



Science Teacher Candidates' Misconceptions on Force and Motion Subjects*

Derya ŞİMSEK**, Mustafa Tolga YURTCAN***, Özlem OKTAY****

Received date: 07.12.2018

Accepted date: 04.05.2019

Abstract

The purpose of the study was to determine science teacher candidates' level of understanding of some fundamental concepts and their misconceptions in the force and motion concepts. A force and motion concept test consisting of 20 questions was administered to 92 sophomores in the department of Science Education at Atatürk University in the 2016-2017 academic year. A semi-structured interview was conducted with seven students to examine the reasons for their misconceptions after the implementation of the concept test. Simple statistical methods were used in the analysis of the applied test and then the correct answer rate for each question was calculated. Percentages of students' answers for each choice in the questions were determined and misconceptions were identified. Misconceptions were exposed among students with different prevalence levels. The study shows that the students have many and quite common misconceptions about the force and motion concepts. Some suggestions have been made for researchers, trainers and programmers about overcoming the identified misconceptions.

Keywords: Physics education, force and motion, misconceptions, case study method.

* This study is the first author's master thesis.

** Sabancı Middle School, Erzurum, Turkey; atarderya09@yahoo.com

*** Atatürk University, Kazım Karabekir Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education and Graduate School of Science, Department of Nanoscience and Nanoengineering, Erzurum, Turkey; yurtcan@atauni.edu.tr

**** Atatürk University, Kazım Karabekir Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Erzurum, Turkey; oktayozlm@gmail.com

Fen Bilgisi Öğretmeni Adaylarının Kuvvet ve Hareket Konularındaki Kavram Yanılgıları*

Derya ŞİMŞEK**, Mustafa Tolga YURTCAN***, Özlem OKTAY****

Geliş tarihi: 07.12.2018


Kabul tarihi: 04.05.2019


Öz


Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmeni adaylarının kuvvet ve hareket konularındaki bazı temel kavramları anlayışları ve bu konularla ilgili kavram yanılgılarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. 2016-2017 eğitim öğretim yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği ikinci sınıfında öğrenim gören 92 öğrenciye, 20 sorudan oluşan kuvvet ve hareket başarı testi (KHBT) uygulanmıştır. Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarının nedenlerini belirlemek için başarı testi sonrası yedi öğrenci ile yarı yapılandırılmış bir mülakat yapılmıştır. Araştırmada uygulanan testin analizinde basit istatistiksel yöntemler kullanılmış ve uygulanan testteki her bir sorunun öğrenciler tarafından doğru cevaplanma oranı hesaplanarak tablo halinde sunulmuştur. Öğrencilerin sorulardaki bütün şıklara verdikleri cevapların yüzdeleri belirlenmiş ve kavram yanılgıları tespit edilmiştir. Araştırma kapsamındaki öğrenciler arasında farklı yaygınlık düzeylerine sahip kavram yanılgıları tespit edilmiştir. Bu çalışmada öğrencilerin kuvvet ve hareket konuları ile ilgili olarak, çok sayıda ve oldukça yaygın kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmektedir. Tespit edilen kavram yanılgılarının giderilmesi konusunda araştırmacılara, eğitimcilere ve programcılara yönelik birtakım önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Fizik eğitimi, kuvvet ve hareket, kavram yanılgıları, örnek olay yöntemi.

* Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezidir.

**  Sabancı Ortaokulu, Erzurum, Türkiye; atarderya09@yahoo.com

***  Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanobilim ve Nanomühendislik Bölümü, Erzurum, Türkiye; yurtcan@atauni.edu.tr

****  Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Erzurum, Türkiye; oktayozlm@gmail.com

1. Giriş

Eğitim, bireylerin ve toplumun gelişimi açısından son derece önemlidir. Topluma faydalı bireylerin yetiştirilmesinde ve yaşanabilir bir toplumun oluşturulmasında, eğitimin çok önemli bir rolü olduğu söylenebilir. Bu sebeple, eğitime gereken önemin verilmesi ve eğitimin günümüzün gereklerine uygun olacak şekilde planlanması oldukça önemlidir (Hançer, Şensoy, & Yıldırım, 2003). Günümüzde bilim ve teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler, programların gözden geçirilerek belirlenen amaçlar doğrultusunda iyileştirilmesini adeta zorunlu hale getirmektedir. Bu kapsamda, ülkemizde son yıllarda öğretim programları gözden geçirilip, değişiklikler yapılarak yenilenmektedir. Yenilenen öğretim programlarında öğrencilerin bilimsel okuryazar olarak yetişmeleri amaçlanmaktadır (MEB, 2017).

Bilimsel okuryazarlık; araştıran, sorgulayan, eleştirel düşünmeye açık, öğrenmeye istekli, problem çözen ve karar verme becerisi yüksek, merak duygusu gelişmiş biri olarak, fene yönelik olumlu tutum, anlayış, değer, bilgi ve beceri geliştiren birey olarak tanımlanmaktadır (TTKB, 2005). Bilimsel okuryazarlık için bireylerin araştırma, sorgulama, problem çözebilme, karar verebilme gibi becerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Araştırma, sorgulama, problem çözebilme gibi becerilerin geliştirilebilmesi, öncelikle fen alanındaki temel kavram, ilke, yasa ve teorilerin kavramsal düzeyde öğrenilmesini zorunlu hale getirmektedir. Öğrenmenin eski bilgiler ve yeni bilgiler arasında ilişki kurulması olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, yeni bilgilerin öğrenilebilmesi açısından, mevcut bilgiler ve temel kavramlar belirleyicidir. Çünkü yeni bilgiler mevcut bilgilerin üzerine oturtulmakta ve bu yolla yapılandırmacı yaklaşımda da ifade edildiği gibi, birey kendi bilgilerini kendisi oluşturmaktadır (Yürük & Çakır Sıla, 2000). Bu yüzden, etkili bir öğrenme ve öğretimin gerçekleştirilebilmesi için, öğretim faaliyetlerine mevcut bilgilerin tespiti ile başlanması yararlı olacaktır (Çetin & Günay, 2007). Yani öğretim, önceki bilgiler esas alınarak planlanmalıdır. Mevcut bilgilerin tespit edilmesi; ilgili kavramların ne kadar anlaşıldığının belirlenmesi ve varsa kavram yanlışlarının ortaya çıkarılması açısından önemli görülmektedir (Aykutlu & Şen, 2011).

Bodner (1986), temel bilgileri eksik olduğu için, öğrencilerin bilimsel olmayan fikirlere sahip olabileceklerini söylemektedir. Küçük yaşlardan itibaren dünyayı kendi tecrübeleri ile tanımaya çalışan öğrenciler, zihinlerinde bilimsel olmayan bir düşünce süreci oluşturmaktadır (Büyükkasap, Düzgün, & Ertuğrul, 2001). Bu nedenle, öğrenciler tarafından nesnelere ve olaylara ait oluşturulan kavramlar, bilimsel olarak kabul gören kavramlardan farklılık gösterir. Bu durum kavram yanlışlığı olarak adlandırılmaktadır (Büyükkasap, Düzgün, Ertuğrul, & Samancı, 1998). Başka bir ifadeyle, öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilen kavramlara alternatif olarak geliştirdikleri kavramlar; kavram yanlışlarıdır (Tekkaya, Çapa, & Yılmaz, 2000).

Fiziğin öğrenilmesinde ön planda olan zorlukların başında temel kavramların öğrenilmesi gelmektedir (Koponen & Huttunen, 2013). Üst düzey kavramlar öğrenilirken, yeni karşılaşılan bilgiler temel kavramlarla ilişkilendirilir, zihinsel şemalarla açıklanmaya çalışılır ve mevcut zihinsel yapıda özümser (asimilasyon) (Piaget, 1977). Bu sebeple kavramların içeriklerinin doğru olarak yapılandırılması, öğrenme konusundaki güçlüklerin giderilmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Bloom, Engelhart, Furst Hill ve Krathwohl (1956) tarafından geliştirilen bilişsel alana yönelik öğrenme hiyerarşisinde de kavramların doğru bir şekilde yapılandırılmasının, yani kavrama düzeyinde bir öğrenme meydana gelmesinin; uygulama, analiz, değerlendirme ve yaratma gibi daha üst düzey öğrenme becerilerinin gelişimi için adeta bir ön koşul olarak kabul

edildiği anlaşılmaktadır. Bu durumda, kavramların kavramsal düzeyde doğru olarak yapılandırılmaması halinde, karşılaşılan sorunların çözümünde doğru açıklamaların yapılabilmesi ve yeni bilgilerin ortaya konulması mümkün olmayacaktır. Öğrenci, öğrenme gerçekleşirken önceden öğrendiklerine bağlı kalmaktadır. Ön bilgilerin tespit edilerek muhtemel kavram yanlışlarının ortaya çıkarılması ve düzeltilmesi açısından eğitmenlere önemli işler düşmektedir. Fen bilgisi eğitiminde, öğrenci tarafından öğrenilen bilgilerin yaşamla ilişkilendirilmesi önemli bir durumdur. Öğrencinin sahip olduğu kavram yanlışlarında ısrarcı olması, kavram yanlışlarının ortadan kaldırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kavram yanlışlarının giderilebilmesi için öncelikle yanlışların nedenleri belirlenmelidir (Coştu, Ünal, & Ayas, 2007).

