching in Science and Mathematics, David F. Treagust, Reinders Duit and Barry J. Fraser (Eds.), 201-211s., Teachers College Press, New York.

- Oliva, J. M., 1999. Structural Patterns in Students' Conceptions in Mechanics, International Journal of Science Education, 21, 9, 903-920.
- Osborne, J. ve Freeman, J., 1989. Teaching Physics: A Guide for the Non-Specialist, Cambridge University Press, Cambridge.
- Osborne, R. ve Freyberg, P., 1985. Learning in Science: The Implication of Children's Science, Heinemann Education, Hong Kong.
- Osborne, R. J. ve Wittrock, M. C., 1983. Learning Science: A Generative Process, Science Education, 67, 4, 489-508.
- Osborne, R. J. ve Gilbert, J. K., 1980. A Technique for Exploring Students' Views of the World, Physics Education, 15, 376-379.
- Özçelik, D. A., 1997. Test Hazırlama Kılavuzu, 3. Baskı, ÖSYM Yayınları, Ankara.
- Özsevgeç, T., 2007. İlköğretim 5. Sınıf Kuvvet ve Hareket Ünitesine Yönelik 5E Modeline Göre Geliştirilen Rehber Materyallerin Etkililiklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Palmer, D. H. ve Flanagan, R. B., 1997. Readiness to Change the Conception That "Motion-Implies-Force": A Comparison of 12-Year-Old and 16-Year-Old Students, Science Education, 81, 317-331.
- Pope, M. ve Watts, M., 1988. Constructivist Goggles: Implications for Process in Teaching and Learning Physics, European Journal of Physics, 9, 101-109.
- Proctor, A., Entwistle, M., Judge, B. ve McKenzie-Murdoch, S., 1997. Learning to Teach in the Primary Classroom, Routledge, London and New York.
- Rix, C. ve McSorley, J., 1999. An Investigation into The Role That School-Based Interactive Science Centres May Play in The Education of Primary-Aged Children, International Journal of Science Education, 21, 6, 577-593.
- Sadanand, N. ve Kess, J., 1990. Concepts in Force and Motion, The Physics Teacher, 28, 530-533.
- Saka. A., 2001. Denetleyici ve Düzenleyici Sistemler Ünitesi için Öğretmen Rehber Materyallerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Saka, A., 2006. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Genetik Konusundaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde 5E Modelinin Etkisi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Saka, A. ve Akdeniz, A. R., 2001. Biyoloji Öğretmenlerine Çalışma Yaprağı Geliştirme ve Kullanma Becerileri Kazandırmak İçin Bir Yaklaşım, Yeni Bin Yılın Başında Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 176-182.

- Sands, M. ve Özçelik, D. A., 1997. Okullarda uygulama çalışmaları, öğretmen eğitimi dizisi, YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi, Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi, Ankara.
- Savinainen, A. ve Scott, P., 2002. The Force Concept Inventory: a Tool for Monitoring Student Learning, Physics Education, 37, 1, 45-52.
- Serway, R. A., 1995. Fen ve Mühendislik için Fizik-1, Mekanik-Termodinamik (Çev. Kemal Çolakoglu), Palme Yayıncılık, Ankara.
- Sharma, M. D., Millar, R. ve Seth, S., 1999. Workshop Tutorials: Accommodating Student-Centered Learning in Large First Year University Physics Courses, International Journal of Science Education, 21, 8, 839– 853.
- So, W. M. W., 2002. Constructivist teaching in primary science. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 3, 1.
- Sprague, D. ve Dede, C., 1999. Constructivism in the Classroom: If I Teach This Way, Am I Doing My Job? Learning & Leading with Technology, 27, 1, 16-17.
- Stephenson, P. ve Warwick, P., 2002. Using Concept Cartoons to Support Progression in Students' Understanding of Light, Physics Education, 37, 2, 135-141.
- Stinner, A., 1994. The Story of Force: from Aristotle to Einstein, Physics Education, 28, 77-85.
- Suzuki, M., 2005. Social Metaphorical Mapping of the Concept of Force “CHI-KA-RA” in Japanese, International Journal of Science Education, 27, 15, 1773 – 1804.
- Şahan, B. Y., Tekin, L., Özer, A., Yaz, M. A., Aksoy, S. ve Aydın, S., 2000. Fizik 1: Mekanik, Sürat Yayınları, İstanbul.
- Taşar, M. F., 2001. A Case Study of a Novice College Student's Alternative Framework and Learning of Force and Motion, PhD. Thesis, The Pennsylvania State University, University Park, PA.
- Tekin, H., 2000. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme, Yargı Yayınevi, Ankara.
- Thijs, G. D., 1992. Evaluation of an Introductory Course on “Force” Considering Students' Preconceptions, Science Education, 76, 155–174.
- Toh, K. A., Ho, B. T., Chew, C. M. K. ve Riley II, J. P., 2003. Teaching, Teacher Knowledge and Constructivism, Educational Research for Policy and Practice, 2, 195–204.
- Trumper, R. ve Gorsky, P., 1996. A Cross-College Age Study about Physics Students' Conceptions of Force in Pre-Service Training For High School Teachers, Physics Education, 31, 227-236.

- Trumper, R. ve Gorsky, P., 1997. A Survey of Biology Students' Conceptions of Force in Pre-Service Training For High School Teachers, Research in Science & Technological Education, 15, 133-149.
- Trumper, R., 1998. A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training For High School Teachers, Journal of Science Education and Technology, 7, 4, 311-317.
- Trumper, R., 1999. A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions of Force in Pre-service Training for High School Teachers, European Journal of Teacher Education, 22, 2, 247-258.
- Trumper, R., 2003. The Need for Change in Elementary School Teacher Training A Cross-College Age Study of Future Teachers' Conceptions of Basic Astronomy Concepts, Teaching and Teacher Education, 19, 309-323.
- Trumper, R., Raviolo, A. ve Shnersch, A. M., 2000. A Cross-Cultural Survey of Conceptions of Energy among Elementary School Teachers in Training-Empirical Results from Israel and Argentina, Teaching and Teacher Education, 16, 697-714.
- Turgut, F., 1992. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Metotları, Dokuzuncu Baskı, Saydam Matbaacılık, Ankara.
- Tynjala, P., 1999. Towards Expert Knowledge? A Comparison between a Constructivist and Traditional Learning Environment in the University, International Journal of Educational Research, 31, 357-442.
- URL-1, Research Methods, <http://allpsych.com/researchmethods/preexperimentaldesign.html>, 11 Aralık 2007.
- URL-2, EARGED Ortaöğretim Kurumları Fizik Programı İhtiyaç Belirleme Analiz Raporu, <http://www.x-ray.gazi.edu.tr/fizik/EARGED.pdf>, 30 Kasım 2007.
- Vondracek, M., 2003. Enhancing Student Learning by Tapping into Physics They Already Know, The Physics Teacher, 41, 109-112.
- Watts, D. M., 1983. Some Alternative Views of Energy, Physics Education, 18, 213-217.
- Watts, D. M. ve Zylbersztajn, A., 1981. A Survey of Some Children's Ideas about Force, Physics Education, 16, 360-365.
- Watts, M. ve Pope, M., 1989. Thinking about Thinking, Learning about Learning: Constructivism in Physics Education, Physics Education, 24, 326-331.
- White, R. ve Gunstone, R., 1992. Probing Understanding, The Falmer Press, London.
- Whitaker, R. J., 1983. Aristotle is Not Dead: Student Understanding of Trajectory Motion, American Journal of Physics, 51, 4, 352-357.

- Yıldırım, A. ve Şimşek, H., 2005. Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, Genişletilmiş 5. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Yiğit, N., 2001. Fizik Eğitim-Öğretiminde Öğretmen Merkezli Program Geliştirme Yaklaşımı, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yiğit, N., Akdeniz, A.R. ve Kurt, Ş., 2001. Fizik Öğretiminde Çalışma Yapraklarının Geliştirilmesi, Yeni Bin Yılın Başında Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 151–157.
- Yip, D. Y., Chung, C. M. ve Mak, S. Y., 1998. The Subject Matter Knowledge in Physics Related Topics of Hong Kong Junior Secondary Science Teacher, Journal of Science Education, 7, 4, 319-328.
- YÖK, 1998. Fakülte-Okul İşbirliği Kılavuzu, Öğretmen Eğitimi Dizisi, YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi, Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi, Ankara.

