



JOURNAL OF RESEARCH
IN EDUCATION AND SOCIETY
EĞİTİM VE TOPLUM
ARAŞTIRMALARI DERGİSİ
ISSN: 2458 - 9624 (Online)



Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi/JRES, 3(2), 15-30, 2016

SÜRTÜNMELİ EĞİK DÜZLEMDE HAREKETİN DİNAMİĞİNE İLİŞKİN ÖĞRENCİ GÖRÜŞLERİ

STUDENT OPINIONS ABOUT DYNAMICS OF MOTION ON FRICTION INCLINED PLANE

Burak Kağan TEMİZ¹ ve Hasan Şahin KIZILCIK²

¹ Niğde Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı, Niğde, Türkiye, e-posta: bktemiz@nigde.edu.tr,

² Gazi Üniversitesi Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye, e-posta: hskizilcik@gazi.edu.tr

Öz

Bu araştırma lise ikinci sınıf öğrencilerinin sürtünmeli eğik düzlemde hareketin dinamiğine ilişkin görüşlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla veri toplamak için iki bölümden oluşan açık uçlu Sürtünmeli Eğik Düzlemde Hareket Testi (SEDHT) geliştirilmiştir. Birinci bölümde, sürtünmeli eğik düzlem ve üzerinde bulunan bir cisimden oluşan sistemde yapılan bazı değişikliklerin cismin hareketini nasıl etkileyebileceği konusunda görüşleri alınmıştır. İkinci bölümdeyse, sistemin serbest cisim diyagramını çizmeleri istenilmiş, cismin hareketine hangi kuvvetlerin neden olduğu veya engel olduğu sorulmuştur. Araştırma, Ankara merkezde iki liseden toplam 108 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın sonucunda; öğrencilerin büyük çoğunluğunun, sürtünmeli eğik düzlemin üzerindeki bir cismin; konumu ve kütlesi gibi olaya etkisi olmayan değişkenlerin, cismin hareketine bir etkisi olduğunu düşündükleri; öğrencilerin çizdiği serbest cisim diyagramlarının büyük çoğunluğunda, hareketin temelinde yatan kuvvetlerin hiç gösterilmediği veya hatalı gösterildiği, ortamda var olmayan kuvvetlerin varmış gibi çizilerek sisteme dışarıdan kuvvetler eklendiği, çizimlerde gösterilen kuvvetlerden, harekete neden olan veya engel olan kuvvetleri olması gerekenden farklı düşündükleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürtünmeli eğik düzlemde hareket, Kavram yanlışlıkları, Fizik eğitimi.

Abstract

This study was carried out to determine the opinions of second-grade high school students about dynamics of motion on a friction inclined plane. For this study, an open-ended Friction Inclined Plane Motion Test (SEDHT), consisting of two sections, was developed as the data collection tool. In the first section, students' opinions about how some changes made on the system of a body on a friction inclined plane can affect the motion of the body are taken. In the second section, the students are asked to draw a free-body diagram of the system and expected to state the forces that cause the motion of the body or inhibit it. A total of 108 students, studying in two high schools in Ankara, participated in the study. According to the study results, most of the students think that the location and the mass of a body on a friction inclined plane affect the motion of the body. In addition, the results indicated that in most of the free-body diagrams drawn by the students, the forces causing the motion were not shown at all or were shown incorrectly, and some forces that never exist were added to the system. Finally, the study found out that the students had misconceptions about the forces causing or inhibiting the motion shown in the diagrams.

Keywords: Motion on a friction inclined plane, Misconceptions, Physics education.

Giriş

Eğimli yüzeylere bırakılan cisimlerin hareketleri geçmişten günümüze insanoğlunun dikkatini çekmiştir. Eğimli yüzeyler cisimleri yükseğe taşımak için, onların hareketini yavaşlatmak veya hızlandırmak için kullanılabilir. Bir basit makine olarak eğik düzlem, cisimleri ağırlığından daha küçük bir kuvvetle yükseğe taşımak için kullanılan düzendir. Bazı arkeologlar eski mısırlılar piramitleri inşa ederken eğik düzlemlerden yararlandığını belirtmektedir. Galileo eğik düzlemi serbest düşmeyi yavaşlatmak için kullanmıştır (Serway & Beichner, 2002).

Eğik düzlem ve üzerinde bulunan bir cisimden oluşan sistem, fizikte hem Newton'un hareket kanunları ile ilgili uygulamalarda hem de iş-enerji konularında sıklıkla karşımıza çıkan örnektir (URL-1, 2016). Clement (1998), problem çözme sürecinde önemli bir yöntem olan analogilerin kullanımını araştırırken eğik düzlem problemlerinden yararlanmıştır.

Eğik düzlem problemlerinin çözümünde izlenen adımlar; uygun bir koordinat sistemi belirleme, belirlenen koordinat sisteminde serbest cisim diyagramını çizme ve cismin hareketini iki boyutlu düzlemde analiz etme süreçlerinden oluşmaktadır.

Madde, enerji ve bu iki olgunun birbirleriyle etkileşimlerini inceleyen bilim dalı olan fizikte, problemlere çözüm aramanın yolu, olayları zihinde canlandırmaktan geçmektedir. Matematiksel ilkeleri ve bağıntıları zihindeki resme uygulama sürecinde bazı yardımcıları ihtiyaç vardır. Fizik problemlerinde olaylar, genellikle basit çizimlerle resmedilerek somutlaştırılır. Veriler bu çizim üzerine işlendiğinde problemlere yanıt aramak kolaylaşır. Bu süreçte, koordinat sistemlerini ve bu sistemlere yerleştirilen vektörel nicelikleri anlamak büyük önem taşır.