Literatürde, fen bilimlerinin diğer alanlarında olduğu gibi fizik alanında da öğrencilerin temel kavramlarla ilgili anlayışlarını ortaya çıkarmaya yönelik olarak gerçekleştirilmiş birçok çalışma bulunmaktadır (Clement, 1982; Çepni, 1997; Halloun & Hestenes, 1985; Yağbasan & Gülçiçek, 2003). Bu çalışmalarda öğrencilerin temel kavramları kavramakta zorluk çektikleri ve çeşitli kavram yanlışlarına sahip oldukları bulunmuştur. İlave olarak, öğrencilerin kavramları anlamlandırmak yerine, ezberleme ya da çeşitli formülleri kullanarak matematiksel problem çözüme eğiliminde oldukları ifade edilmektedir (Mazur, 1996). Ülkemizde de fizik derslerinde kavramsal öğrenmeden çok, matematiksel eşitliklerin yardımı ile fizik problemlerinin çözümüne ağırlık verilmektedir. Bu uygulama temel kavramların, kavramsal olarak öğrenilmesini zorlaştırmakta ve kavram yanlışlarının oluşmasına neden olmaktadır. Fizik konularıyla ilgili olarak öğretim ortamlarında meydana gelen kavram yanlışlarının yanı sıra, öğrencilerin günlük yaşamlarında fiziksel olaylar hakkında edindikleri bazı tecrübeler yoluyla da kavram yanlışlarının oluşabileceği çeşitli çalışmalarla ortaya koyulmaktadır (Krause, Kelly, Corkins, Tasooji, & Purzer, 2009). Literatürde bulunan kavram yanlışlarının farklı sebepleri olabileceği veya bu yanlışlar dışında yeni yanlışların bulunabileceği düşünülerek bu çalışmanın yapılması planlanmıştır. Toplumla eğitim verecek olan öğretmenlerin, uzmanlık alanları ile ilgili kavram yanlışlarına sahip olmaları çok daha büyük problemlere sebep verebileceğinden, bu konunun araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Fen Bilgisi öğretmen adaylarına yönelik çalışmaların az olması sebebiyle bu araştırma konusu önem arz etmektedir.

Kuvvet ve hareket konuları mekaniğin temelini oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu kavramların mekanik ile ilgili ileri düzeydeki kavramların öğrenilebilmesi için bir temel teşkil ettiği söylenebilir. Yapılan araştırmalar, hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin bu konuda anlama güçlüklerinin bulunduğunu ve çeşitli kavram yanlışlarına sahip olduklarını ortaya koymaktadır (Gönen, 2008). Fizik alanında diğer konularda olduğu gibi, hemen her seviyedeki öğrencide kuvvet ve hareket konusunda oldukça yaygın bir şekilde kavram yanlışlığı olduğu, çeşitli araştırmalar yoluyla ortaya koyulmuştur (Bani-Salameh 2016; Cevik & Kurnaz, 2019; Harris, George, Hirsh-Pasek, & Newcombe, 2018; Poutot & Blandin, 2015; Şahin & Karamustafaoğlu, 2016; Kahveci & Kantarlı, 2008; Savinainen & Scott, 2002; Vosniadou & Skopeliti, 2014).

Kuru ve Günes 'in (2005) dairesel hareket, doğrusal hareket, Newton'un hareket yasaları ve bazı kuvvetler (yer çekimi, merkezci kuvvet, vb.) ile ilgili kavramları inceledikleri çalışmada, en fazla kavram yanlışlığı "Bir cisim atıldığı zaman, harekete neden olan kuvvet, cisme hareketi boyunca devam eder" olarak öğrencilerin %71'inde mevcuttur. En az kavram yanlışlığı ise öğrencilerin %12'sinde bulunan "Ağırlık, madde miktarıdır" kavram yanlışlığıdır. Zhou, Zhang ve Xiao (2015) çalışmalarında Newton'un III. kanunundaki kuvvet çiftleri ile ilgili öğrencilerin karşılaştıkları

zorluklara bakmışlardır. Sonuçlara göre bütün sınıf seviyelerindeki öğrencilerde, yer çekimi etkileşimli durumları analiz etmede ve etkileşimli kuvvetlerle dengelenmiş kuvvetleri ayırt etmede genel sorunlar olduğu görülmüştür. Bağlamdan bağımsız olarak Newton'un III. yasasındaki kuvvet çifti ile ilgili öğrenci açıklamalarının, sınıf seviyesi arttıkça daha da arttığı bulunmuştur. Türkiye'de kuvvet ve hareket konusuyla ilgili yapılan bir içerik analizi çalışmasına göre (Dönmez Usta & Kasap, 2013) 2007 (altı yüksek lisans, iki doktora) ve 2008 (yedi yüksek lisans, bir doktora) en fazla çalışmanın yapıldığı yıllardır. 2000-2012 yılları arasında, çalışılan 42 adet yüksek lisans ve sekiz adet doktora tezi mevcuttur. En fazla ilköğretim (N=34), en az ise ortaöğretim (N=4) öğrencileri ile yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Üniversite öğrencileri ile yapılan 2003'te bir, 2006'da üç, 2007'de iki, 2009'da iki, 2010'da bir, 2011'de iki ve 2012'de bir adet olmak üzere toplam 12 adet çalışmaya rastlanmıştır. Araştırma yöntemleri olarak en fazla deneysel (27), en az ise nitel araştırma, materyal geliştirme, eylem ve aksiyon araştırması yapılmıştır. Nicel ve nitel yöntemlerin kullanıldığı toplam iki çalışma vardır. En fazla kullanılan veri toplama araçları ise testler ve mülakatlardır. Tutum ve kaygı ölçekleri, motivasyon ölçeği, video ve çalışma yaprağı kullanılan ölçme araçlarındandır.

Ulusal literatüre bakıldığında, lise seviyesinde bulunan öğrencilerle yapılan çalışmaların fazla olduğu görülmektedir. Lisans seviyesinde de fen fakültesi fizik ve eğitim fakültesi fizik öğretmenliği öğrencileri ile yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda ise deneysel çalışmalar ağırlıkta olup, bu çalışmalarda da farklı değişkenler (tutum, cinsiyet vb.) incelenmiştir. Uluslararası literatürde ulusal literatürden farklı olarak, daha alt eğitim seviyesine sahip bireylerle de kavram yanlışları çalışmaları yapılmıştır. Veri toplama araçları olarak, çoktan seçmeli ve kavramsal sorulardan oluşan anketler kullanılmıştır. Bu çalışmada, öğretmen adaylarının çoktan seçmeli sorular kullanılarak mevcut kavram yanlışlarının tespiti amaçlanmış ve yarı yapılandırılmış mülakat ile kavram yanlışlarının sebepleri irdelenmiştir.