8. EKLER

Ek 1. Kuvvet Kavramı İle İlgili Tarihteki Görüşler ve Newton'un Hareket Kanunları

A) Aristotle'nin kuvvet kavramı ile ilgili görüşleri:

Aristotle doğadaki bir dizi olayı gözleyerek elde ettiği sonuçlardan, kuvvet kalkınca hareket halindeki bütün nesnelere durgun hale geleceği sonucuna varmıştır. Örneğin, bir at, at arabasını çekmeyi bırakınca arabanın durduğunu gözleyerek kuvvet olmayınca hareketin de olmayacağını düşünmüştür. Ayrıca, nesnelere serbest düşmeye bırakıldığında hava ve su gibi ortamlarda hareket ettiklerini gözleyerek boşlukta hareketin imkansız olduğu fikrini savunmuştur (Stinner, 1994; Lombardi, 1999). Aristotle'nin gözlemlerine göre, doğal hareket kutsaldır ve dünyevidir. Bu bilim adamı başlangıcı veya sonu olmadığı için dairesel hareketin doğal olduğunu, böylece yıldız ve gezegenlerin mükemmel dairelerde dolandıklarını belirtmiştir. Aristotle bu hareketler için bir kuvvet gerekmediğinden doğal olduklarını düşünmektedir. Bunun dışındaki hareketlerse bir kuvvet etkisiyle gerçekleşir ve kuvvet kaldırıldığında nesnelere durması gerekmektedir. (Boeha, 1990). Buna bağlı olarak Aristotle, dünyada hareketi engelleyici bir direncin daima var olduğunu belirtmiştir.

Böylece, hızın kuvvetle doğru orantılı, ortamın direnciyle ters orantılı olduğunu gösteren $V \propto \frac{F}{R}$ şeklinde bir bağıntı ortaya atmıştır (Stinner, 1994). Aristotle'nin kuvvet ve hareketle ilgili fikirlerini ilk olarak 5.yy'da John Philoponus sorgulamıştır. O, $V \propto \frac{F}{R}$ bağıntısını reddederek $V \propto F-R$ ifadesini kullanmıştır. Açıkçası bu ifade direncin sıfır olduğu boşlukta da hareketin mümkün olabileceği anlamına gelmektedir (Stinner, 1994).

B) İçsel kuvvet teorisi (İmpetus teorisi):

15.yy'da Buridan, hareket halindeki bir nesnenin onu hareket halinde tutan bir kuvvete sahip olduğunu ve bu kuvveti içsel kuvvet (impetus) kavramı ile açıklamıştır (Espinoza, 2005). O, direnç ve diğer kuvvetler olmadığında mermiye etkiyen kuvvetin sürekli olduğunu düşünmüştür. Buridan etkiyen bu kuvvetin maddenin miktarı ve hızı ile orantılı olduğunu ifade etmiştir. Ancak, Buridan'ın itmeyi hareketin bir etkisi olarak mı yoksa hareketin bir nedeni olarak mı düşündüğü açık değildir.

C) Newton'un kuvvet kavramı ile ilgili görüşleri:

Tarihsel gelişimde görüldüğü gibi kuvvet kavramının hareketten bağımsız olarak bir tanımı yapılamamıştır. Newton ile birlikte kuvvetin hareketten bağımsız bir tanımını geliştirilmiştir. Newton'un hareketten bağımsız olarak ortaya ilk attığı kuvvet fikri itmedir. Newton bu fikri "*Dışardan herhangi bir kuvvet etki etmeden hareket eden bir cisim içten dürtükleyen bir kuvvetle hareket etmektedir*" şeklinde açıklamaktadır. Bu açıklama, genç Newton'un düşünceleriyle bugünkü lise öğrencilerinin aynı itme fikrine sahip olduklarını göstermektedir. Yanılgılara neden olan bu görüşün yanında bu öğrenciler, Steinberg'in "*transfer*" dediği bir nesnenin çarpışma boyunca kuvvetinin bir kısmını diğerine aktardığı fikrine inanmaktadırlar. Daha sonra Newton'un "*uygulanan kuvvet*" kavramı kuvvetle hareketi birbirinden ayırarak kuvvetin bir nesneden diğerine aktarıldığı şeklindeki yanılığın önleniği belirtilmektedir. Bununla birlikte,

Ek 1'in devamı

Newton'un durağan kütle fikrini ortaya atması, bir kuvvet olmaksızın hareketin mümkün olabileceği anlamına gelmektedir (Espinoza, 2005; Stinner, 1994). Bu fikirleri benimseyen öğrencilerde kuvvet ile ilgili yanlışların ortadan kalkacağı düşünülmektedir. Halloun (1998) günümüzde bilimsel olarak kabul gören Newton'un kuvvet kavramı ile ilgili görüşlerini aşağıdaki gibi özetlemiştir:

- Fiziksel olarak etkileşime giren çift halindeki bütün nesnelere kuvvet kavramına dayanır. Newton'un modellerinde çiftlerden biri nesne diğeri etmenddir.

- Bir nesne kendi kendisiyle etkileşemez. Her kuvvet bir dış etmene sahip olmalıdır. Ayrı bir etmen verilen bir nesneyle belli bir yönde etkileşerek ortaya çıkmazsa kuvvet kavramı kullanılamaz.

- Kuvvet kavramı açıklayıcıdır. Bir dinamik kavramdır, kinematik değil; bir nesnenin hız değişimini açıklar.

- Bir etkileşimin varlığı ve bu nedenle kuvvet kavramına olan ihtiyaç bir nesnenin kinematiksel durumundan tanımlanabilir: serbest bir parçacığın sabit hızını korumak için herhangi bir etmenle etkileşmesine gerek yoktur; yine de hızındaki herhangi bir değişim bir veya daha fazla etmenle etkileşmesini gerektirir.

- Tek bir kuvvet, etkinin tek bir yönünü gösterir (yani nesne üzerindeki bir etmenin etkisini).
- Kuvvetler çiftler halindedir.
- Bir nesne ve etmen arasında etkileşimin olması için hiçbir aracıya ihtiyaç yoktur.

D) Newton'un Hareket Kanunları:

Newton'un Hareket Kanunları Ek Tablo 41'de tanımlanmıştır (Serway, 1995).

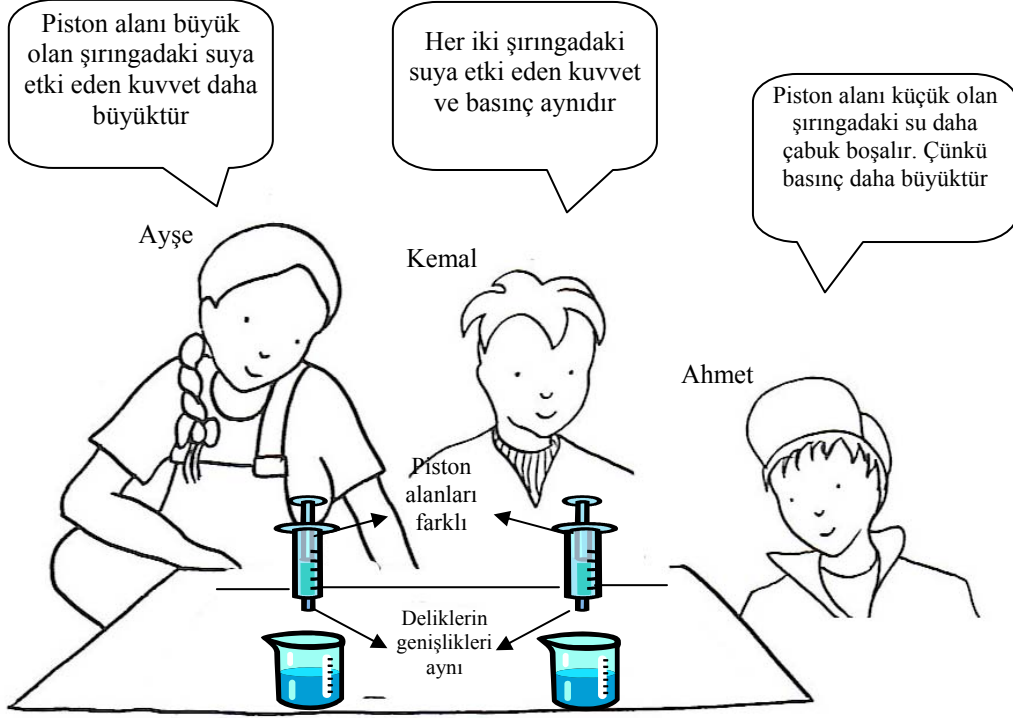
Ek Tablo 41. Newton'un günümüzde geçerli olan hareket kanunları ve tanımları

Newton'un Hareket Kanunları	Tanım
I. Hareket Kanunu	Bir cisim üzerine etki eden bileşke kuvvet sıfır olduğunda cisim durgun ise durmaya devam eder, harekette ise sabit hızla doğrusal hareketine devam eder. Bu da bir cisme etki eden net kuvvet sıfır ($\Sigma F=0$) ise ivmesi de ($a=0$) sıfır olur demektir.
II. Hareket Kanunu	Bir cismin ivmesi, ona etki eden bileşke kuvvetle doğru orantılı, kütlesi ile ters orantılıdır ($\Sigma F=ma$). Bileşke kuvvet sıfıra eşitse $a=0$ olacağına dikkat edilmelidir. Bu durum, sabit V hızı ile hareket eden cismin denge haline karşılık gelir. Newton'un birinci ve ikinci kanunu, eylemsiz referans sisteminde geçerlidir.
III. Hareket Kanunu	Bu kanun, iki cisim etkileşiyorsa, 2 cisminin 1 cismine uyguladığı kuvvetin, 1 cisminin 2 cismine uyguladığı kuvvete eşit ve zıt yönlü olduğunu ifade eder.