Fizikte dinamik konularıyla ilgili karşılaşılan problemleri çözmeye ilk adım sistemde var olan kuvvetleri ve bu kuvvetlerin etkileşimlerini anlayabilmektir. Bunun en etkili yolu ise serbest cisim diyagramı çizmektir (Yavuz & Özdemir, 2009). Serbest cisim diyagramı, sistemin hareket nedenlerini iyi analiz edebilmek için gereklidir. Newton'un ikinci yasasını probleme uygulamadan önce serbest cisim diyagramının çizilmesi, problemin çözümünde büyük kolaylık sağlar (Serway & Beichner, 2002).

Serbest cisim diyagramı, bir sistemde hareketi araştırılan cisim üzerine etki eden bütün kuvvetlerin analiz edilmesini sağlayan bir çizimdir. Serbest cisim diyagramı, idealize edilmiş bir modeldir ve problemin yalınlaştırılmış biçimidir. Diğer bir deyişle, var olan bazı kuvvetler, eğer bizim incelediğimiz durumu ilgilendirmiyorsa ihmal edilebilir, görmezden gelinebilir.

Ayrıca bu yalın çizim sırasında gerçek cisimleri çizmek yerine temel şekiller kullanılır. Çünkü önemli olan, cisme etkiyen kuvvetleri görmektir.

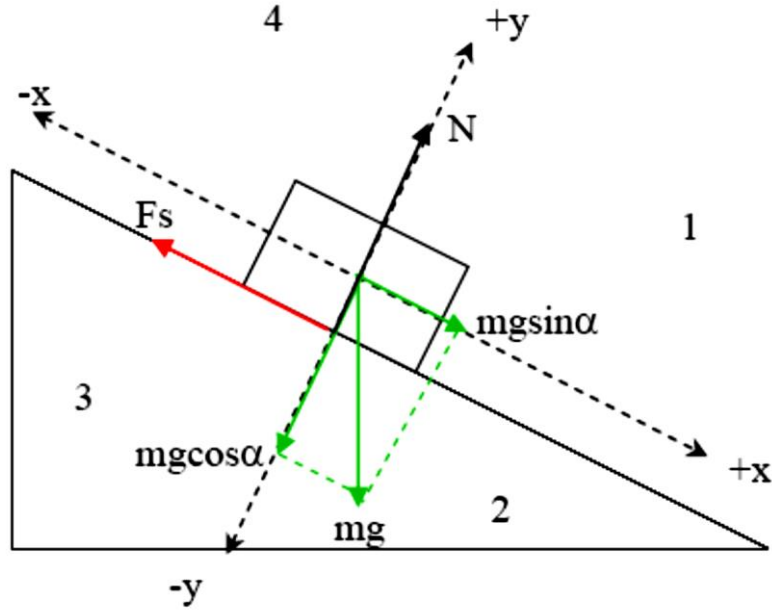
Serbest cisim diyagramları, vektör diyagramlarının ilgilendiğimiz cisim üzerine uygulanması olarak düşünülebilir. Kuvvetler vektörel niceliklerdir. Dolayısıyla, yön ve şiddeti önemlidir. Bir serbest cisim diyagramında kuvvetlerin büyüklükleri simgesel ya da rakamsal olarak verilebilir. Ancak asıl önemli olan, kuvvetlerin seçilen uygun bir koordinat sistemine yerleştirilmesidir. Bu koordinat sistemi genelde iki boyutlu olarak ve kartezyen koordinat sistemi biçiminde seçilir. Bu seçim tamamen duruma bağlı ve eksen doğrultularının seçimi keyfidir ancak, eksenler kuvvetlerin büyük bir kısmının doğrultularına paralel olacak şekilde yerleştirilirse, analiz etmek kolaylaşır. Kuvvetler diyagram üzerinde birbirlerine göre durumları dikkate alınarak gösterilir. Çizim esnasında en önemli kural, cisim üzerine etki eden tüm kuvvetlerin önceden belirlenen koordinat sistemine uygun yön, doğrultu ve şiddette (büyüklük) yerleştirilmesidir (URL-2, 2008).

Serbest cisim diyagramı çizmek, özellikle mekanik problemlerinin çözümünde çok önemli bir aşamadır. Çünkü cisme etki eden tüm kuvvetleri görsel olarak ortaya koyar ve koordinat eksenini düzenler. Fiziksel bir problemin çözümünde, serbest cisim diyagramlarının kullanımı, çözümü kolaylaştırmaktadır. Bunun en önemli yararı tüm kuvvetleri bir arada görmeyi ve ilgisiz olanları ayıklayıp, problemde gerekli olan odaklanmayı sağlamasıdır (Henderson, 2006; Jones, 2007).

Serbest cisim diyagramı çizmek, aşağıdaki zihinsel sorunlara yanıt bulmayı sağlar (URL-3, 2016):

- Sistemi nasıl tanımlarım?
- Sisteme etki eden kuvvetler nelerdir?
- Bu kuvvetler, cisme hangi yönlerde etki etmektedir?
- Bütün kuvvetler bu kadar mı?
- Sistemde var olmayan bir kuvveti çizime ekledim mi? Bu kuvvetin kaynağı nedir?

İdeal durumda sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cismin hareket şartları; cismin eğik düzlem üzerinde bulunduğu konumundan, kütesinden ve temas yüzeyinin alanından bağımsızdır. Bu durum Şekil 1’de verilen örnek sistem için serbest cisim diyagramı çizilerek açıklanabilir.