Kuvvet ve hareket konularının içerisinde yer alan temel kavramlar, fiziğin diğer konu ve kavramlarının anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Kuvvet ve hareket konularının temel kavramları; yer değiştirme, eylemsizlik, hız, ivme, sürtünme, Newton'un hareket yasaları, ağırlık ve kütle gibi kavramlardır. Bu temel kavramlar, elektrik ve manyetizma, termodinamik, modern fizik gibi fiziğin birçok alanındaki ve hatta diğer disiplinlerdeki konuların anlaşılması açısından da önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle; hız, ivme, yer değiştirme, eylemsizlik, sürtünme, Newton'un hareket yasaları, kütle ve ağırlık gibi kavramların kavramsal olarak öğrenilmesi, fiziğin diğer konuları ve diğer disiplinlerdeki konuların bu kavramlarla ilişkilendirilmesini, analiz, sentez ve değerlendirme şeklinde sınıflandırılan daha üst düzey öğrenmelerin gerçekleştirilebilmesini kolaylaştıracaktır. Kuvvet ve hareket konularının ve dolayısıyla mekaniğin kavramsal olarak öğrenilebilmesi için, öğrencilerin mevcut bilgilerinin ve varsa kavram yanlışlarının ortaya çıkarılması, öğretimin temelini oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, fen bilgisi öğretmeni adaylarının kuvvet ve hareket konuları ile ilgili kavramsal anlayışlarını belirlemek ve kavram yanlışlarını tespit etmektir. Henüz mesleğe başlamamış öğretmen adaylarının alanları ile ilgili kavram yanlışlarının tespit edilmemesi, ileride kavram yanlışlarının doğrudan öğrencilere aktarılması gibi daha büyük sorunların ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Bu nedenle, öğretmen adaylarının kavram yanlışlarının giderilmesi çok daha önemlidir. Bu amaç doğrultusunda sunulan çalışmada aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

- Fen bilgisi öğretmeni adaylarının kuvvet ve hareket konularındaki kavramsal anlayışları nasıldır?
- Fen bilgisi öğretmeni adaylarının kuvvet ve hareket konularındaki kavramlarla ilgili kavram yanılgıları nelerdir?

2. Yöntem

2.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, öncelikli olarak çalışma grubunun kavramları anlayışlarının tespit edilmesi amacıyla tarama deseni, ardından ise örnek olay (özel durum çalışması) yöntemi kullanılmıştır. Bu nedenle çalışma karma bir çalışmadır. Tarama deseninde, araştırma grubunun belirli özellikleri incelenmekte ve konu ile ilgili görüşleri belirlenmektedir (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz, & Demirel, 2015). Özel durum çalışmasında, kendine has özellikleri olan bir olayın veya durumun ayrıntılı olarak irdelenmesi sağlanır. Özel durum çalışmasının en önemli avantajı, ele alınan olgunun veya durumun bütün ayrıntıları ile derinlemesine irdelenmesidir (Yıldırım & Şimşek, 2005).

2.2. Çalışma Grubu

Çalışmada 2016-2017 yılı Atatürk Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıfta okuyan 92 öğrencinin (75 kız, 17 erkek) kuvvet ve hareket konularındaki fizik kavramları hakkındaki bilgileri, yüksek lisans tezi çalışması olarak sorgulanmıştır. İlave olarak, mülakat için de çalışmanın araştırma grubunu oluşturan ve dersi başarıyla tamamlayan bu öğrencilerden, sınıf seviyesini temsil edecek farklı harf notuna sahip olan yedi öğrenci seçilmiştir. Bu öğrenciler, birinci sınıfta kuvvet ve hareket ile ilgili kavramları da içeren, Genel Fizik-I ve Genel Fizik Laboratuvarı-I derslerini almışlardır. Bu dersler; yer değiştirme ve konum, Newton yasaları, dairesel hareket, atış hareketleri, hız ve ivme, bağıl hareket, Newton yasalarının uygulamaları, kuvvetler ve sürtünme gibi konuları içermektedir.

2.3. Verilerin Toplanması

Genel Fizik-I dersini başarıyla tamamlayan öğrencilere 20 sorudan oluşan KHBT, dersi aldıkları dönem sonrası tek oturumda çoktan seçmeli olarak sorulmuştur. Çalışmaya gönüllü olarak katılmak isteyen ve farklı harf notuna sahip olan yedi öğrenciye KHBT testinden seçilen 14 soru, laboratuvar ortamında birebir olarak tekrar yöneltmiştir. Her bir öğrenci birbiri ile etkileşime girmeden sıralı olarak mülakata alınmıştır.

2.3.1. Veri toplama araçları

Çalışmada, kuvvet ve hareket konuları ile ilgili kavram yanılgılarını tespit etmek amacıyla; ilk olarak Hestenes, Wells & Swackhamer (1992) tarafından 29 madde olarak geliştirilen ve Halloun, Hake, Mosca ve Hestenes (1995) tarafından gözden geçirilerek, soru sayısı 30'a genişletilmiş olan "Force Concept Inventory (FCI)" kavram testinden yararlanılmıştır. Ölçeğin Türkçe çevirisi Temizkan (2003) tarafından yapılmış, Cronbach alfa güvenirlik katsayısı 0,74 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, KHBT testinde benzer yanılgıları sorgulayan 10 soru (2, 3, 7, 14, 18-24) değerlendirme dışı bırakılmış ve 20 soru üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Kuvvet ve hareket konuları ile ilgili bu 20 soru, yer çekimi, etki-tepki kuvvet çiftleri, aktif kuvvet, impetus, etkilerin birleştirilmesi, direnç kuvveti, kinematik ve hareket üzerindeki diğer etkiler kavramlarını kapsamaktadır. 20 soruluk bu testin güvenirlik katsayısı olan Cronbach alfa değeri 0,72 olarak bulunmuştur.

Çalışma kapsamında ayrıca yedi öğrenci ile yarı yapılandırılmış mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere kuvvet ve hareket konusundaki kavramlarla ilgili uygulanan kavram testinden seçilen açık uçlu ve çizim içeren on dört soru, sözel olarak öğrencilere yeniden sorulmuştur. Öğrencilerin doğru cevaplama oranları, her bir araştırmacı tarafından hesaplanmıştır. Görüş birliği ve ayrılığı olan kısımlar araştırmacılar tarafından bir araya gelerek tartışılmıştır. Araştırmacılar arası uyum %86 olarak bulunmuştur. Mülakat sırasında öğrenciler yazılı olarak ifade edemediklerini, sözlü olarak dile getirme imkânı bulmuşlardır. Mülakatlar yaklaşık olarak 30 dakika sürmüş ve öğrencilerin cevapları izinleri alınması sonrası, ses kaydı ile kayıt altına alınmıştır. Yarı yapılandırılmış mülakatlarla öğrencilerin kuvvet ve hareket konuları ile ilgili anlayışları derinlemesine bir şekilde sorgulanmıştır. Bu mülakatlar yardımıyla, öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının nedenleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2.4. Verilerin Analizi

Kullanılan testteki her bir sorunun öğrenciler tarafından doğru cevaplanma oranı hesaplanarak, bu cevaplar tablo halinde sunulmuştur. Öğrencilerin cevaplarından hareketle sahip oldukları kavram yanlışları ve bu yanlışların yüzdeleri belirlenerek, karşılaşılan kavram yanlışları farklı bir tablo ile verilmiştir. Kavram yanlışları belirlenirken yaygınlık düzeyine bakılmıştır. Öğrencilerin sorulardaki bütün şıklara verdikleri cevapların yüzdeleri belirlenerek, sahip oldukları kavram yanlışları ortaya çıkarılmıştır.

Çalışmada ayrıca yedi öğrenci ile yarı yapılandırılmış mülakat yapılmıştır. Verilerin analizi için ses kayıtları öncelikle metne çevrilmiş ve her bir soru altında cevaplar gruplandırılmıştır. Mülakat verileri tablo haline getirilirken öğrencilerin kendi ifadeleri kullanılmıştır. Ayrıca mülakat sırasında öğrencilere yaptırılan çizimler taranarak, ilgili cevabın yanına eklenmiştir. Mülakat bulguları verilirken öğrenci isimleri gizlenmiş, her bir öğrenci için "Öğrenci 1-7" olarak tanımlanan kodlar kullanılmıştır. Veriler, karşılaşılan kavram yanlışlarına göre uygun kategorilere ayrılarak öğrenci sayıları üzerinden verilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Kuvvet ve Hareket Başarı Testinden Elde Edilen Bulgular

Çalışma grubuna uygulanan kuvvet ve hareket testindeki her bir sorunun öğrenciler tarafından doğru cevaplanma yüzdeleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. KHBT Doğru Cevaplanma Yüzdeleri

Soru	Doğru Yüzdesi	Soru	Doğru Yüzdesi	Soru	Doğru Yüzdesi	Soru	Doğru Yüzdesi
1	19,6	6	40,2	11	10,9	16	38,0
2	18,5	7	33,7	12	53,3	17	4,3
3	32,6	8	46,7	13	1,1	18	8,7
4	23,9	9	35,9	14	22,8	19	19,6
5	6,5	10	16,3	15	14,1	20	4,3

Tablo 1'de görüldüğü üzere, kuvvet ve hareket testinde yer alan 20 sorudan bir tanesi (12. soru) hariç diğer bütün soruların doğru cevaplanma yüzdeleri %50'nin altındadır. Başka bir ifade ile neredeyse soruların tamamına, öğrencilerin yarısından fazlası yanlış cevap vermişlerdir. Hatta

testteki soruların oldukça önemli bir kısmında (on üç soru) doğru cevaplanma oranı %30'dan daha azdır. Bu testteki soruların seçeneklerinde doğru cevap dışındakiler bir kavram yanlışlığına karşılık geldiğinden, öğrencilerin kuvvet ve hareket konusunda oldukça yaygın kavram yanlışlıklarına sahip oldukları görülmektedir.