Ek 2. Çalışma Yaprakları

KUVVET VE BASINÇ

Farklı piston alanlarına sahip iki şırıngaya şekildeki gibi eşit miktarlarda su konuluyor. Daha sonra pistonların üzerine aynı anda eşit ağırlıklar yerleştiriliyor. Bu durumda ne olacağı ile ilgili üç öğrencinin düşüncesi aşağıda görülmektedir. **Sizce hangisinin ifadesi doğrudur?**



✘ Bu düşüncenizin nedenini açıklayınız?

Şimdi sınıf arkadaşlarınızla tartışarak düşüncenizin doğru olduğunu göstermeye çalışınız.

◆ Açıklamanızı şekillerle destekleyerek aşağıdaki boşluğa yazınız.

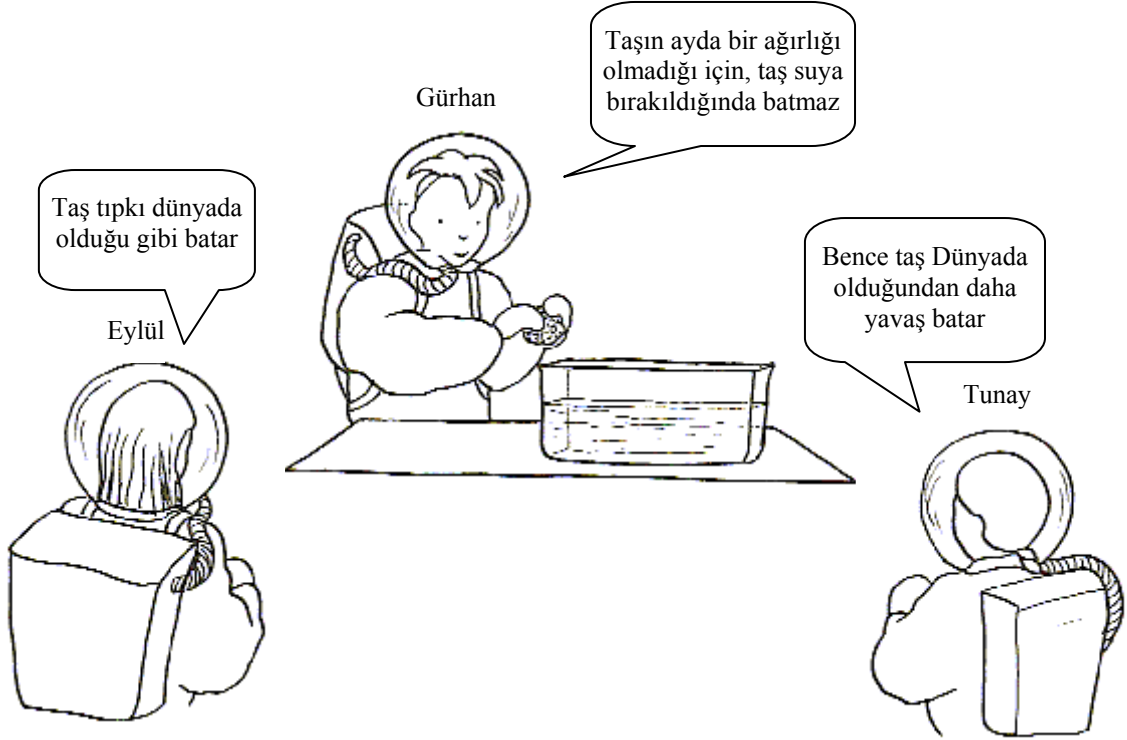
◆ Sizce basınç ile kuvvet aynı ifadeler midir? Tartışınız.

◆ Enerji, momentum ve hareket kavramları kuvvet ifadesi olarak kullanılabilir mi? Niçin?

Ek 2'nin devamı

AYDAKİ KUVVET

Ayda inceleme yapan bir araştırmacı grubun, suya bırakılan bir taşın batıp batmayacağı ile ilgili konuşmaları aşağıdaki gibidir. **Sizce hangisinin ifadesi doğrudur?**

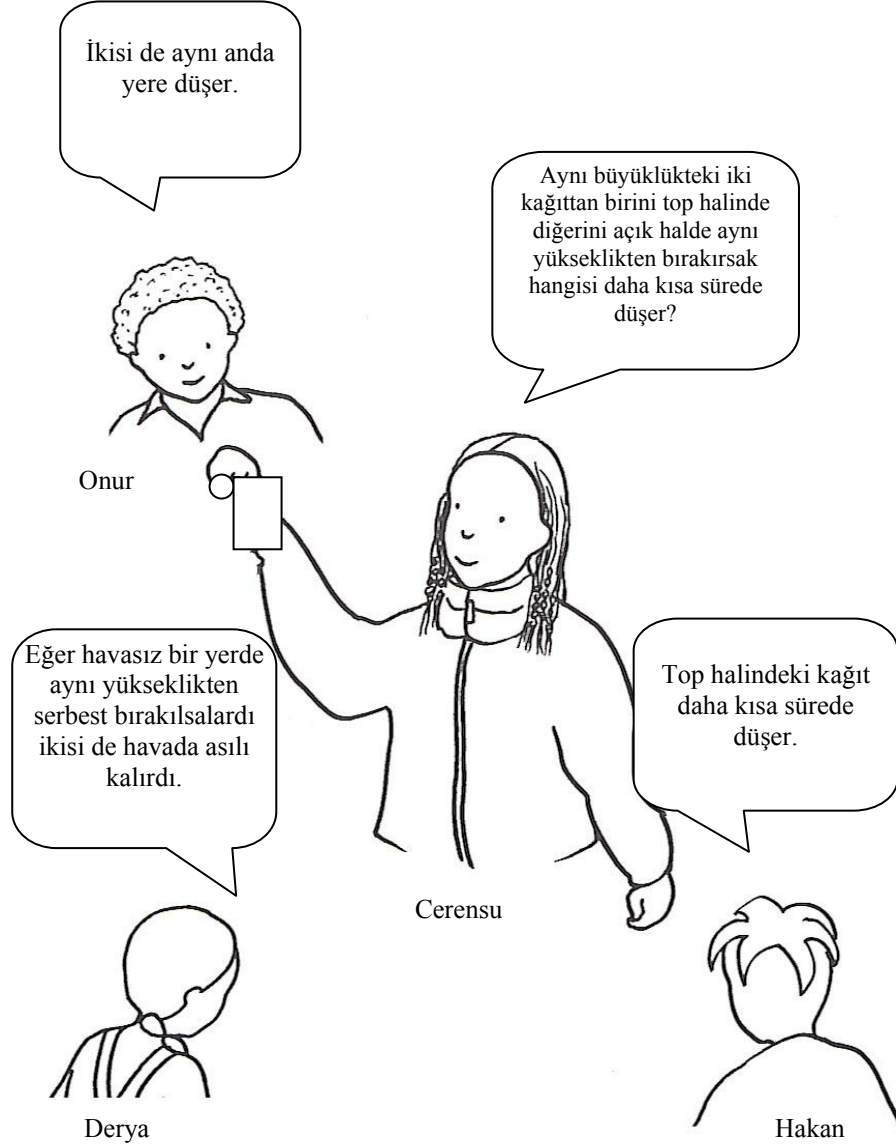


◆ Bnyle dűřenmenizin nedenini ađıklayınız.

◆ Bu dűřncenizi destekleyen rnekler veriniz ve bunları sınıf arkadaşlarınızla tartışınız.

Ek 2'nin devamı

SERBEST DÜŞMEDE KUVVET



Yukarıda görüldüğü gibi üç öğrenci Cerensu'nun sorusu ile ilgili düşüncelerini açıklamaktadırlar. Bu görüşlerin her birini ele alarak yanlış olduğunu düşündüklerinizin nedenini açıklayınız ve siz bu soru ile ilgili ne düşünüyorsunuz? Düşüncelerinizi yazınız.

Ek 2'nin devamı

- ◆ Düşüncenizi sınıf arkadaşlarınızla tartışarak konu ile ilgili bir gösteri hazırlayınız ve sınıfa sununuz.

- ◆ Sınıf arkadaşlarınız gösterinizle ilgili neler düşünüyor? Bu görüşler sizi nasıl etkiledi?