Şekil 1. Sürtünlü Eğik Düzlem ve Cisimden Oluşan Bir Sistem Örneği

Şekil 1’de çizilen koordinat sistemine yerleştirilen serbest cisim diyagramına göre;

Cismin +x eksenini doğrultusunda kayabilmesi için, cismin ağırlığının x bileşeninin sürtünme kuvvetinden büyük olması gerekmektedir. Yani hareket şartı; $mg \sin \alpha > F_{\text{sürtünme}}$ ’dir. Sürtünme kuvvetinin $F_{\text{sürtünme}} = \mu_{\text{statik}} N$ ve $N = mg \cos \alpha$ olduğu düşünülerek, hareket şartı eşitliği yeniden düzenlenirse, $mg \sin \alpha > \mu_{\text{statik}} mg \cos \alpha$ ’den cismin eğik düzlem üzerinde kaymaya başlayabilmesi için eğik düzlemin eğim açısının tanjantının en az statik sürtünme katsayısı (μ_{statik}) kadar olması gerektiği sonucuna ulaşılır.

Özetle, sürtünlü eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için hareket etme şartı, eğik düzlemin eğim açısına yani sürtünen yüzeyler arasındaki statik sürtünme katsayısının büyüklüğüne bağlıdır. Eğer cisim eğik düzlem üzerinde hareketsiz duruyorsa, sürtünen yüzeylerin cinsi veya eğim açısı değiştirilmediği sürece cisim mevcut durumunu koruyacaktır.

Amaç

Bu çalışmanın amacı, lise 2. sınıf öğrencilerinin sürtünlü eğik düzlemde hareketin dinamiğine ilişkin görüşlerini aşağıdaki alt problemler çerçevesinde ortaya çıkarmaktır;

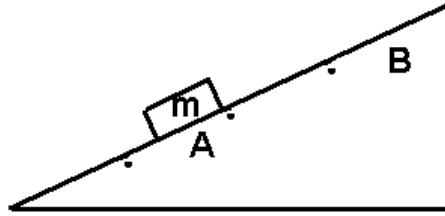
1. Öğrenciler sürtünlü eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için hareket şartları ile ilgili görüşleri nelerdir?
2. Öğrenciler, sürtünlü eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için serbest cisim diyagramını uygun bir şekilde çizebiliyor mu?

3. Öğrenciler sürtülmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için harekete neden olan ve harekete engel olan kuvvetleri belirleyebiliyor mu?

Yöntem

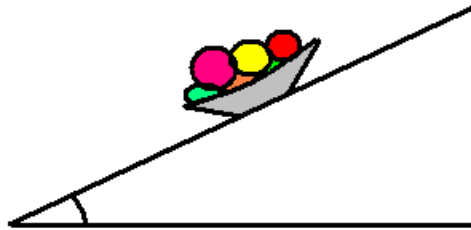
Araştırmada, alt problemlere yanıt aramak amacıyla Sürtülmeli Eğik Düzlemde Hareket Testi (SEDHT) geliştirilmiştir. SEDHT iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde yer alan sorular, sürtülmeli eğik düzlem ve üzerinde bulunan cisimden oluşan sistemlerde, yapılan değişikliklerin, cismin hareketini nasıl etkileyebileceği konusunda öğrenci düşüncelerini ortaya çıkarmak amacıyla oluşturulmuştur. Bu bölümde öğrenciler aşağıda verilen üç durum hakkında tahminlerde bulunmuşlardır.

1. Durum: Cismin eğik düzlem üzerinde bulunduğu konumun hareket üzerine etkisi,



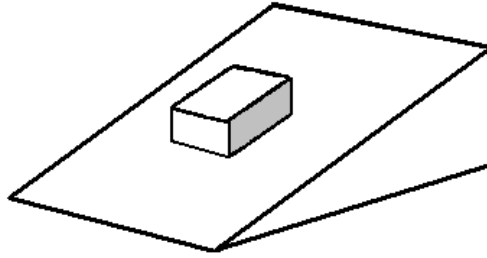
Sürtülmeli ve homojen eğik düzlemin A bölgesi üzerinde şekildeki gibi hareketsiz durmakta olan m kütleli blok, buradan kaldırılıp B bölgesi üzerine konulursa ne gözlemlenir?

2. Durum: Cismin kütlelerinin hareket üzerine etkisi,



Sürtülmeli eğik düzlem üzerinde bulunan şekildeki meyve tabağı hareketsiz durmaktadır. Buna göre tabağa meyve eklenirse (veya tabaktan meyve alınırsa) ne gözlemlenir?

3. Durum: Cismin temas yüzeyinin hareket üzerine etkisi,



m kütleli bir cisim şekildeki gibi bir eğik düzlem üzerinde hareketsiz durmaktadır. Eğer cisim daha küçük bir alana sahip olan yan yüzü (taralı yüzey) üzerinde eğik düzleme konursa, ne gözlemlenir (cismin tüm yüzeyleri aynı cins maddeden yapılmıştır ve homojendir)?

Ayrıca bu bölümde öğrenci tahminlerinin gerekçeleri, her sorunun ardından, “neden” sorusu sorularak ortaya çıkarılmıştır.

Testin ikinci bölümünde ise öğrencilerden sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için, serbest cisim diyagramını çizmeleri istenmiştir. Bu kuvvetlerden hangilerinin cismin hareketine sebep olduğu hangilerinin engel olduğu sorusu sorulmuştur.