Kuvvet ve hareket testindeki her bir soruda doğru cevap dışındaki seçeneklerin öğrenciler tarafından tercih edilme yüzdelerinin hesaplanması yoluyla, öğrencilerin konu ile ilgili kavram yanlışlıkları tespit edilmiştir. Tespit edilen bu 40 farklı kavram yanlışlığı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kuvvet ve Hareket Konuları ile İlgili Tespit Edilen Kavram Yanlışlıkları

No	Kavram Yanlışlığı	%
1	Yeryüzüne yakın belirli bir yükseklikten serbest düşmeye bırakılan cisimlerin yere düşme süreleri, ağırlıkları ile ters orantılıdır.	31,5
2	Yeryüzüne yakın belirli bir yükseklikten serbest düşmeye bırakılan cisimlerden ağır olan daha önce yere düşer. Ancak düşme süreleri ile ağırlıkları arasındaki ilişki hakkında bir şey söylenemez.	39,1
3	Kütleleri farklı olan iki cismin merkezi çarpışması durumunda, büyük kütleli cismin uyguladığı kuvvet daha fazladır.	67,4
4	Hareket halindeki bir cismin hareketini sürdürebilmesi için, hareket yönünde net bir kuvvetin etkisi altında olması gerekir.	54,4
5	Dairesel hareket yapan bir cisme, net olarak hareket yönünde ve hareket yönüne dik merkezkaç kuvveti etki eder.	34,8
6	Bir cisme dairesel hareket yaptıran şartların ortadan kalkması durumunda, cisim dairesel hareketini sürdürme eğilimindedir.	43,5
7	Bir cisme dairesel hareket yaptıran şartların ortadan kalkması durumunda, cisim merkezkaç kuvvetinin etkisi ile merkezden dışarıya doğru savrulur.	16,3
8	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cisim anlık olarak etki eden kuvvetin yönünde hareketini sürdürür.	21,7
9	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cisim anlık olarak etki eden bu kuvvetin kazandırdığı hız ile ilk hızının bileşkesi yönünde hareket kazanır, ancak daha sonra ilk hareketine geri dönme eğilimi gösterir.	18,5
10	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cisim ilk hızından bağımsız, sadece sonradan anlık olarak etki eden bu kuvvetin kazandırdığı hız yönünde hareket eder.	32,6
11	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cismin yeni hızı iki hızın aritmetik olarak toplamına eşit olur (Hız vektörel değil, skaler bir büyüklük olarak düşünülmektedir.)	18,5
12	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cismin hızı bir süre için artar, sonra azalır.	59,8
13	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cismin hızı bir süre için sabit kalır, sonra azalır.	16,3
14	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cisme yer çekimi kuvvetinin yanında, hareket yönünde yatay bir kuvvet de etki eder.	23,9
15	Sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cisme yer çekimi kuvveti ve yüzey tarafından etkiyen kuvvetin yanında, hareket yönünde yatay bir kuvvet de etki eder.	57,6
16	Belirli bir yükseklikten yatay olarak atılan cisim bir süre yatay olarak hareket ettikten sonra, yer çekimi kuvvetinin etkisinde kalır.	38,1
17	Düşey doğrultuda yukarıya doğru fırlatılan bir cisme, maksimum yüksekliğe çıkıncaya kadar, yukarı yönlü sürekli azalan bir kuvvet etki eder.	93,5

Tablo 2. Kuvvet ve Hareket Konuları ile İlgili Tespit Edilen Kavram Yanılgıları (Devam)

18	Düşey doğrultuda yukarıya doğru fırlatılan bir cisme, maksimum yüksekliğe çıkıncaya kadar yer çekimi kuvveti etki etmez, cisim maksimum yüksekliğe çıktıktan sonra, yere düşerken giderek artan bir yer çekimi kuvveti etki eder.	40,2
19	Bir aracın duran bir aracı iterek hareket ettirmesi halinde, sabit hıza ulaşıncaya kadar hızlanırken, iten aracın uyguladığı kuvvet daha büyüktür.	48,9
20	Bir aracın duran bir aracı iterek hareket ettirmesi halinde, sabit hıza ulaşıncaya kadar iten araç bir kuvvet uygular, ancak diğer araç herhangi bir kuvvet uygulamaz.	27,2
21	Bir aracın duran bir aracı iterek hareket ettirmesi halinde, sabit hızla hareket ederken, iten aracın uyguladığı kuvvet daha büyüktür.	33,7
22	Bir aracın duran bir aracı iterek hareket ettirmesi halinde, sabit hızla hareket ederken, iten araç bir kuvvet uygular, ancak diğer araç herhangi bir kuvvet uygulamaz.	17,4
23	Sürtünmenin ihmal edildiği bir ortamda, sabit hızla yukarıya doğru çekilen bir asansöre halatın uyguladığı kuvvet, asansöre etkiyen yer çekimi kuvvetinden daha büyüktür.	66,3
24	Sürtünmenin ihmal edildiği bir ortamda, sabit hızla yukarıya doğru çekilen bir asansöre halatın uyguladığı kuvvet, asansöre etkiyen yer çekimi kuvveti ile hava basınç kuvvetinin toplamından daha büyüktür.	19,6
25	Doğrusal bir yol boyunca aynı yönde hareket eden iki araç anlık olarak yan yana geldiklerinde, hızları birbirine eşit olur.	67,4
26	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvet, cismin ağırlığından büyüktür.	12,0
27	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvet, cisme etkiyen sürtünme kuvvetinden büyüktür.	38,0
28	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvet ya cismin ağırlığından ya da cisme etkiyen sürtünme kuvvetinden büyüktür.	26,1
29	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvet iki katına çıkartılırsa, cismin hızı $2 V_0$ olur ve bu sabit hızla hareketine devam eder.	47,8
30	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvet iki katına çıkartılırsa, cisim V_0 ile $2 V_0$ arasındaki sabit bir hızla, hareketine devam eder.	13,0
31	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvet iki katına çıkartılırsa, cisim bir müddet V_0 hızından daha büyük ve sabit bir hızla hareket eder, sonra gittikçe artan bir hızla hareketini sürdürür.	13,0
32	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvet iki katına çıkartılırsa, cisim belli bir süre gittikçe artan bir hızla, sonra sabit bir hızla hareket eder.	19,6
33	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvetin kaldırılması durumunda, cisim hemen durur.	20,7
34	Yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvetin kaldırılması durumunda, cisim belli bir süre sabit hızla hareket etmeye devam edip, sonra yavaşlayarak durur.	60,9
35	Sürtünmesiz bir zeminde bulunan kütleleri birbirinden farklı olan öğrencilerden, kütlesi büyük olanın diğerini itmesi durumunda, büyük kütleli öğrenci, küçük kütleli öğrenciye kuvvet uygular; ancak küçük kütleli öğrenci, büyük kütleli öğrenciye herhangi bir kuvvet uygulamaz.	17,4
36	Sürtünmesiz bir zeminde bulunan kütleleri birbirinden farklı olan öğrencilerden, kütlesi büyük olanın diğerini itmesi durumunda, her iki öğrenci de birbirine kuvvet uygular, ancak küçük kütleli öğrencinin uyguladığı kuvvet daha fazladır.	13,0
37	Sürtünmesiz bir zeminde bulunan kütleleri birbirinden farklı olan öğrencilerden, kütlesi büyük olanın diğerini itmesi durumunda, her iki öğrenci de birbirine kuvvet uygular, ancak büyük kütleli öğrencinin uyguladığı kuvvet daha fazladır.	44,6
38	Yatay bir zeminde hareketsiz olarak duran bir cisme, yalnızca aşağıya doğru yer çekimi kuvveti etki eder.	18,5
39	Yatay bir zeminde hareketsiz olarak duran bir cisme; aşağıya doğru yer çekimi kuvveti ve hava basıncı nedeniyle bir kuvvet, yukarıya doğru ise zemin tarafından bir kuvvet etki eder.	30,4
40	Bir raketle rüzgâra ters yönde vurulan tenis topuna, raketle teması kesildikten sonra vurmaya oluşan kuvvet, top yere düşünceye kadar etki eder.	83,7

Ortaya çıkan tüm kavram yanılgıları incelendiğinde; yer çekimi, etki-tepki kuvvet çiftleri, kuvvet ile hareket arasındaki ilişki (impetus, direnç kuvveti, aktif kuvvet), kuvvet etkilerinin birleştirilmesi ve kinematik konularında yaygın kavram yanılgıları bulunmaktadır. Karşılaşılan en yüksek yüzdeye sahip kavram yanılgıları ise “Yere yaklaştıkça düşen cisme etkiyen yer çekimi kuvvetinin artacağı” ve “Hareket halindeki cismin hareketini sürdürebilmesi için kuvvetin devamının gerekmesi” olarak tespit edilmiştir.