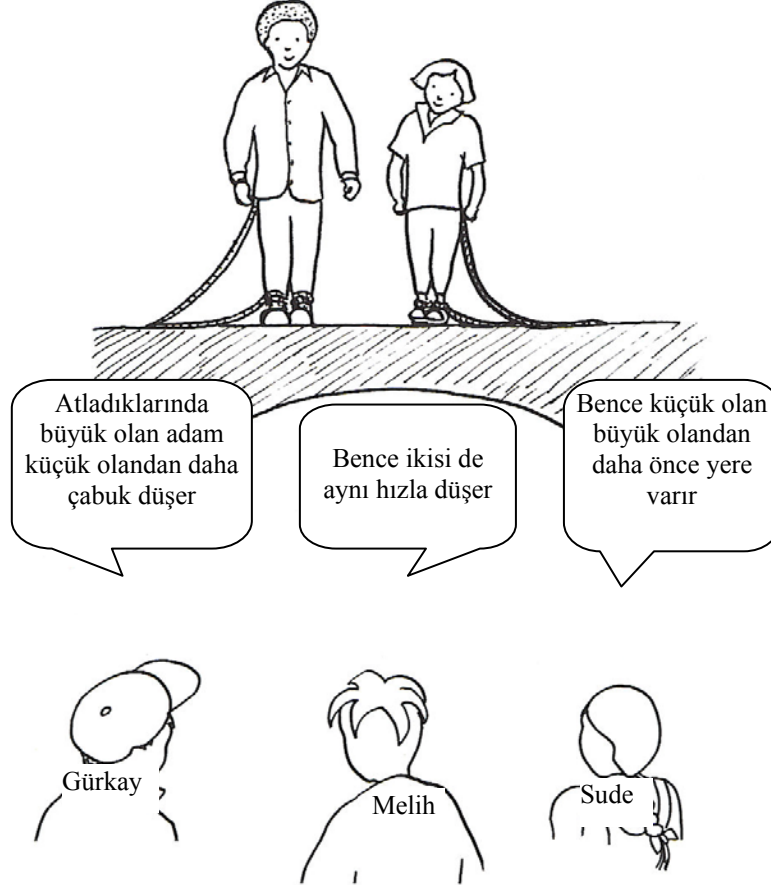
- ◆ Gösterinizi havası alınmış bir fanus içinde yapsaydınız sonuç değişir miydi? Niçin?

- ◆ Havasız ortamla havalı ortam arasındaki farklar nelerdir? Bunlar cisimlere etki eden kuvvetleri nasıl etkiler?

Yukarıdaki işlemleri başarıyla tamamladıysanız, şimdi diğer sayfadaki soruyu yanıtlayınız.

Ek 2'nin devamı

- ✘ Aşağıda üç kişi, Bungee Jumping yapan iki kişinin köprüden atladıktan sonra hızlarının ne olacağı ile ilgili tartışmaktadır. Sizce bu ifadelerden hangisi doğrudur? Kalemle kutu içine alarak yanıtınızı belirtiniz.

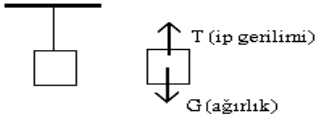


- ✘ Bu yanıtı seçmenizin nedenini açıklayınız.

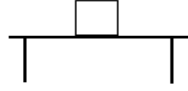
Ek 2'nin devamı

SERBEST CİSİM DİYAGRAMI ÇİZME

Şekil 1'de tavana asılı bir kutunun serbest cisim diyagramı verilmiştir. Buna göre diğer şekillerde kutulara etki eden kuvvetleri serbest cisim diyagramında gösteriniz. Şekil 2 ve 3'te zeminin sürtünmeli olduğunu kabul ediniz.



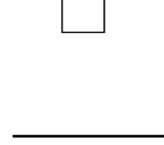
Şekil 1. Tavana iple asılı kutunun serbest cisim diyagramı



Şekil 2. Masa üzerinde duran bir kutu



Şekil 3. Eğik düzlemde kayan bir kutu



Şekil 4. Serbest düşme yapan bir kutu

◆ Bu şekillerin hangilerinde dengelenmiş kuvvetler olduğunu belirterek bu kuvvetlerden hangilerinin birbirini dengelediğini çizerek gösteriniz.

◆ Kuvvetlerin dengelenmesinin ne anlama geldiğini grup ve sınıf arkadaşlarınızla tartışınız.

Yukarıdaki işlemleri başarıyla tamamladıysanız aşağıdaki soruyu yanıtlayınız.

✘ Dört kayakçı aynı anda kaymaya başlamıştır. Bu kayakçılardan hangisinin söylediği size doğrudur? Seçtiğiniz kişinin ismini kalemle bir kutu içine alınız.



✘ Bu yanıtı seçmenizin nedenini açıklayınız.

Ek 2'nin devamı

HAREKETİ BAŞLATAN KUVVET



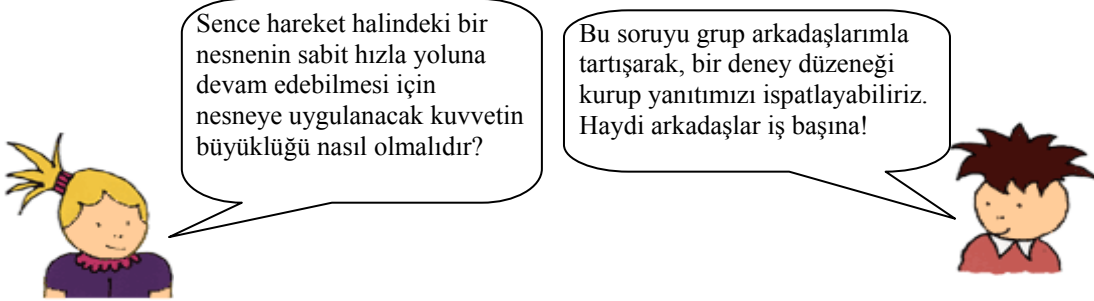
- ✘ Şekildeki oku harekete başlatan neden nedir? Açıklayınız.
- ✘ Bu neden okun hareketi süresince etki etmeye devam eder mi? Grup arkadaşlarınızla tartışarak yazınız. Daha sonra düşüncenizi sınıfa açıklayınız.
- ✘ Ok hareketine başladıktan sonra etki eden net kuvvetin yönü nasıldır? Çizerek gösteriniz.

Sınıfta aşağıdaki etkinliği yaparak düşününüz.

- ◆ Bir kağıt parçasını yuvarlayınız. Daha sonra bu kağıdı 40-50 cm yükselecek kadar yukarı doğru atınız. Bunu birkaç kez tekrarlayınız. Ne gözlediğinizi yazınız.
 - ◆ Hareket boyunca kağıda hangi kuvvetler etki eder? Yönlerini çizerek gösteriniz.
 - ◆ Aynı kağıt parçasını bu defa avucunuzda tutarak atarken uyguladığımız kuvvetle yukarı doğru kaldırmız. Hareket ne kadar sürüyor?
 - ◆ Bu hareket süresince kağıda etki eden kuvvetleri çizerek gösteriniz.
 - ◆ Bu iki durum arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
- ✘ Okun hareketini tekrar düşünerek bu durumlarda elde ettiğiniz bilgiler ışığında açıklayınız. Daha sonra düşüncenizi sınıfa sununuz.

Ek 2'nin devamı

SABİT HIZ İÇİN NET KUVVETİN KEŞFİ



✘ Grup arkadaşlarınızla tartışarak yukarıdaki problem için hipotez(ler) öneriniz. Daha sonra bunları tartışarak yazınız.

Hipotez 1:

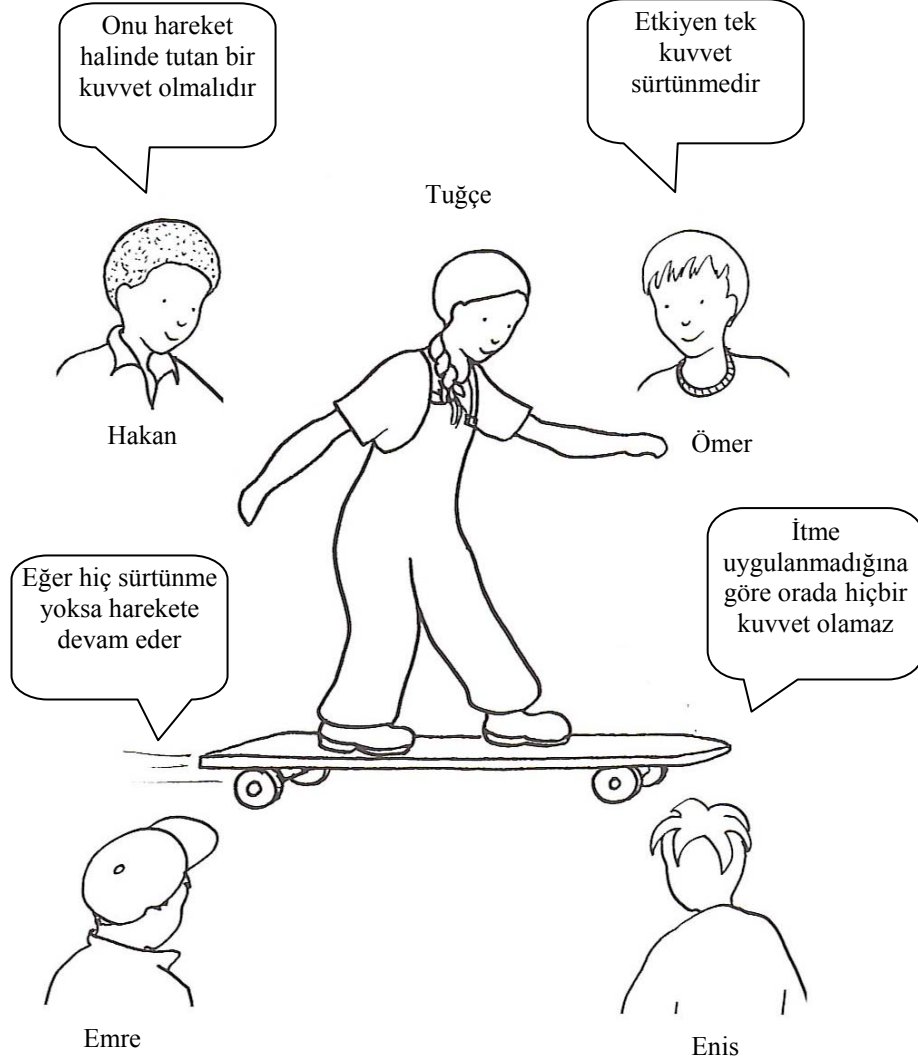
Hipotez 2:

- ◆ Hipotez(ler)inizi destekleyici bilgiler sunarak sınıftaki diğer arkadaşlarınızla tartışınız. Tartışma sonucu doğru olduğunu düşündüğünüz hipotezi belirleyiniz ya da yeni bir hipotez yazınız.
- ◆ Hipotezinizi ispatlamak için grup arkadaşlarınızla tartışarak bir deney tasarlayınız. Deney düzeneğinizi çizin ve deneyi nasıl yapacağınızı adım adım açıklayınız.
- ◆ Deneyi yapmaya başlayınız ve her adımda elde ettiğiniz verileri not ediniz.
- ◆ Verileriniz arasında anlamlı bir ilişki kurabildiniz mi? Açıklayınız.
- ◆ Verileriniz hipotezinizi destekliyor mu? Nasıl?
- ◆ Eğer bir adam valizine yalnızca sürtünme kuvvetini yenecek kadar bir kuvvet uygularsa valizin hızında nasıl bir değişme olmasını beklersiniz? Grup arkadaşlarınızla tartışarak açıklayınız.

İstenilenleri tamamladıysanız diğer sayfadaki soruyu yanıtlayınız.

Ek 2'nin devamı

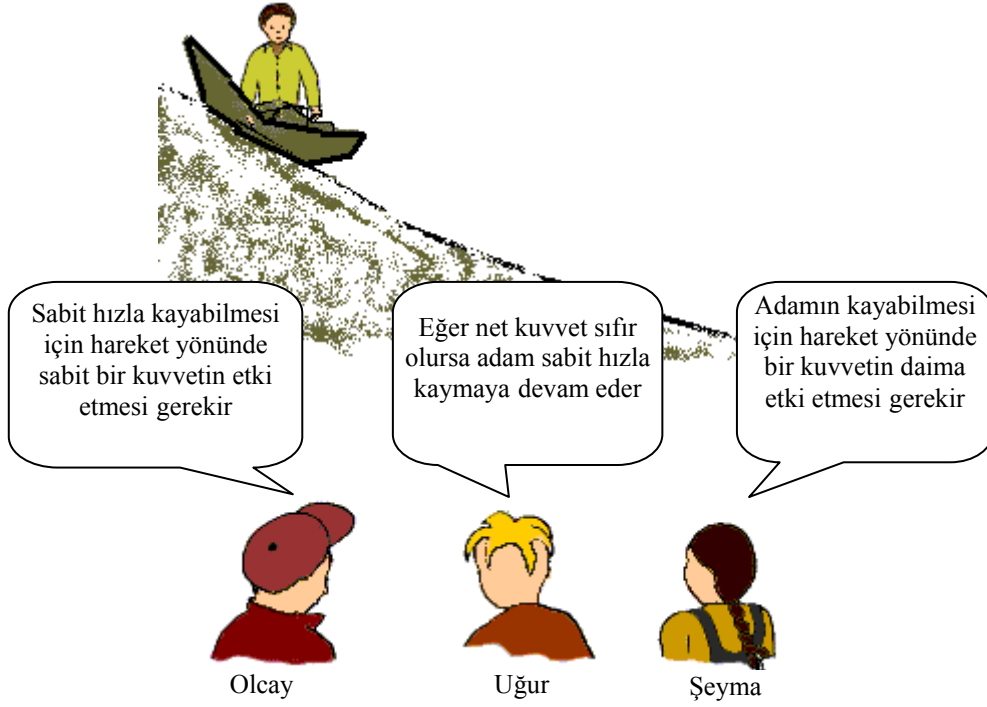
- ✘ Aşağıda görüldüğü gibi kaykay ile kayan Tuğçe'nin yerle hiçbir teması yoktur. Bu hareket ile ilgili yapılan tartışmada size göre hangi ifade doğrudur? Kalemle bir kutu içine alınız.



- ✘ Bu yanıtı seçmenizin nedenini açıklayınız.

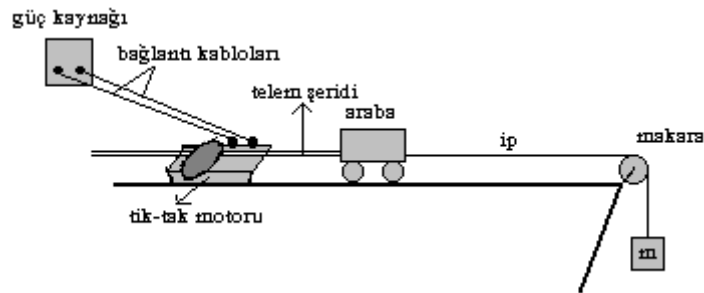
Ek 2'nin devamı

SABİT KUVVET ETKİSİNDE HAREKET



- ✘ Sizin fikriniz nedir? Adamın sabit hızla kayabilmesi için nasıl bir kuvvet uygulanması gerekir? Tartışınız.

Kuvvet ile hareket arasındaki ilişkiyi daha iyi anlayabilmek için aşağıdaki düzeneği kurunuz ve istenilenleri sırasıyla yapınız.



- ◆ Tik-tak motorunu çalıştırdıktan sonra m kütesini serbest bırakınız. Bu işlemi telem şeridini değiştirerek birkaç kez tekrarlayınız.
- ◆ Telem şeridindeki noktaları beşer beşer ayırınız. Her beş nokta arasındaki uzaklığı ölçerek yazınız.
- ◆ Nokta sayısı ile uzunluk arasındaki ilişkiyi düşününüz. Buna göre arabanın hızının nasıl değiştiğini açıklayınız.

Ek 2'nin devamı

- ◆ Arabaya etki eden kuvvet ile hareket arasında nasıl bir ilişki olduğunu grup arkadaşlarınızla tartışarak düşüncelerinizi sınıfa sununuz.
- ✘ Arabanın kütlesine eşit bir m kütlesini ipin ucuna takarsanız sistem serbest kaldığında araba nasıl bir hareket yapar? Deneyi yapmadan önce cismin hızında nasıl bir değişme olacağını tahmin ediniz.

Tahmin 1:

Tahmin 2:

- ◆ Şimdi sistemi serbest bırakınız.
- ◆ Telem şeridindeki noktalar arasındaki uzaklık nasıl değişmektedir.
- ◆ Buradan arabanın hızının nasıl değiştiğini açıklayınız.
- ◆ Gözlemleriniz tahminlerinizi doğruluyor mu? Açıklayınız.
- ◆ Bu durumda araba için serbest cisim diyagramı çizin ve arabaya etki eden kuvvetlerin arabanın hareketine olan etkisini tartışınız.
- ◆ Dengelenmiş kuvvetleri göstererek harekete bir etkisi olup olmadığını tartışınız.

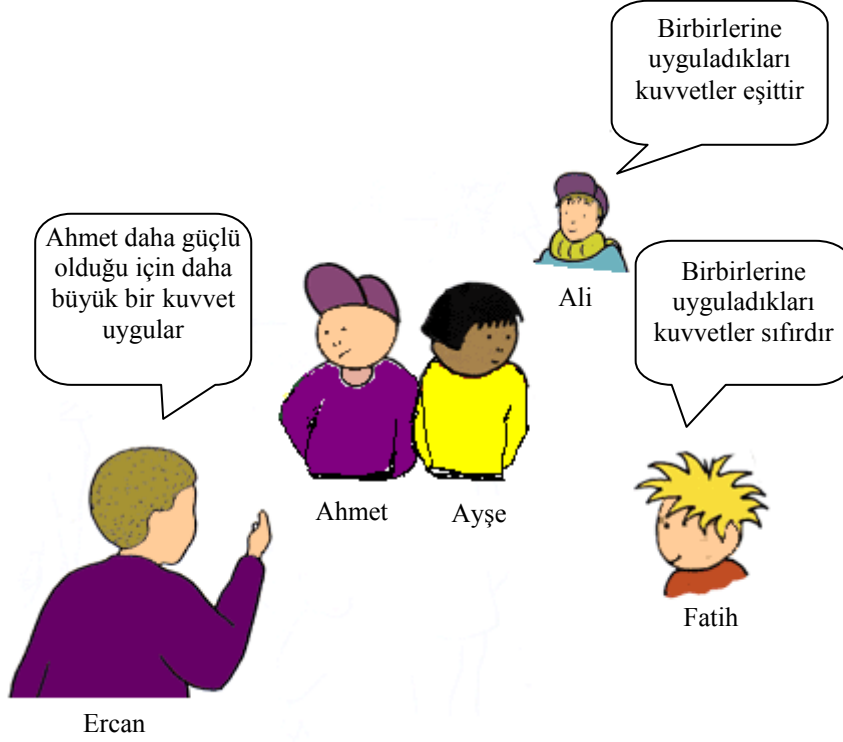
Tüm işlemleri başarıyla tamamladıysanız bu soruyu kendi kendinize yanıtlamaya çalışınız.