SEDHT geliştirme sürecinde geçerlilik çalışmaları çerçevesinde görünüş ve kapsam geçerliği araştırılmıştır. Bu amaçla uzman görüşüne başvurulmuştur. Bir fizik öğretmeni ve iki fizik eğitimcisi testi inceleyerek görüş belirtmiştir. SEDHT'nin güvenilirliği 43 kişilik bir grupta yapılan pilot uygulamalar ile araştırılmıştır. SEDHT gruba üç hafta ara ile iki kez uygulanmış ve istikrarlılık analizi yapılmıştır. Öğrencilerin doğru yanıtları için 1, yanlış yanıtları için ise 0 verilmiştir. Buna göre, öğrencilerin ön test ve son teste vermiş oldukları yanıtlar karşılaştırılmış ve Pearson korelasyon katsayısı 0,72 bulunmuştur. Testin son hali, kolay ulaşılabilir konumda olması bakımından Ankara ilinin biri Yenimahalle ve diğeri ise Keçiören ilçelerinden seçilmiş iki liseden toplam 108 lise 2. sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Öğrencilerin 2. sınıftan seçilmesinin nedeni, sayısal bölümlerde okuyan ve ağırlıklı olarak mekanik konuları gören öğrencilerin testi yanıtlaması istenmesindedir.

Elde edilen bulgular istatistik yazılımlarının da yardımıyla betimsel ve yordamsal olarak analiz edilmiştir. Açık uçlu yanıtları sınıflarken her iki araştırmacı da verileri önce bağımsız olarak ayrı ayrı incelemiş ve daha sonra bir araya gelerek ortak karara varmışlardır. Açık uçlu yanıtlar incelenirken, sınıflamaya gidilmiştir.

Bulgular

Birinci alt probleme (Öğrenciler sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için hareket şartları hakkında ne düşünüyorlar?) yanıt aramak için, öğrencilerin SEDHT'nin birinci bölümüne vermiş oldukları yanıtlar incelenmiştir. Testin bu bölümünde, sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cismin; konumu, kütlesi ve temas yüzeyi gibi değişkenlerin, cismin hareketi üzerine etkisi hakkında öğrenci tahminleri (gerekçeleri ile birlikte) alınmıştır. Öğrencilerin yanıtları, nedenleriyle birlikte incelenilerek elde edilen bulgular Tablo 1, 2 ve 3'de frekans ve yüzde olarak sunulmuştur.

Tablo 1.

Eğik düzlem üzerindeki konum ile hareket şartı ilişkisi

Eğik düzlem üzerinde hareketsiz duran m kütlesi daha yüksek bir konuma yerleştirilirse					
Yanıt	f	%	Gerekçe	f	%
Hareketsiz Kalır	43	39,81	Çünkü, bu soruda cismin hareket edip etmemesi sadece eğik düzlemin eğim açısına bağlıdır	36	33,33
			Çünkü, cisim yere göre daha yüksek bir konuma çıkarıldığı için ağırlığı azalır, dolayısıyla cismi hareket ettirmeye çalışan kuvvet azalır	7	6,48
Kaymaya Başlar	64	59,26	Çünkü, cisim B'ye konulduğunda daha büyük bir potansiyel enerjiye sahip olur.	39	36,11
			Çünkü eğim artmıştır	25	23,15
Yanıtsız				1	0,93
Toplam				108	100

Tablo 1'deki bulgulara göre SEDHT'yi yanıtlayan öğrencilerin yaklaşık %59'u eğik düzlem üzerinde hareketsiz duran bir cismin daha yüksek bir konuma yerleştirildiğinde kaymaya başlayacağını düşünmektedir. Bu düşüncede olan öğrenciler çoğunlukla cismin potansiyel enerjisinde artış olacağını gerekçe olarak göstermiştir. Öğrencilerin yaklaşık % 40'ı eğik düzlem üzerinde hareketsiz duran bir cismin, daha yüksek bir konuma yerleştirildiğinde hareket etmeyeceğini düşünmektedir. Bu öğrencilerin büyük bir kısmı hareketsiz kalma gerekçesini doğru açıklamıştır. Birinci soruya doğru yanıt verip uygun gerekçe belirten öğrencilerin oranı yaklaşık % 33'tür.

Tablo 2.

Kütle ile hareket şartı ilişkisi

Eğik düzlem üzerinde hareketsiz duran cismin kütlesi değiştirilirse					
Yanıt	f	%	Gerekçe	f	%
Hareketsiz Kalır	12	11,11	Çünkü, sürtünme kuvveti artar	1	0,93
			Çünkü, kütleden bağımsız bir durumdur	11	10,19
Kaymaya Başlar	94	87,04	Çünkü, kütle artınca hareket ettirici kuvvet de artar	46	42,59
			Çünkü, denge bozulur	17	15,74
			Çünkü, sürtünme kuvveti azalır	31	28,70
Yanıtsız				2	1,85
Toplam				108	100

Tablo 2'deki bulgulara göre SEDHT'yi yanıtlayan öğrencilerin yaklaşık % 87'si eğik düzlem üzerinde hareketsiz duran cismin kütlesi değiştirildiğinde kaymaya başlayacağını düşünmektedir. Bu düşünceye en çok gerekçe gösterilen sebep, kütle artınca hareket ettirici kuvvetin de artacağıdır. Cismin kütlesi değiştirildiğinde hareketsiz kalacağını düşünenlerin yüzdesi ise yaklaşık % 11'dir. İkinci soruya doğru yanıt verip uygun gerekçe belirten öğrencilerin oranı yaklaşık % 10'dur.

Tablo 3.