3.2. Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Mülakat sırasında öğrencilere yöneltilen sorular Tablo 3’te verilmektedir.

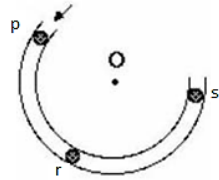
Tablo 3. Yarı Yapılandırılmış Mülakat Soruları

Soru-1. Yeryüzüne yakın bir yükseklikten; aynı büyüklükte, birinin ağırlığı diğerinin iki katı olan iki metal top aynı anda serbest bırakılıyor. Topların yere düşme sürelerini karşılaştırabilir misiniz?

Soru-2. Bir kamyon küçük bir arabaya çarpıyor. Çarpma sırasında kamyon ve araba birbirine kuvvet uygular mı?

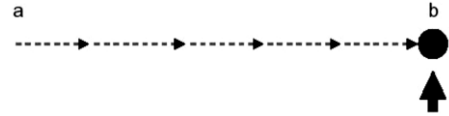
Soru-3. Büyük bir kamyon yolda bozuluyor ve bir otomobil kamyonu arkadan iterek tamirciye ulaştırmaya çalışıyor. Kamyonu iten otomobil sabit hıza ulaşmak için hızlanırken, otomobil ve kamyon birbirine kuvvet uygular mı?

Soru-4. Yatay bir masa üzerine sabitlenmiş şekilde gösterildiği gibi çember biçimindeki sürtünmesiz bir tüp içerisine “p” noktasından bir bilye fırlatılıyor. Bilye r noktasında iken bilyeye etkiyen kuvvetleri çizerek gösteriniz. (Masaya yukarıdan bakılmaktadır.)

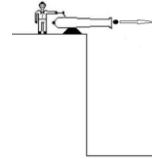


Soru-5. Bir önceki soruda bilye “s” noktasında tüpten çıktıktan sonra nasıl bir yol izler? Çizerek gösteriniz.

Soru-6. Sürtünmesiz yatay bir zeminde sabit bir V_0 hızı ile “a” noktasından “b” noktasına doğrusal bir yol boyunca kayan bir hokey diskine “b” noktasında ok yönünde ani bir vuruş yapılıyor. Bu durumda diskin vuruştan sonra izleyeceği yolu çizerek gösteriniz. (Diske yukarıdan bakılmaktadır.)



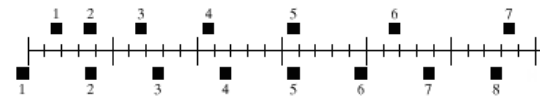
Soru-7. Şekilde görüldüğü gibi bir mermi top tarafından yatay bir hızla fırlatılıyor. Merminin izleyeceği yolu çizerek gösteriniz.



Soru-8. Bir çocuk, çelik bir bilyeyi, dikey olarak yukarıya doğru fırlatıyor. Bilyenin çocuğun elinden ayrıldıktan sonra yere ulaşmaya kadar yukarı çıkarken ve aşağı inerken bilyenin üzerine etkiyen kuvvetleri şekil çizerek gösteriniz (Havanın uyguladığı kuvvetleri ihmal ediniz.)

Soru-9. Sürtünmesiz ortamda yukarıya doğru bir halat ile sabit hızla çekilen bir asansöre etkiyen kuvvetler nelerdir? Bu kuvvetlerin büyüklükleri hakkında ne söylenebilir?

Soru-10. Şekilde sağa doğru hareket eden iki cismin eşit zaman aralıklarında konumları gösterilmektedir. Buna göre, 2 ve 5 anlarında cisimlerin hızları hakkında ne söylenebilir?



Soru-11. Yatay bir zemin üzerinde bulunan bir cisme, yatay bir kuvvet uygulandığında cisim sabit bir V_0 hızı ile hareket ediyor. Bu hareket sırasında cisme etkiyen kuvvetler nelerdir? Şekil çizerek gösteriniz.

Soru-12. Sürtünmesiz bir buz pistinde, ağırlıkları birbirinden farklı iki patenciden ağır olan diğerini itiyor. İtme sırasında patenciler birbirine kuvvet uygular mı? Bu kuvvetlerin büyüklükleri hakkında ne söylenebilir?

Soru-13. Yatay bir zeminde hareketsiz olarak duran bir cisme etkiyen kuvvetleri çizerek gösteriniz.

Soru-14. Yatay ve sürtünmeli bir zeminde durmakta olan bir cisme, yatay olarak bir kuvvet uygulanıyor ve sonra bu kuvvet ortadan kaldırılıyor. Bu cisme duruncaya kadar etki eden kuvvetleri şekil çizerek gösteriniz.

Birinci soru sonucunda üç öğrenci, kütlesi büyük cismin daha önce yere düşeceğini ve yere düşme süresi ile cismin kütlesi arasında ters orantı olduğunu düşünmektedir. Dört öğrenci ise, cisimlerin aynı sürede yere düşeceklerini ifade etmiştir. Bu cevabı veren öğrencilerden üçü, cisimlerin neden aynı anda düştüğüne yönelik bir açıklamada bulunamamıştır. Açıklama yapan öğrenci de ağırlığın etkili olmadığını, yer çekiminin iki kütlede de eşit etki ettiğini söylemiştir.

İkinci soruda yöneltilen çarpışma ile ilgili, beş öğrenci çarpışma sırasında kamyonun küçük arabaya daha fazla kuvvet uygulayacağı şeklinde cevap vermiştir. Bu öğrenciler, neden olarak kamyonun daha çok kütleyle sahip olmasını göstermişlerdir. Bu beş öğrenciden üçü, ağırlık ile doğru orantılı olarak kamyonun daha çok kuvvet uygulayacağını belirtmiştir. İki öğrenci ise kamyonla arabanın birbirine eşit kuvvet uygulayacaklarını söylemiştir. Öğrencilerden biri momentum değişiminden bahsederek etki-tepki yasasına göre kamyon ve arabanın birbirlerine kuvvet uygulayacaklarını ve küçük olanın daha çok etkileneceğini, diğer bir öğrenci ise momentumun korunumu nedeniyle kamyon ve arabanın birbirine eşit kuvvet uygulayacağını ifade etmiştir.

Üçüncü soruda, bir öğrenci etki-tepki prensibi nedeniyle kamyon ve otomobilin uyguladıkları kuvvetlerin eşit olduğunu söylemiş, başka biri ise “Sabit hıza ulaştığı için ivme sıfır, ivme sıfır olduğu için de birbirine kuvvet uygulamazlar.” şeklinde cevap vermiştir. Beş öğrenci sadece otomobilin kamyonu kuvvet uygulayacağını dile getirmiştir. Bu öğrencilerden ikisi, otomobilin kamyonu iterek sabit hıza ulaşmasından sonra, birbirlerine kuvvet uygulamayacağını düşünmektedir. Diğer üç öğrenci ise, sabit hıza ulaşıldıktan sonra da otomobilin kamyonu kuvvet uygularken, kamyonun otomobile kuvvet uygulamayacağını ifade etmiştir.

Dördüncü soruda, bir öğrenci herhangi bir açıklama yapmayarak konu ile ilgili bilgisinin olmadığını söylemiştir. Altı öğrencinin bilyeye etkiyen kuvvetin “yer çekimi” kuvveti olduğunu düşündükleri görülmüştür. Bu öğrencilerden üçü, yer çekimine ek olarak merkezkaç kuvvetinin de etki edeceğini belirtmişlerdir. İki öğrenci ise bilyeye etkiyen bir itme kuvvetinden de söz etmiştir. Bu öğrenciler, bilyenin hareket edebilmesi için, itme kuvvetinin bilye ağırlığından daha büyük olması gerektiğini söylemişlerdir.

Beşinci soruda, öğrencilerden biri bilyenin dairesel bir yol izleyeceğini ifade etmiş, ancak bunun nedenini açıklayamamıştır. Öğrencilerden üçü, bilyenin tüpü terk ettikten sonra kavisli bir yol izleyeceğini söylemiş ve sebebini merkezkaç kuvveti ile açıklamışlardır. İki öğrenci de bilyenin tüpü terk ettikten sonra doğrusal bir yol izleyeceğini belirtmiş, fakat nedenini açıklayamamıştır.