- ✘ Hareket halindeki bir nesneye etki eden net kuvvet bir süre sonra sıfır olmaktadır. Bundan sonra nesne nasıl bir hareket yapar? Hareketin sürtünmesiz bir ortamda gerçekleştiğini düşününüz.

Ek 2'nin devamı

ETKİLEŞEN NESNELER ARASINDAKİ KUVVET

Ahmet ile Ayşe arkadaşlarına bir güç gösterisi yapmaktadırlar. İkisi de hareketsizdir ve tüm güçleriyle birbirlerini iteklemeye çalışmaktadırlar. Arkadaşları bu durumla ilgili görüşlerini aşağıda görüldüğü gibi ifade etmişlerdir. **Size göre hangi ifade doğrudur?** Grup arkadaşlarınızla tartışarak açıklayınız.



- ◆ Size göre Ahmet ile Ayşe'nin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler arasında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.
- ◆ Ayşe'ye doğru bir hareket olsaydı birbirlerine uyguladıkları kuvvetler arasında nasıl bir ilişki olurdu?
- ◆ Grup arkadaşlarınızdan biriyle avuçlarınızı açarak hareketsiz kalmak şartıyla birbirinizi itmeye çalışınız. İkinizin hissettiği kuvvet farklı mı? Tartışınız.

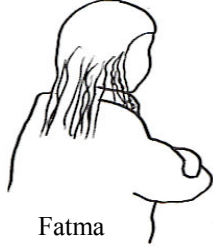
Şimdi çarpışan iki araba arasındaki kuvvetlerle ilgili diğer sayfadaki soruyu yanıtlayınız.

Ek 2'nin devamı

- ✘ Aşağıdaki resimde yanlış yöne giren bir araba ile kamyonun karşı karşıya geldikleri görülmektedir. Olayı izleyen bir grup insan arasında, arabaların çarpışması durumunda hangisinin daha çok hasar göreceği ile ilgili bir tartışma yapılmaktadır. **Sizce hangisinin düşüncesi doğrudur?** Kalemle işaretleyiniz.

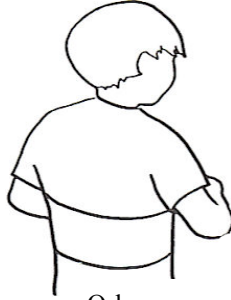


Eğer çarpşırlarsa
araba daha çok
hasar görür



Fatma

Bence ikisi de aynı
miktarda hasar
görür



Orhan

Bence kamyon daha
çok hasar görür

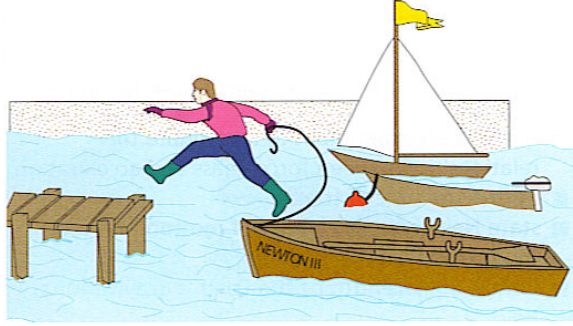


Mustafa

- ✘ Bu şekilde düşünmenizın nedenini açıklayınız.

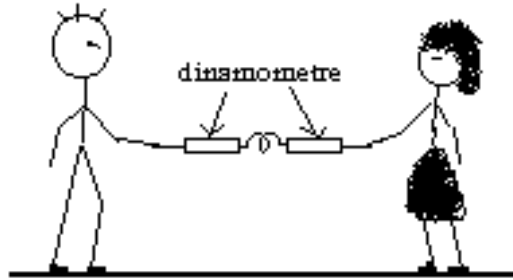
Ek 2'nin devamı

ETKİ TEPKİ KUVVETLERİ



- ✘ Resimde kayıktan kıyıya çıkmak isteyen bir adam görülmektedir. Bu sırada kıyı ile kayık arasındaki mesafe açılmıştır. Bunun nedenini açıklayınız.
- ✘ Buna benzer günlük hayattan örnekler bularak resimdeki olayla benzerliğini tartışınız.

Aşağıdaki deneyi yaparak tekrar düşününüz.



- ◆ İki dinamometre alarak uçlarından birbirine takınız. Birini siz diğerini ağırlığı sizden daha az veya daha fazla olan bir grup arkadaşınız tutsun. Durduğunuz yerde hareketsiz kalacak şekilde ikiniz de dinamometrenizi istediğiniz kadar bir kuvvet uygulayarak çekiniz.
- ◆ Sizin ve arkadaşınızın tuttuğu dinamometrelerin gösterdiği değerler arasında nasıl bir ilişki vardır? Karşılaştırınız.
- ✘ Birbirlerine itme ve çekme uygulayan bu iki durum arasında nasıl bir ilişki vardır? Tartışınız.
- ✘ Bu durumlardan yararlanarak birbirlerine itme veya çekme uygulayan iki nesne arasındaki etki-tepki kuvvetleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu düşünüyorsunuz? Yanıtınızı sınıfa sununuz.
- ✘ Bu etkinlikteki tartışmalardan yola çıkarak Newton'un üçüncü kanununu açıklayınız.

Ek 3. Newton'un Hareket Kanunlarına Yönelik Kavramsal Anlama Testi

Öğrencinin Adı:

Değerli öğretmen adayları, bu test sizin Newton'un Hareket Kanunları konusundaki bilgilerinizi ölçmeyi amaçlamaktadır. Vereceğiniz cevapların ders notunuza herhangi bir etkisi olmayacaktır. Cevap kağıtlarınız yürütülen araştırmada kullanılacak ve isminiz etik kurallarına uygun olarak gizli tutulacaktır. Araştırmanın geçerliliği için bütün sorulara cevap vermeniz oldukça önemlidir. Bu nedenle hiçbir soruyu boş bırakmayınız. Gösterdiğiniz ilgi için çok teşekkür eder, başarılar dilerim. *Arş. Gör. Şengül ATASOY*

Aşağıdaki sorularda;

- Hava sürtünmesinden kaynaklanan kuvvetleri ve hava basıncını önemsemeyiniz.
- Hareket halindeki nesnelerin katı ve esnemez olduklarını kabul ediniz.
- **"Açıklama"** kısımlarına niçin o cevabı seçtiğinizi kısaca açıklayınız.

1. Aşağıdaki kelimelerden hangisi tam bir kuvvet ifadesi olarak kullanılabilir?

- a) İtme, Basınç ve Çekme
- b) Enerji, Momentum ve Hareket
- c) İtme ve Çekme
- d) İtme ve Hareket
- e) İtme, Basınç, Çekme, Enerji, Momentum ve Hareket

Açıklama:

2. Aşağıdaki üç pozisyon sarkaç topunun tam bir salınımını göstermektedir. Sarkaç topunun Şekil 1'de tam soldaki, Şekil 2'de tam ortadaki ve Şekil 3'te tam sağdaki pozisyonu verilmiştir. Üç pozisyonun her birinde eğer varsa sarkaç topuna etki eden **net kuvveti** aşağıdaki seçeneklerden hangisi doğru olarak açıklamaktadır?



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

- | Şekil 1 | Şekil 2 | Şekil 3 |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| a) Sola doğru bir F kuvveti | Aşağıya doğru yerçekimi kuvveti | Sağa doğru bir F kuvveti |
| b) Aşağıya doğru yerçekimi kuvveti | Aşağıya doğru yerçekimi kuvveti | Aşağıya doğru yerçekimi kuvveti |
| c) Sola doğru bir F kuvveti | Net kuvvet sıfır | Sağa doğru bir F kuvveti |
| d) Sağa doğru bir F kuvveti | Net kuvvet sıfır | Sola doğru bir F kuvveti |
| e) Sağa doğru bir F kuvveti | Yukarıya doğru ip gerilimi | Sola doğru bir F kuvveti |

Açıklama:

3. Bir öğrenci 10N ağırlığındaki bir tuğlayı avucunda tutarak dikey olarak yukarı doğru sabit bir hızla yükseltmektedir. Öğrencinin tuğlaya uygulaması gereken kuvvetin büyüklüğü,

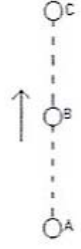
- a) 10N'dur ve zamanla sabittir
- b) Sıfırdan büyük fakat 10N'dan daha azdır ve zamanla sabittir
- c) 10N'dan daha büyüktür ve zamanla sabittir
- d) Her zaman 10N'dan daha büyüktür ve zamanla artar
- e) Sıfırdır

Açıklama:

Ek 3'ün devamı

4. Şekildeki gibi A noktasından havaya doğru dikey olarak fırlatılan bir top en fazla C' ye kadar çıkabilmektedir. Daha sonra top aynı yolu izleyerek atıldığı noktaya (A' ya) düşmektedir. Buna göre yükselirken topa B ve C noktalarında etkiyen **net kuvvet** aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

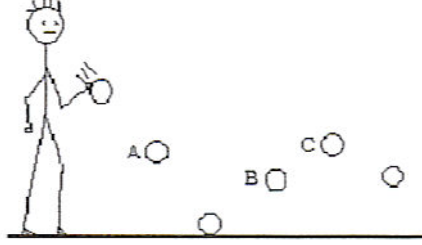
B noktasında	C noktasında
a) mg	kuvvet yok
b) mg	mg
c) Fırlatma kuvveti	mg
d) kuvvet yok	kuvvet yok
e) Fırlatma kuvveti	kuvvet yok



Açıklama:

Aşağıdaki 5, 6 ve 7 numaralı soruları verilen şekle göre cevaplandırınız.