Cismin yüzey alanı ile hareket şartı ilişkisi

Eğik düzlem üzerinde hareketsiz duran cisim, başka bir yüzeyi üzerine konulursa					
Yanıt	f	%	Gerekçe	f	%
Hareketsiz Kalır	89	82,41	Çünkü, sürtünme kuvveti artar	4	3,70
			Çünkü, statik sürtünme katsayısı değişmemiştir	60	55,56
			Çünkü, birim alana düşen basınç kuvveti artar ve cisim yüzeye daha iyi tutunur.	25	23,15
Kaymaya Başlar	17	15,74	Çünkü, sürtünen yüzey alanı küçültülmüş böylece sürtünme kuvveti azaltılmıştır	13	12,04
			Çünkü, kütle merkezi yükseltilmiştir	4	3,70
Yanıtsız				2	1,85
Toplam				108	100

Tablo 3'teki bulgulara göre SEDHT'yi yanıtlayan öğrencilerin yaklaşık % 16'sı eğik düzlem üzerinde hareketsiz duran cisim başka bir yüzeyi üzerine konulursa kaymaya başlayacağını düşünmektedir. Bu düşünceye en çok (% 12); sürtünen yüzey alanı küçüldüğünde sürtünme kuvvetinin azalacağı gerekçe olarak gösterilmiştir. Bu durum, öğrencilerin yüzey alanı ile sürtünme kuvvetinin büyüklüğü arasında ilişki kurdukları anlamına gelebilir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu (yaklaşık % 82), cismin sadece alanı farklı bir yüzeyi üzerine

konulduğunda hareketsiz kalacağını düşünmektedir. Üçüncü soruya doğru yanıt verip uygun gerekçe belirten öğrencilerin oranı ise yaklaşık % 56'dır. Ancak doğru yanıt verdiği halde açıklama bölümünde, nedeni basınç ile ilişkilendiren yanıtların azımsanmayacak oranda olması ilginçtir.

İkinci alt probleme (Öğrenciler, sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için serbest cisim diyagramını uygun bir şekilde çizebiliyor mu?) yanıt aramak için, öğrencilerin SEDHT'nin ikinci bölümünde, eğik düzlem sisteminde şekil üzerinde çizdikleri kuvvetler incelenmiştir. Bu bölüme ait öğrenci yanıtları değerlendirilirken, serbest cisim diyagramında bulunması gereken; yüzeyin tepki kuvveti, cismin ağırlığı (bileşenleri) ve sürtünme kuvvetinin şekil üzerindeki gösterimine dikkat edilmiştir.

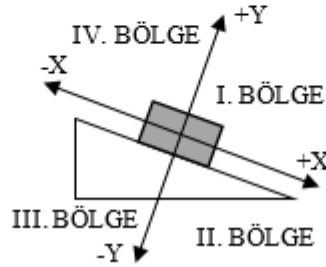
Öğrencilerin kuvvet çizimleri, eğik düzlem üzerinde yazarlarca belirlenen koordinat sistemine yerleştirilmiş ve bölgelere göre dağılımlar incelenmiştir. Yanıtların frekans dağılımları ve yüzdeleri hesaplanarak yorum yapılmıştır. Öğrenci yanıtlarının koordinat sistemindeki dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.

-X YÖNÜ		
Kuvvet	N	%
F_s (Sürtünme Kuvveti)	73	67,59
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	20	18,52
$F, F_2, F_m, 5$ (Dış Kuvvet)	7	6,48
Bilinmeyen Kuvvet	6	5,56
$\sin\alpha$	2	1,85
Toplam	108	100

III. BÖLGE		
Kuvvet	N	%
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	100	92,59
$mg\cos\alpha$	3	2,78
$F\cos\alpha, F_m, F_e$ (Dış Kuvvet)	3	2,78
$\cos\alpha$	2	1,85
Toplam	108	100

-Y YÖNÜ		
Kuvvet	N	%
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	62	57,41
$mg\cos\alpha$	20	18,52
Bilinmeyen Kuvvet	6	5,56
mg (Ağırlık)	5	4,63
$F_3, 1, 2, 3$ (Dış Kuvvet)	4	3,70
N (Tepki Kuvveti)	3	2,78
G_x	2	1,85
F_y	2	1,85
$\cos\alpha$	2	1,85
my	1	0,93
ma	1	0,93
Toplam	108	100

IV. BÖLGE		
Kuvvet	N	%
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	105	97,22
Bilinmeyen Kuvvet	1	0,93
N (Tepki Kuvveti)	1	0,93
P (Dış Kuvvet)	1	0,93
Toplam	108	100



+Y YÖNÜ		
Kuvvet	N	%
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	86	79,63
N (Tepki Kuvveti)	19	17,59
$F\sin\alpha, F$ (Kuvvet)	2	1,85
g (Yerçekimi İvmesi)	1	0,93
Toplam	108	100

I. BÖLGE		
Kuvvet	N	%
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	99	91,67
F_1, F, R (Dış Kuvvet)	6	5,56
$mg\cos\alpha$	1	0,93
N (Tepki Kuvveti)	1	0,93
F_s (Sürtünme Kuvveti)	1	0,93
Toplam	108	100

II. BÖLGE		
Kuvvet	N	%
mg (Ağırlık)	61	56,48
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	29	26,85
$F, F_2, F_3, 2, F_k$ (Uygulanan Dış Kuvvet)	7	6,48
g (Yerçekimi İvmesi)	6	5,56
Bilinmeyen Kuvvet	3	2,78
$mg\sin\alpha$	2	1,85
Toplam	108	100

+X YÖNÜ		
Kuvvet	N	%
$F, F_1, F_x, F_2, 1, 2, 3, P$ (Dış Kuvvet)	34	31,48
$mg\sin\alpha$	29	26,85
Boş (Kuvvet Etki Etmez)	25	23,15
Bilinmeyen Kuvvet	8	7,41
F_s (Sürtünme Kuvveti)	4	3,70
$mg\cos\alpha, G_y$	5	4,63
mg (Ağırlık)	1	0,93
mx	1	0,93
$\sin\alpha$	1	0,93
Toplam	108	100

Şekil 2. Öğrencilerin kuvvet çizimlerinden toplanan veriler

Şekil 2’de sunulan bulgular yorumlandığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Testi yanıtlayan öğrencilerin yalnızca % 17,59’u +y yönünde eğik düzlemin tepki kuvveti olan N kuvvetinin varlığını doğru olarak gösterebilmiş, % 2,78’i ise +y yönünde bir kuvvetin varlığını göstermiş olmasına rağmen bu kuvveti farklı bir kuvvet olarak ifade etmişlerdir.
- +x ve +y eksenleri arasındaki I. Bölge yönünde cisme herhangi bir kuvvet etki etmemektedir. Öğrencilerin çizdikleri serbest cisim diyagramlarına göre öğrencilerin %

8,33'ü ise bu yönde cisme etkiyen çeşitli kuvvetler (dış kuvvet, $mg\cos\alpha$, N tepki kuvveti, sürtünme kuvveti) olduğu düşünülmektedirler.