Altıncı soruda, altı öğrenci, vuruştan sonra diskin iki kuvvetin bileşkesi doğrultusunda gideceğini ifade etmiştir. Kalan bir öğrenci ise “Yukarı doğru çıkar.” şeklinde cevaplamıştır. Vuruş sonrası diske etkiyen kuvvetlerin neler olduğu sorusuna ise, beş öğrenci yer çekimi ve itme kuvvetlerinin olabileceğini belirtmiş, iki öğrenci ise sadece yer çekimi kuvvetinin olduğunu söyleyerek, başka bir kuvvetin olmadığını dile getirmiştir. Beş öğrenci, vuruş sonrası disk hızının (V_k), diskin sabit olan V_0 hızından daha büyük olduğunu, iki öğrenci ise V_k ve V_0 kuvvetlerinin bileşkesi olacağından, vuruştan sonraki hızın daha büyük olacağını dile getirmiştir.

Yedinci soruda, üç öğrenci merminin yatay atış hareketi yapacağı belirtmiştir. Üç öğrenciden biri hızını yavaşlatarak yani tüketerek gidip, sonra düşeceğini söylemiştir. Diğer öğrenciler ise fırlatılan merminin X ve Y bileşenlerinin olduğunu; Y bileşeni değişmezken, X bileşeninin değişeceğini ve eğik atış yaparak düşeceğini dile getirmiştir. Başka bir öğrenci de bir süre yatayda yol aldıktan sonra, yatayda aldığı kuvvetler, düşeyde aldığı kuvvetlerden daha büyük

olduğu için, bir süre sonra aşağı düşeceğini ifade etmiştir. Diğer öğrencilerden biri, “Direk parabolik hareket yapar.” şeklinde cevap vermiştir. Bir diğer öğrenci de yatayda etkiyen kuvvetlerin, düşeyde etkiyen kuvvetlerden daha büyük olması sebebiyle, bir süre sonra aşağı düşeceğini belirtmiştir. Kalan bir öğrenci ise, yatayda etkiyen kuvvetlerin, düşeyde etkiyen kuvvetlerden büyük olması nedeniyle önce X düzleminde yükselip, sonra yere düşeceğini dile getirmiştir.

Sekizinci soruda, öğrencilerin beşi, bilye yukarıya doğru fırlatılırken, çocuğun uyguladığı kuvvetin yer çekimi kuvveti ile birlikte bilyeye etki etmeye devam ettiği konusunda hem fikirdir. Bilye aşağı yönde düşerken ise, sadece yer çekimi kuvvetinin etkisinde olduğunu belirtmişlerdir. İki öğrenci ise, çocuğun uyguladığı kuvvetin var olduğunu, ama bu kuvvetin çocuk bilyeyi atana kadar devam ettiğini düşündüklerini söylemiştir.

Dokuzuncu soruda, öğrencilerin tümü aşağı yönde yer çekimi kuvveti olacağını söylemişlerdir. Bu öğrencilerden dördü asansöre aşağı yönlü yer çekimi kuvvetine ek olarak, yukarı yönde de T gerilme kuvvetinin etki edeceğini söylemiştir. Diğer üç öğrenci, yer çekimi ile birlikte F kuvvetinin varlığından söz etmiştir. Bu öğrencilerden biri, asansörün yukarıya çıkabilmesi için T gerilme kuvvetinin daha büyük olması gerektiğini, aksi takdirde aşağıya düşeceğini söylemiştir. İki öğrenci de yukarı yönde F çekme kuvveti ve T gerilme kuvveti, aşağı yönde ise yer çekimi kuvvetinin etki edeceğini belirtmiştir. Bu kuvvetlerin hangisinin daha büyük olacağı sorulduğunda ise, F çekme kuvvetinin daha büyük olacağını söylemişlerdir.

Onuncu soruda üç öğrenci, cisimlerin hızlarının birbirine eşit olduğu herhangi bir anın olduğunu, üç öğrenci ise bu cisimlerin hızlarının eşit olduğu herhangi bir anın olmadığını söylemiştir. Bu soruda bir öğrenci de yeterli bilgiye sahip olmadığını ve bir yorum yapamayacağını söylemiştir. Cisimlerin hızlarının eşit olduğunu söyleyen üç öğrenciden biri, 2 ve 5. anlarda cisimlerin hızlarının eşit olabileceğini ifade etmiştir. İki öğrenci de 2, 3, 4 ve 5. anlarda hızların eşit olacağını belirtmiştir.

On birinci soruda, beş öğrenci yatayda hareket eden cisme F kuvveti, yer çekimi kuvveti ve sürtünme kuvvetinin etki ettiğini, bu öğrencilerden biri ise, bu kuvvetlerin yanında etki-tepki kuvvetinin de olduğunu söylemiştir. Bir öğrenci sadece F kuvvetinin bulunduğunu, başka bir kuvvetin olmadığını belirtmiştir. Diğer bir öğrenci de uygulanan F kuvveti ile birlikte cismin ağırlığından dolayı yer çekimi kuvvetinin varlığından bahsetmiştir. Öğrencilerin tamamı cismin hareket edebilmesi için uygulanan yatay kuvvetin, sürtünme kuvvetinden büyük olması gerektiğini ifade etmiştir. Dört öğrenci, kuvvet iki katına çıktığında cismin hızının artacağını söylemiştir. İki öğrenci ise, cismin yine sabit hızla hareketine devam edeceğini dile getirmiştir. Uygulanan kuvvetin kaldırılması durumunda öğrencilerin tümü cismin hareketine devam edeceğini, ancak sürtünme nedeniyle bir süre sonra duracağını belirtmiştir.

On ikinci soruda, öğrencilerin tümü sürtünmesiz bir buz pistinde, ağırlıkları birbirinden farklı iki patencinin birbirlerine kuvvet uyguladıklarını söylemişlerdir. Öğrencilerden altısı, ağır patencinin daha çok kuvvet uygulayacağını, bir öğrenci ise patencilerin birbirine uyguladıkları kuvvetin eşit olduğunu söylemiştir.

On üçüncü soruda, dört öğrenci yer çekimi kuvveti ve etki-tepki kuvvetinin varlığından bahsetmiştir. Üç öğrenci ise cisim masada durduğundan, sadece yer çekimi kuvvetinin etki ettiğini söylemiştir. Dört öğrenci, masa üzerinde duran cismin masaya, masanın da cisme uyguladığı kuvvetlerin birbirine eşit olduğunu söylemiştir. Üç öğrenci, tepki kuvvetinin daha

büyük olması gerektiğini, aksi halde cismin yere düşeceğini belirtmiştir. Dört öğrenciden biri ise etki-tepki prensibine göre, cismin ağırlığının tepki kuvvetine eşit olduğunu söylemiştir.

Son soruda, altı öğrenci yatay zeminde duran cisim harekete geçirildiğinden, bu cisme sürtünme kuvveti ve yer çekimi kuvvetinin etki edeceğini belirtmiştir. Ayrıca cismin hareketine neden olan bir F kuvvetin varlığından da söz etmişlerdir. Bu kuvvetlerden hangisinin büyük olacağı sorusuna ise F kuvvetinin sürtünme kuvvetinden daha büyük olması gerektiğini dile getirmişlerdir. Sadece bir öğrenci, soruya “Bir mg kuvveti var ve biraz ilerler, sonra durur.” şeklinde cevap vermiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmanın bulguları öğrencilerin kuvvet ve hareket konuları ile ilgili olarak çok sayıda ve oldukça yaygın kavram yanlışlarına sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Bu konularda Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı öğrencileri arasında yaygınlık düzeyi %10 ve üzerinde olan 40 farklı kavram yanılığı tespit edilmiştir. Bulgulardan bu yanlışların önemli bir kısmının (22) yaygınlık düzeyinin %30’un üzerinde olduğu görülmektedir. Temizkan (2003) tarafından yapılan çalışmada 34 kavram yanılığı belirlenmiş olup, yaygınlık düzeyi %30’un üzerinde olan yanlış sayısı; erkek öğrencilerde 13, kız öğrencilerde ise 14 olarak bulunmuştur.