Şekilde, elindeki tenis topunu yere fırlatan bir çocuk görülmektedir. Top yere çarptıktan sonra C' ye kadar yükselbilmektedir. Buna göre;



5. Düşerken (A noktasında) topa etki eden **net kuvvet** ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?
- F fırlatma kuvveti
 - Yerçekimi kuvveti
 - Kuvvet yok
 - F fırlatma kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi
 - Hiçbiri

Açıklama:

6. Yerden yükselirken (B noktasında) topa etki eden **net kuvvet** ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi **doğrudur**?
- Topun yükselmesini sağlayacak hareket yönünde bir $F=ma$ kuvveti
 - Yerin tepki kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi
 - Kuvvet yok
 - Yerin tepki kuvveti
 - Yerçekimi kuvveti

Açıklama:

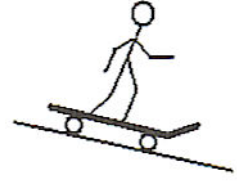
7. Tam tepe noktasındayken (C noktasında) topa etki eden **net kuvvet** ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi **doğrudur**?
- Yerçekimi kuvveti
 - Kuvvet yok
 - Yerin tepki kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin bileşkesi
 - Topun düşmesini sağlayacak bir $F=ma$ kuvveti
 - Hiçbiri

Açıklama:

Ek 3'ün devamı

8. Bir adam yokuştan aşağıya kayakıyla gelmektedir. Adamın hızı değişmemektedir. Buna göre, kaykaya etkiyen **net kuvvet** ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi **doğrudur**?

- a) Kaykaya etkiyen net kuvvet sıfırdır. Çünkü adamın hızı sabittir.
 b) Kaykaya etkiyen net bir kuvvet olmalıdır. Çünkü adam hareket etmektedir.
 c) Kaykaya etkiyen net bir kuvvet olmalıdır. Çünkü adamın ağırlığının yatay bileşeni vardır.
 d) Kaykaya etkiyen net kuvvet sabittir. Çünkü kayakın hızı sabittir.
 e) Kaykaya etkiyen net kuvvet sürtünme kuvvetinden büyük olduğu için adam kayabilmektedir.



Açıklama:

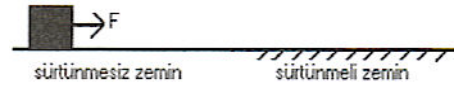
9. Şekilde, A noktasından itilerek bırakılan bloğun zemin üzerindeki hareketi görülmektedir. Bir süre hareket eden blok C'de durmuştur. Buna göre, zeminde kayarken (B noktası) ve durduğunda (C noktasında) bloğa etki eden **net kuvvet** ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi **doğrudur**?



- | B noktasında | C noktasında |
|--|---------------------|
| a) İtme kuvveti ve sürtünme kuvvetinin bileşkesi | Net kuvvet sıfır |
| b) Sürtünme kuvveti | Net kuvvet sıfır |
| c) Sürtünme kuvveti | Sürtünme kuvveti |
| d) İtme kuvveti | Net kuvvet sıfır |
| e) İtme kuvveti | Sürtünme kuvveti |

Açıklama:

10. Şekildeki bloğa sabit bir F kuvveti uygulanmaktadır. Sürtünmeli zemine gelindiğinde bloğa uygulanan kuvvetle sürtünme kuvveti eşit olmaktadır. Bu durumda sürtünmesiz ve sürtünmeli zeminde bloğun hızı nasıl değişmektedir?



- | Sürtünmesiz zemin | Sürtünmeli zemin |
|--------------------------|-------------------------|
| a) Hız artar | Blok yavaşlayarak durur |
| b) Hız sabit | Hız sabit |
| c) Hız artar | Hız sabit |
| d) Hız artar | Hız azalır |
| e) Hız sabit | Blok durur |

Açıklama:

11. Yandaki şekil aydaki bir araştırmacının elindeki anahtarı bıraktığı anı göstermektedir. Bu andan sonra anahtara nasıl bir kuvvet etki edecektir?

- a) Sağa doğru b) Yukarı doğru c) Kuvvet yoktur d) Aşağıya doğru e) Sola doğru

Açıklama:



12. Bir adam şeklindeki gibi bir duvara dayanmıştır. Duvar hareket etmediğine göre aşağıdaki durumlardan hangisi **yanlıştır**?

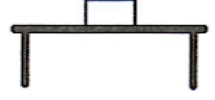
- a) Adam duvara bir kuvvet uygular
 b) Adamın ağırlığı duvara uyguladığı kuvveti etkilemez
 c) Adam duvarı hareket ettiremezse bile bir kuvvet uyguladığı söylenebilir
 d) Duvar hareket etmediği için duvara etkiyen bir kuvvet yoktur
 e) Duvarın tepki kuvveti adamın uyguladığı kuvvete eşittir



Açıklama:

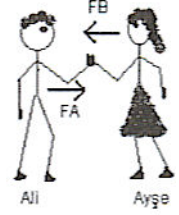
Ek 3'ün devamı

13. Şekilde sürtünmesiz bir masa üzerinde duran kutu görülmektedir. Kutuya ve masaya etki eden kuvvetler için aşağıda yazılanlardan hangisi **yanlıştır**?
- Etki kuvveti masaya, tepki kuvveti kutuya etki eder
 - Normal kuvveti yerin kutuya uyguladığı tepki kuvvetidir
 - Normal ve ağırlık kuvvetleri kutuyu dengede tutar
 - Normal ve ağırlık kuvvetleri eşit ve zıt yönlüdürler
 - Kutunun etki kuvvetini karşılayacak bir tepki kuvveti oluşmazsa masa kırılır



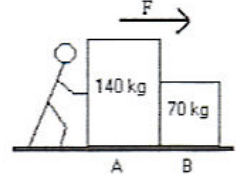
Açıklama:

14. Ali ile Ayşe şeklindeki gibi birbirlerini itmektedirler ve hareketsizdirler. Ayşe'nin kilosu 45 kg, Ali'ninki ise 60 kg'dır. Ali'nin Ayşe'ye uyguladığı kuvvet F_A , Ayşe'nin Ali'ye uyguladığı kuvvet ise F_B 'dir. Buna göre F_A ile F_B arasındaki ilişkiyi aşağıdakilerden hangisi doğru olarak belirtmektedir?
- F_A , F_B 'den daha büyüktür
 - F_B , F_A 'dan daha büyüktür
 - F_A , F_B 'ye eşittir
 - F_A ile F_B birbirlerini yok ederler
 - Hiçbiri



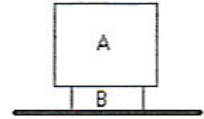
Açıklama:

15. Şekildeki adam yanyana duran A (140kg) ve B (70kg) bloklarını sağa doğru bir F kuvveti uygulayarak itmektedir. Sürtünme olmadığına göre A bloğunun B'ye, B bloğunun A'ya uyguladığı kuvvetler arasındaki ilişkiyi aşağıdakilerden hangisi doğru olarak belirtmektedir?
- Kuvvetler eşittir
 - Yalnızca A bir kuvvet uygular
 - Yalnızca B bir kuvvet uygular
 - A daha büyük bir kuvvet uygular
 - B daha büyük bir kuvvet uygular



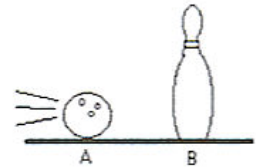
Açıklama:

16. Şekilde gibi A (90kg) ve B (18kg) blokları üstüste durmaktadır. A bloğunun B bloğuna, B bloğunun A bloğuna uyguladığı kuvvet arasındaki ilişkiyi aşağıdakilerden hangisi doğru olarak belirtmektedir?
- A daha büyük bir kuvvet uygular
 - B daha büyük bir kuvvet uygular
 - Kuvvetler eşittir
 - Yalnızca A bir kuvvet uygular
 - İkisi de birbirine bir kuvvet uygulamaz



Açıklama:

17. Sürtünmesiz bir zeminde şeklindeki gibi bir top loputa çarpmaktadır. Çarpışma anında A'nın B'ye, B'nin A'ya uyguladığı kuvvet arasındaki ilişkiyi aşağıdakilerden hangisi doğru olarak belirtmektedir?
- A daha büyük bir kuvvet uygular
 - B daha büyük bir kuvvet uygular
 - İkisi de birbirine bir kuvvet uygulamaz
 - Yalnızca A bir kuvvet uygular
 - Kuvvetler eşittir



Açıklama:

Ek 3'ün devamı

18. Ali ile Ayşe aynı kütle ve büyüklükte olan bilyelerini birbirlerine doğru atıyorlar. Ali Ayşe'den daha güçlü olduğu için Ali'nin bilyesi daha hızlıdır. Sürtünme olmadığına göre bilyeler çarpıştığı anda aralarındaki kuvvetle ilgili aşağıdakilerden hangisi **doğrudur**?