- +x yönünde cisme etkiyen tek kuvvet ağırlık kuvvetinin bir bileşeni olan $G_x=mg\sin\alpha$ 'dır.

Öğrencilerin % 26,85'i bu kuvveti tespit edebilmişlerdir. Öğrencilerin %23,15'i bu yönde herhangi bir kuvvet etkimeyeceği düşüncesindedir. Geri kalan öğrenciler ise (% 50'si), bu yönde cisme etkiyen Şekil 2'de gösterilen çeşitli kuvvetler (dış kuvvetler, sürtünme kuvveti, G_y , mg) olduğu düşüncesindedirler.

- +x ve -y eksenleri arasında kalan II. Bölge yönünde cismin ağırlığı etki etmektedir.

Öğrencilerin çizdikleri serbest cisim diyagramlarına göre öğrencilerin % 56,48'i bu kuvveti doğru olarak tespit edebilmiş, % 16,67'si ise bu yönde etkiyen bir kuvvet tespit edebilmesine rağmen doğru tanımlayamamıştır. Ayrıca dış kuvvet ve $mg\sin\alpha$ gibi çeşitli kuvvetler de bu bölgede gösterilmiştir.

- -y yönünde cisme etkiyen tek kuvvet ağırlığın bir bileşeni olan $G_y=mg\cos\alpha$ 'dır.

Öğrencilerin % 18,52'si bu kuvveti tespit edebilmişlerdir. Öğrencilerin % 24,07'si ise, bu yönde cisme etkiyen çeşitli kuvvetler (dış kuvvet, ağırlık, N tepki kuvveti, G_x , F_y , ma) olduğu düşüncesindedirler.

- -x ve -y eksenleri arasında kalan III. Bölge yönünde cisme herhangi bir kuvvet etki etmemektedir. Öğrencilerin çizdikleri serbest cisim diyagramlarına göre öğrencilerin % 7,41'i ise bu yönde cisme etkiyen çeşitli kuvvetler ($mg\cos\alpha$, dış kuvvet) olduğu düşünülmektedirler.

- -x yönünde cisme eğik düzlem ile arasında oluşan sürtünme kuvveti etkimektedir.

Öğrencilerin % 67,59'u bu kuvveti tespit edebilmişlerdir. Öğrencilerin % 13,89'u ise, bu yönde cisme etkiyen çeşitli kuvvetler (dış kuvvetler) olduğu düşüncesindedirler.

- -x ve +y eksenleri arasında kalan IV. Bölge yönünde cisme herhangi bir kuvvet etki etmemektedir. Öğrencilerin çizdikleri serbest cisim diyagramlarına göre öğrencilerin % 2,78'i ise bu yönde cisme etkiyen çeşitli kuvvetler (dış kuvvet, N tepki kuvveti) olduğu düşünülmektedirler.

Ek bir bulgu olarak, öğrencilerin serbest cisim diyagramı üzerinde kuvvetlerin yerine kuvvet niteliği taşımayan bazı büyüklükleri kuvvetmiş gibi gösterdikleri de görülmüştür. Bunlardan bazıları şöyledir: g (yerçekimi ivmesi), m_x , m_y , $\sin\alpha$, $\cos\alpha$.

Üçüncü alt probleme (Öğrenciler sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için harekete neden olan ve harekete engel olan kuvvetleri belirleyebiliyor mu?) yanıt aramak için, öğrencilere SEDHT'nin ikinci bölümünde çizdikleri serbest cisim diyagramında gösterilen

kuvvetlerden hangilerinin cismin hareketine sebep olduğu hangilerinin engel olduğu sorusu sorulmuştur. Öğrenci yanıtlarının dağılımları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4.

Harekete Sebep Olan ve Engel Olan Kuvvetler İçin Yanıt Dağılımları

Kuvvetler	Hareket Ettirici Kuvvetler		Harekete Engel Olan Kuvvetler	
	f	%	f	%
N (Tepki Kuvveti)	0	0,00	9	6,47
Fs (Sürtünme Kuvveti)	3	2,50	86	61,87
G veya Mg (Ağırlık)	21	17,50	15	10,79
$mgsin\alpha$	32	26,67	0	0,00
$mgcos\alpha$	8	6,67	5	3,60
Diğer Kuvvetler	46	38,33	22	15,83
Kuvvet Olmayanlar	10	8,33	2	1,44
Toplam Yanıt	120	100	139	100