Öğrencilerin önemli bir kısmı, serbest düşme sırasında ağır cisimlerin yere daha hızlı bir şekilde düşeceklerini düşünmektedirler. Bu anlayışa sahip olan öğrencilerin bir kısmı, düşen maddelerin ağırlıkları ile düşme sürelerinin ters orantılı olduğunu, bir kısmı da ağır cisimlerin daha kısa sürede düşeceğini, ancak ağırlık ile düşme süresi arasında bir oranın olmadığını belirtmektedir. Kuvvet ve hareket konuları ile ilgili olarak daha önce farklı seviyelerdeki öğrencilerde yapılan araştırmada, aynı yanlışın yaygın bir şekilde bulunduğu tespit edilmiştir (Temizkan, 2003). Yapılan mülakatlarda öğrenciler, ağırlığın düşme süresi açısından önemli olduğunu belirtmişlerdir. Böyle bir yanlışın nedeninin günlük deneyimler olduğu söylenebilir. Örneğin; metal bir bilye ile bir A4 kâğıdının belirli bir yükseklikten serbest düşmeye bırakılmaları halinde, bilye kâğıttan daha önce yere düşmektedir. Oysa sürtünmesiz bir ortamda cisimlerin boyutları ve ağırlıkları ne olursa olsun, belli bir yükseklikten bırakılan iki cisim aynı anda yere düşer. Ancak, öğrenciler bu şekilde sürtünmesiz bir ortam hayal edemedikleri için günlük yaşamlarındaki deneyimlerinden hareketle, ağır olan cisimlerin daha önce yere düşeceklerini düşünmektedirler. Serbest düşme durumlarında cismin boyutları, ağırlığının yanında yeterince küçük ise, hava direnci ihmal edilecek kadar önemsiz hale gelmektedir. Cisimlerin ağırlıklarına oranla boyutları arttıkça, havanın direnci de artmaktadır. Diğer taraftan bazı öğrenciler, ağırlığı fazla olan cisimlere etki eden yer çekimi kuvveti daha büyük olduğu için, ağır cisimlerin yere daha kısa sürede düştüklerini düşünebilmektedir. Bu durum Newton’un II. yasasının öğrenciler tarafından iyi kavranmadığını göstermektedir. Oysa cisimlere etki eden yer çekimi ivmesi aynı olduğu için cisimler yere aynı sürede düşerler. Bazı öğrenciler yine serbest düşme ile ilgili olarak, “Cisimler düşerken yere yaklaştıkça, etkiyen yer çekimi kuvveti artar.” şeklinde bir anlayışa sahiptirler. Bu düşünce tarzı, kuvvetin hız ile doğru orantılı olduğu şeklindeki Aristo mantığı ile örtüşmektedir (Al-Hassani, Woodcock, & Saoud, 2006). Bu anlayışa sahip olan öğrenciler, düşey olarak yukarıya doğru fırlatılan bir cisme, maksimum yüksekliğe çıkıncaya kadar geçen sürede yer çekimi kuvvetinin etki etmediğini düşünmektedirler. Bu tür bir düşünce, kütle çekiminin yeterince anlaşılmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü cisimlere uygulanan yer çekimi kuvvetinin varlığı, cismin duruyor olmasına, hareket durumuna ya da hareketinin yönüne göre değişmez (Güneş, 2017). Diğer taraftan bazı öğrenciler, cisimlere yer

çekimi kuvveti ile birlikte aşağıya doğru havanın basınç kuvvetinin de etki ettiğini düşünmektedirler. Yani öğrenciler atmosfer basıncının sadece aşağıya doğru etki ettiğini ifade etmektedirler. Burada öğrenciler, havanın basınç kuvvetinin tek yönlü olduğunu düşünmektedir. Bu düşünce kaldırma kuvveti konusunun yeterince anlaşılmasından kaynaklanmakta olup, gerçekte atmosfer basıncı her yönde etki etmektedir. Bazı öğrenciler de yatay bir zeminde sabit hızla hareket eden bir cisme etki eden yatay kuvvetin, yer çekimi kuvvetine eşit olduğunu düşünmektedir. Böylece öğrencilerin genellikle hareketi yatay ve düşey doğrultularda ayrı ayrı analiz etmeleri gerektiğini bilmedikleri söylenebilir. Oysa cismin yataydaki hareketi incelenirken, yalnızca cisme etki eden yatay kuvvetler dikkate alınmalıdır. Aynı durum düşey doğrultudaki hareket için de geçerlidir. Bazı öğrenciler hareketin olabilmesi için yatay kuvvetin sürtünme kuvvetinden büyük olması gerektiğini söylemiştir. Bu anlayış kuvvet olmazsa hareket de olmaz şeklindeki Aristo fiziği görüşünün, öğrencilerde bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, Newton'un I. yasasının öğrenciler tarafından içselleştirilemediğini düşündürmektedir. Lise düzeyindeki öğrencilerde hareket yönünde cisme etkiyen net bir kuvvetin olmasının zorunlu olduğu, yaygın bir düşüncedir (Temizkan, 2003).

Etki-tepki kuvvet çiftleri ile ilgili olarak, çalışma kapsamında öğrencilerin; "Farklı kütleli iki cismin merkezi çarpışması esnasında, büyük kütleli cisim daha büyük kuvvet uygular, bir cismin başka bir cismi iterek hareket ettirmesi durumunda, aktif olan (iten), pasif olan (itilen) cisme daha büyük kuvvet uygular." şeklinde, bilimsel olarak yanlış anlayışlara sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğrenciler iki cismin çarpışması halinde, kütlelerine bağlı olarak birbirlerine kuvvet uygulayacaklarını ve kütle arttıkça, uygulanan kuvvetin de artacağını düşünmektedirler. Bu durum öğrencilerin günlük yaşamlarından elde ettikleri deneyimler neticesinde ortaya çıkan bir kavram yanılgısı olabilir. Newton'un etki-tepki yasasına göre, çarpışma sırasında cisimlerin kütleleri ne olursa olsun, birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin büyüklükleri eşit olmaktadır. Öğrenciler genellikle günlük yaşamda bu konu ile ilgili olarak karşılaştıkları durumları, cisimlerin çarpışma sonrasında gördükleri zarara göre değerlendirmekte ve fazla zarar gören cismin daha büyük bir kuvvete maruz kaldığını düşünmektedirler. Örneğin; büyük bir kamyon ile küçük bir otomobilin çarpışması halinde, otomobil daha fazla zarar gördüğü için kamyonun otomobile uyguladığı kuvvetin daha büyük olduğunu düşünmektedirler (Halloun & Hestenes, 1985; Koponen & Huttunen, 2013). Çalışmada öğrencilerin önemli bir kısmı, bir cisme dairesel hareket yaptıran şartların ortadan kalkması durumunda, cismin dairesel hareketini sürdürme eğiliminde olduğunu düşünmektedir. Bu yanılgı, Aristo sonrasında bazı bilim insanlarının hareketi açıklamak için ortaya attıkları impetus kavramı ile açıklanabilir. Buna göre öğrenciler, cismin dairesel hareket yapmasına neden olan etkinin, cisme dairesel hareket etkisini aktardığını düşünmektedirler. Bu şekilde düşünen öğrencilerde, dairesel hareketi oluşturan etkinin ortadan kaldırılması durumunda, cismin dairesel harekete devam edeceği şeklinde, bilimsel olarak doğru olmayan bir anlayış ortaya çıkmaktadır (Demirçalı, 2006). Dairesel hareketle ilgili olarak öğrencilerde ayrıca, "Bir cisme dairesel hareket yaptıran şartların ortadan kalkması durumunda, cisim merkezkaç kuvvetinin etkisi ile merkezden dışarıya doğru savrulur." şeklinde bir yanlış anlayış da bulunmaktadır. Gerçekte merkezkaç kuvveti diye bir kuvvet olmayıp, bu bazı hareket problemlerinin çözümü için uydurulmuş bir kuvvettir (Güneş, 2017).

Yukarıda tartışılan kavram yanılgılarının dışında impetus kavramının neden olduğu, başlangıçtaki impetusun kaybedilmesi/kazanılması, kademeli/gecikmeli olarak impetusun oluşması, impetusun azalması ve darbe ile impetus sağlanması gibi yanılgılar öğrenciler arasında yaygın bir şekilde mevcuttur (Güneş, 2017; Halloun & Hestenes, 1985).

Öğrencilerde hareket etkilerinin birleştirilmesi ile ilgili olarak önemli kavram yanılgılarının olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu konuda, “Cisme etki eden son kuvvet cismin hareketini belirler.” şeklinde önemli bir yanılgının bulunduğu tespit edilmiştir. Bu anlayışa sahip olan öğrenciler; sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit bir hızla hareket eden cismin, hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanması ardından, cismin ilk hızından bağımsız, sadece anlık olarak sonradan etki eden bu kuvvetin kazandırdığı hız yönünde hareket edeceğini düşünmektedirler.