- Kuvvetler eşittir
- Ali'nin bilyesinin uyguladığı kuvvet daha büyüktür
- Ali'nin bilyesinin uyguladığı kuvvet daha azdır
- Sayısal veriler olmadan bir şey söylenemez
- Hiçbiri

Açıklama:

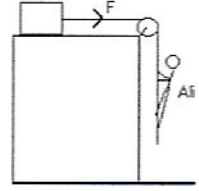
19. Şekildeki gibi sürtünmesiz bir yerde sola doğru çekilen bloklar a ivmesi ile hareket etmektedirler. Buna göre A bloğunun B'ye, B bloğunun A'ya uyguladığı kuvvet arasındaki ilişkiyi aşağıdakilerden hangisi doğru olarak belirtmektedir?



- A daha büyük bir kuvvet uygular
- B daha büyük bir kuvvet uygular
- Kuvvetler eşittir
- Yalnızca A bir kuvvet uygular
- İkisi de birbirine bir kuvvet uygulamaz

Açıklama:

20. Şekilde görüldüğü gibi, Ali'nin tuttuğu ipin bağlı olduğu blok zemin üzerinde kaymaktadır. Sürtünme olmadığına göre blok üzerine etki eden F kuvveti aşağıdakilerin hangisi tarafından **doğrudan** uygulanmaktadır?

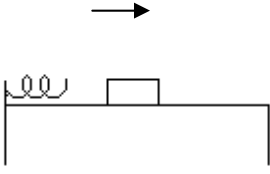


- İp
- Dünya
- Makara
- Zemin
- Ali

Açıklama:

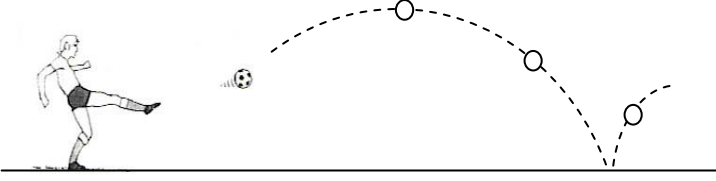
Ek 4. Örnekler Hakkında Mülakat Soruları

1. Soru Kartı




Şekilde görülen kitap sürtünmesiz masa üzerinde hareket halindedir. Hareket sıkıştırılmış yayın serbest bırakılmasıyla oluşmuştur. Serbest kaldıktan sonra yay ile kitap arasında hiçbir fiziksel temas kalmamıştır. Bu durumda hareket halindeki kitaba etkiyen kuvvetler nasıldır?

2. Soru Kartı



Resimdeki bir futbol oyuncusu topa vurmaktadır. Hareketi süresince topa etki eden kuvvetler nasıldır?

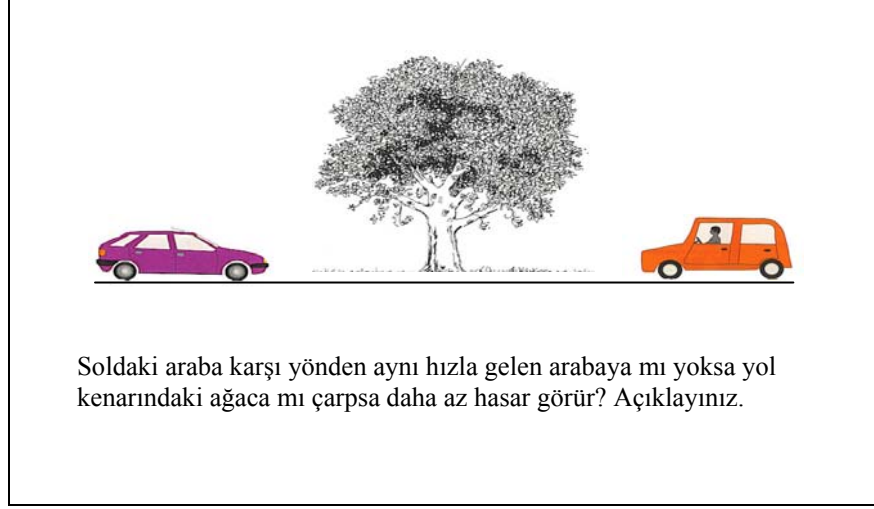
3. Soru Kartı



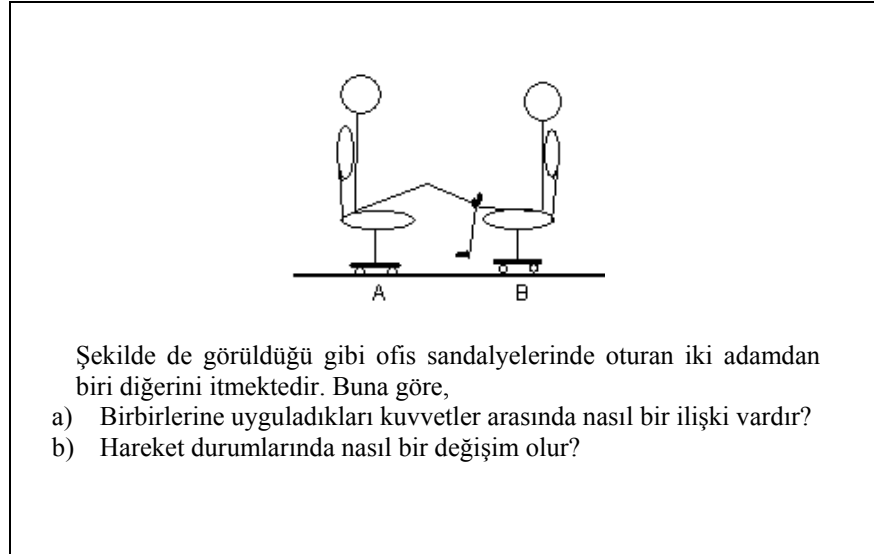
Şekilde aynı hızla birbirlerine doğru gelen iki arabanın çarpıştığı görülmektedir. Sizce hangi araba daha çok hasar görür? Niçin?

Ek 4'ün devamı

4. Soru Kartı



5. Soru Kartı



Ek 5. Yarı Yapılandırılmış Mülakat Soruları

1. Bu uygulamaların size neler kazandırdığını düşünüyorsunuz?
2. Bu uygulamadan önce Newton'un Hareket Kanunları ile ilgili mevcut bilgilerinizin yeterli olduğunu düşünüyor muydunuz? Uygulamalardan sonra kavramlarla ilgili düşüncelerinizde ne gibi değişiklikler oldu?
3. Çalışma yaprakları ile ilgili düşünceleriniz nelerdir?
4. Uygulama süresince ne gibi güçlüklerle karşılaştınız? Bu güçlüklerin üstesinden nasıl geldiniz, kim(ler)den yardım aldınız?

Ek 6. Öğretmen Adaylarının Ön ve Son Testte Aldıkları Puanlar

Öğretmen adayları 1, 2, 3,... şeklinde numaralandırılarak her öğrencinin ön ve son testte aldıkları puanlar 80 tam puan üzerinden hesaplanarak Ek Tablo 42’de sunulmuştur.

Ek Tablo 42. Ön ve son testten öğrencilerin aldıkları puanlar

Öğrenci No	Ön Test Puanı	Son Test Puanı
1	19	31
2	27	29
3	20	33
4	19	23
5	30	26
6	20	28
7	28	53
8	18	57
9	26	47
10	7	51
11	20	37
12	19	26
13	9	46
14	17	38
15	27	42
16	24	45
17	25	23
18	29	53
19	24	41
20	23	43
21	11	43
22	26	52
23	18	51
24	12	33
25	6	26
26	14	44
27	17	47
28	35	52
29	4	29
30	11	23
31	19	22
32	31	32
33	37	60
34	29	45
35	28	38
36	21	49
37	4	42
38	27	57

ÖZGEÇMİŞ

13.10.1978 tarihinde Trabzon'un Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk ve ortaokulu Akçaabat ilçesinin Akçaköy beldesinde tamamladı. 1996 yılında Fatih (Y. Dil Ağırlıklı) Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümü'ne girdi. Bu bölümden 2000 yılında bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Fizik Eğitiminde yüksek lisans öğrenimine başladı. Yüksek lisansını "Fizik Öğretiminde Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Uygun Çalışma Yapraklarının Geliştirilmesi" adlı tezle 2002 yılında tamamladı. Aynı yıl Fizik Eğitimi doktora programını kazandı. 22.12.2000 tarihinden itibaren KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizce olup (ÜDS: 66,250), evli ve bir kız çocuk annesidir.