Tablo 4’deki veriler incelendiğinde, cismin hareket etmesini sağlayan kuvvetin, ağırlığın x eksenini yönündeki bileşeni ($mgsin\alpha$) olduğunu belirten öğrenci sayısı 32’dir (yanıtların % 26,67’si). Harekete engel olan kuvvetin, sürtünme kuvveti (Fs) olduğunu belirten öğrenci sayısı 86’dır (yanıtların % 61,87’si). Öğrenciler, harekete görev alan kuvvetler dışındaki başka kuvvetleri de harekete neden olan veya engel olan kuvvetler arasında göstermişlerdir. Bunlar Tablo 4’te diğer kuvvetler olarak belirtilmiştir. Bu kuvvetlere örnek vermek gerekirse, harekete neden olan kuvvetler olarak; mg, mx, Fs, dış kuvvet, vb. verilebilir. Harekete engel olan kuvvetlere örnek vermek gerekirse; eylemsizlik kuvveti, $mgcos\alpha$, N tepki kuvveti, mg, vb. verilebilir. Ayrıca kuvvet niteliğinde olmayan mx, $sin\alpha$ ve g gibi büyüklükler harekete neden olan; my, $cos\alpha$ ve g gibi büyüklükler de harekete engel olan kuvvetler arasında gösterilmiştir. Bu bulgular, araştırmaya katılan öğrencilerin azımsanmayacak bir kısmının cismin hareketini anlamada güçlük çektiğini göstermektedir. Özellikle cismin hareketine neden olan kuvvetleri olması gerekenden farklı düşünen öğrenci sayısı azımsanamayacak düzeydedir.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, sürtüneli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cismin hareketini analiz etme sürecinde, öğrenci düşünceleri araştırılmıştır. Bunun için serbest cisim diyagramlarından yararlanılmıştır. Serbest cisim diyagramları, bir sistemde hareketi araştırılan cisim üzerine etki eden bütün kuvvetlerin analiz edilmesini sağlayan çizimlerdir. Araştırmada öğrencilerin

çizdikleri serbest cisim diyagramları incelenerek öğrencilerin, cismin hareketi konusunda sahip oldukları görüşler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Literatürde önemli fizik kavramlarından biri olan kuvvet ile ilgili yapılan çalışmalar, hemen hemen her düzeyde oldukça yüksek oranda kavram yanlışlığı olduğunu ortaya koymuştur. Bu konuda en sık rastlanan kavram yanlışlığı; “Hareket halindeki nesneye hareketi doğrultusunda bir kuvvet etki etmeye devam eder”, “Hareketi sürdürmek için hareket yönünde etki eden bir kuvvete ihtiyaç vardır”, “ Hareket , hareket yönünde etkiyen bir kuvvetin var olduğunu gösterir.”, “Kuvvet yok ise hareket de yoktur”, “Etki ve tepki kuvvetleri aynı cisme etki eder.”, “Etki-tepki çiftlerinde, büyük kütleli olan cisim diğerine daha fazla kuvvet uygular.”, “Bir cisme etki eden normal kuvvet cismin ağırlığına eşittir.”, şeklinde özetlenebilir (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992; Eryılmaz & Tatlı, 2000; Kuru & Güneş, 2005; Atasoy & Akdeniz, 2007). Tespit edilen bu kavram yanlışlığı ve alternatif kavramlar, öğrencilerin eğik düzlemde hareket problemine verdikleri yanıtları açıklamada ve onların düşünce yapısını anlamada kullanılabilir.

Alt problemler çerçevesinde veriler yorumlandığında şu sonuçlar çıkarılabilir;

Öğrencilerin büyük bir kısmı, sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan bir cismin; konumu, kütlesi ve temas yüzeyi gibi (olaya etkisi olmayan) değişkenlerin, cismin hareketi üzerine bir etkisi olduğunu düşünmektedir. Bu düşünce yapılarını oluşturdukları zihinsel şemaya göre açıklamaktadır. Fen bilgisi öğretmen adayları ile yapılan bir çalışmanın sonuçları, bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Araştırmacılar, sürtünmeli eğik düzlemde hareket eden cisimler için; a) alınan yol kütleye bağlıdır, b) alınan yol ile kütle doğru orantılıdır, c) aynı yükseklikten bırakılan cisimler aynı yolu alıyor ise kütleleri aynıdır (Erduran Avcı, Kara & Karaca, 2012). Benzer bir sonuç, Yavuz, Baykal ve Temiz (2014) tarafından yapılan bir çalışmada da saptanmıştır. Öğrencinin yaşantısında karşılaştığı araçlar genelde yatay eksende (düz yol üzerinde) veya eğik düzlemde (tırmanma şeridi üzerinde) hareket etmektedir. Yukarıda belirtilen ve Hareketin Genel Duyu Kuramı çerçevesinde yapılan bazı araştırmalar (Hast & Howe, 2012, 2013) öğrencilerin eğik düzlem üzerinde kütlelerine bağlı olarak sürat tahmininde yatay eksende hareketten veya düşme hareketinden etkilendiğini belirtmektedir.

Öğrencilerin sürtünmeli eğik düzlem problemine ilişkin olarak çizmiş oldukları serbest cisim diyagramlarının büyük bir çoğunluğunda; hareketin temelinde yatan, hatta başrol oynayan kuvvetlerin hiç gösterilmediği veya hatalı gösterildiği, ortamda var olmayan kuvvetlerin varmış gibi çizilerek sisteme dışarıdan kuvvetler eklendiği görülmüştür.

Öğrencilerin azımsanmayacak bir kısmının serbest cisim diyagramı çizimlerinde gösterdikleri kuvvetlerden, cismin hareketine neden olan veya harekete engel olan kuvvetleri olması gerekenden farklı düşündükleri tespit edilmiştir.

Toplanan veriler, araştırmaya katılan öğrencilerin büyük bir kısmının sürtünmeli eğik düzlem üzerinde bulunan cisim probleminde, hareketin dinamiğini anlamada güçlük çektiğini göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin eğik düzlem üzerinde bulunan cisme etkiyen kuvvetleri olduğundan farklı şekilde düşünmelerinden kaynaklanıyor olabilir. Öğrencilerin çizmiş oldukları serbest cisim diyagramlarında; kütle çekim kuvveti, sürtünme kuvveti veya yüzeyin tepki kuvvetlerinin gösterimlerindeki hatalar, ortamda var olmayan kuvvetlerin varmış gibi gösterilmesi bu düşüncüyü desteklemektedir.

Hatalı, eksik veya fazla çizilmiş kuvvetlerden yola çıkılarak herhangi bir dinamik problemine doğru yorumlar getirilmesi düşünülemez. Bu bağlamda fizikte eğik düzlem problemlerinde ve özellikle dinamik konularıyla ilgili problemlerin çözümünde serbest cisim diyagramı çizme etkinliklerine daha fazla ağırlık vermelidir. Öğrencilerin serbest cisim diyagramı çizmedeki ustalıklarını geliştirmek gerekmektedir. Böylece öğrenciler, hem problemin çözümüne giden yolda önemli bir mesafe kat edecekler, hem de sistemlerin hareketini anlamada ortamda bulunan kuvvetleri doğru yorumlamayı öğrenmiş olacaklardır.

Fizik öğretiminde, sıklıkla kullanılan etkinliklerden biri de problem çözmedir. Bu tür etkinliklerin sonucunda genellikle öğrencinin cevabına bakılarak, onun konuyu kavrayıp kavramadığına karar verilmektedir. Fizik öğretiminde yapılan problem çözme etkinlikleri genellikle tek çözümü olan, iyi yapılandırılmış problemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Dumas-Carré & Goffard, 1997; Heller, Keith, & S. Anderson, 1992). Öğrenciler kâğıt üzerinde teorik karşılaştıkları fizik problemlerine, yine kâğıt üzerinde teorik çözümler geliştirmektedir. Diğer bir ifadeyle problem çözümleri matematiksel formüller ve işlemlerin beceriyle uygulanması sonucu nicel olarak gerçekleştirilmektedir.

Literatür tarandığında, bu alanda yapılan çalışmalar, fizik problemi çözme etkinliklerinde nitel ve kontrol ayağının zayıf kaldığını, hatta çoğu durumda hiç gözlemlenmediğine işaret etmektedir (Dumas-Carré & Goffard, 1997; Heuvelen, 1991a, 1991b). Fizik problem çözümlerinde, yukarıda belirtilen çözüm stratejisi düzeyindeki güçlüklerle fizik kavramlarının karmaşık doğasından kaynaklanan güçlüklerde eklenmektedir. Sınıfta sürtünmeli eğik düzlem problemleri çözülürken yapılacak pratik deneyler, (örneğin karton bir plaka üzerine konulan

silginin hareketinin gözlemlenmesi gibi), öğrencilerin eğik düzlemde hareketin dinamiğini anlamalarına yardımcı olabilir. Cismin hareket şartlarını tahmin etmelerini kolaylaştırabilir.

Kaynaklar

- Clement, J. (1998). Expert Novice Similarities and Instruction Using Analogies, *International Journal of Science Education*, v20 n10 p1271.
- Dumas-Carré, A., & Goffard, M. (1997). Rénover les activités de résolution de problèmes en physique. Paris: Armand Colin/Masson.
- Erduran Avcı, D., Kara İ. & Karaca, D. (2012). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının İş Konusundaki Kavram Yanılgıları. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31 (Ocak 2012/I), 27-39.
- Eryılmaz, A. & Tatlı, A. (2000). ODTÜ Öğrencilerinin Mekanik Konusundaki Kavram Yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 18, 93-98.
- Hast, M., & Howe, C. (2012). Understanding the beliefs informing children's commonsense theories of motion: the role of everyday object variables in dynamic event predictions. *Research in Science ve Technological Education*, 30(1), 3–15.
- Hast, M., & Howe, C. (2013). The Development of Children's Understanding of Speed Change: A Contributing Factor Towards Commonsense Theories of Motion. *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), 337–350. doi:10.1007/s10956-012-9397-5
- Heller, P., Keith, R., & S.Anderson. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1.Group versus individual problem solving. *Am. J. Phys.*, 60, 627–636.
- Henderson, T. (2006). The Physics Classroom Tutorial: Force and Its Representation <http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/CLass/newtlaws/u2l2c.html>
- Hestenes D., Wells M. & Swackhamer G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30 (3), 141-151.
- Heuvelen, A. V. (1991a). Overview, Case Study Physics. *Am. J. Phys.*, 59, 898–907.
- Heuvelen, A. V. (1991b). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *Am. J. Phys.*, 59, 891–897.
- Jones, A. Z. (2007). Free-Body Diagrams: An Introduction, <http://physics.about.com/od/toolsofthetrade/qt/freebodydiagram.htm>

- Kuru İ., & Güneş B. (2005). Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Kuvvet Konusundaki Kavram Yanılgıları, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25 (2), 1-17.
- Serway R. A. & Beichner, R. J. (2002). *Fen ve Mühendislik İçin Fizik*. Üçüncü Baskıdan Çeviri. Ankara: Palme Yayıncılık.
- URL-1 (2016) < <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html> ,>
- URL-2 (2016). <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/freeb.html>>
- URL-3 (2016). <<http://www.physicsclassroom.com/Class/newtlaws/u2l2c.html>>
- Yavuz, A., Baykal, B., & Temiz, B. K. (2014). Yarış Probleminde Kütleinin Anlamlandırılması. *K. Ü. Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(2), 601-618.
- Yavuz, A. & Özdemir, G. (2009). Öğretim Elemanlarının Atwood Aleti Problemi Çözüm Stratejilerinin Prakseolojik Analizi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 22(2), 357-377.