Öğrencilerin sahip oldukları bir başka yanılgı hızların toplanması ile ilgilidir. Öğrenciler, sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit hızla hareket eden cismin hareketine dik ve yatay düzleme paralel bir kuvvetin anlık olarak uygulanmasından sonra, cismin yeni hızının iki hızın aritmetik toplamına eşit olacağını düşünmektedirler. Yani öğrenciler, hızı vektörel değil de, skaler bir büyüklük olarak dikkate almaktadırlar. Öğrenciler genellikle skaler büyüklüklerle işlemler yaptıkları için vektörel büyüklüklerle yapılması gereken geometrik işlemleri de, skaler büyüklüklerle yapılan işlemler gibi düşünmektedirler. Bu durum ilgili konuda önemli yanılgılara neden olabilmektedir. Oysa vektörel işlemler, skaler işlemlerden oldukça farklı olup, derslerde bu farkın iyice vurgulanması gerekmektedir (Küçüközer, 2009). Diğer taraftan, hareket ile ilgili olarak anlama güçlüğüne bulunduğu başka bir konu da, konum ve hızın birbirine karıştırılmasıdır. Örneğin; öğrenciler, doğrusal bir yol boyunca aynı yönde hareket eden iki farklı aracın anlık olarak yan yana geldikleri durumda, bu araçların hızlarının birbirine eşit olacağını düşünmektedirler. Gerçekte böyle bir durumda, iki cismin hızı farklı da olabilmektedir. Öğrencilerin bu şekilde düşünmesinin, bağıl hız konusunda öğrenilen bilgilerin, konum-hız konularındaki bilgiler ile karıştırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle derslerde hareket konusuna girilince, hareketin temelini teşkil eden konum, hız, ivme ve yer değiştirme gibi temel kavramların ayrıntılı bir şekilde açıklanarak, aralarındaki farkın irdelenmesi oldukça faydalı olacaktır.

Öğrencilerde görülen önemli bir diğer yanılgı “Kütle cisimleri durdurur.” şeklindedir. Bazı öğrenciler; yatay ve sürtünmeli bir zeminde sabit V_0 hızıyla hareket eden bir cisme uygulanan yatay kuvvetin kaldırılması durumunda, cismin hemen duracağını, bazı öğrenciler ise cismin belli bir süre sabit hızla hareket etmeye devam edip, sonra yavaşlayarak duracağını düşünmektedir. Bu durum Newton’un I. ve II. yasalarının öğrenciler tarafından iyi kavranmadığını ortaya koymaktadır. Gerçekte, yatay kuvvet ortadan kaldırılınca, cisim eylemsizliği yüzünden hareket durumunu korumak ister, fakat hareket yönüne zıt sürtünme kuvveti nedeniyle, cisim yavaşlayarak bir müddet sonra durur. Yani, hareketi yavaşlatan ve cismi durduran etken kütle değil, sürtünme kuvvetidir. Ayrıca, bu çalışmada öğrencilerde “Engeller kuvvet uygulamaz.” şeklinde bir yanılgının olduğu da tespit edilmiştir. Bu yanılgıya sahip olan öğrenciler, yatay bir zeminde hareketsiz olarak duran bir cisme, yalnızca aşağıya doğru yer çekimi kuvvetinin etki edeceğini düşünmektedirler. Yani bu yanılgıya sahip öğrenciler, cismin dengede kalabilmesi için yatay zeminin de cisme, cismin ağırlığına eşit ve zıt yönlü bir kuvvet uygulayacağını ihmal etmektedirler. Bu yanılgının sebebi, öğrencilerin Newton’un III. hareket yasasını doğru olarak kavrayamamalarıdır. Bir cismin dengede kalabilmesi için net kuvvetin sıfır olması gerekmektedir. Denge, sadece tek bir kuvvetin varlığı ile sağlanamaz. Böyle bir durumda denge, farklı bir cisim tarafından uygulanan tepki kuvveti ile sağlanmaktadır. Fakat uygulanan kuvvetlerin kaynakları (kütle çekimi ve etki-tepki) farklı olduğundan, öğrenciler tepki durumunu düşünmemektedir (Brown, 1989; Güneş, 2017).

Başka kavram yanlışlarının bulunabileceği düşüncesi ve aynı yanlışların farklı bir araştırma grubundaki yaygınlık düzeyini görebilmek amacı ile sunulan bu çalışmada, kuvvet ve hareket konusunda üniversite öğrencilerinin anlayışlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, öğrencilerle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış mülakatlarla tespit edilen kavram yanlışlarının nedenleri sorgulanmıştır. Bu çalışma sonucunda yeni bir kavram yanlışlığı tespit edilememiş olup, bulunan yanlışlar literatürde daha önce belirlenen kavram yanlışları ile örtüşmektedir (Güneş, 2017; Harris vd.; 2018). Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurularak araştırmacılara, eğitimcilere ve öğretim programlarını geliştirenlere yönelik birtakım öneriler sunulabilir. Buna göre programlar geliştirilirken ya da güncellenirken, program geliştirenlerin kavram yanlışlarına yönelik bu tür çalışmaları incelemeleri yoluyla, öğrencilerin kavram yanlışlarını ve öğrenme güçlüklerini dikkate almaları, programların daha işlevsel olmasını sağlayacaktır. Öğretmenlerin derslerini planlarken bu yanlışları dikkate almaları, öğrencilerin konuları kavramsal ve ilişkisel olarak öğrenebilmeleri açısından oldukça önemlidir. Konular günlük yaşamdan bolca örnekler verilerek işlenmelidir. Derslerde sayısal problemlerin çözümünden önce hayatla ilişkilendirilerek, konunun kavramsal yönünün irdelenmesi ve bu yolla öğrencilerin kavramları zihinlerinde canlandırabilmeleri sağlanmaya çalışılmalıdır. Öğrencilerin mevcut bilgilerini ve varsa kavram yanlışlarını ortaya çıkarabilecek nitelikte sorulardan oluşan testlerin, konuların öğretiminden önce öğrencilere uygulanması, öğretmenlerin bu yanlışların farkında olarak etkili öğretim yapmasına faydalı olacaktır. Fiziğin diğer konularında da bu tür yanlış çalışmalarının yapılması; öğretmen adaylarının farkındalık kazanmaları ve kendilerini geliştirmeleri açısından araştırmacılara önerilmektedir.

Kaynaklar

- Al-Hassani, S. T. S., Woodcock, E., & Saoud, R. (2006). *1001 inventions: Muslim heritage in our world (2nd ed.)*. Manchester, UK: Foundation for Science Technology and Civilisation.
- Aykutlu, I., & Şen, A. (2011). Using analogies in determining and overcoming high school students' misconceptions about electric current. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2), 221-250.
- Bani-Salameh, H. N. (2016). How persistent are the misconceptions about force and motion held by college students? *Physics Education*, 52(014003), 1-7.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives. The Classification of educational goals, Handbook I: Cognitive domain*. Michigan, USA: David McKay.
- Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.
- Brown, D. E. (1989). Students' concept of force: The importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24(6), 353-358.
- Büyükkasap, E., Düzgün, B., & Ertuğrul, M. (2001). Lise öğrencilerinin ışık hakkındaki yanlış kavramları. *Milli Eğitim Dergisi*, 149, 32-35.
- Büyükkasap, E., Düzgün, B., Ertuğrul, M., & Samancı, O. (1998). Bilgisayar destekli fen öğretiminin kavram yanlışları üzerine etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 6(2), 59-66.
- Büyüköztürk, S., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2015). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (19. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.

- Çepni, S. (1997). Fizik öğretmen adaylarının temel terimlerdeki yanlışlarının akademik başarılarına etkileri. *Milli Eğitim Dergisi*, 38, 26-28.
- Çetin, O., & Günay, Y. (2007). Fen öğretiminde yapılandırmacılık kuramının öğrencilerin başarılarına ve bilgiyi yapılandırmalarına olan etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 32(146), 24-38.
- Cevik, E. E., & Kurnaz, M. A. (2019). Analysis of the responses of science teacher candidates to force concept inventory by concentration factor. *Universal Journal of Educational Research*, 7(1), 111-117.
- Coştu, B., Ünal, S., & Ayas, A. (2007). Günlük yaşamdaki olayların fen bilimleri öğretiminde kullanılması. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 197-207.
- Demirçalı, S. (2006). *Üniversite öğrencilerinin kuvvet ve hareket kavramlarını algılamaları üzerine bir çalışma*. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 181713)
- Dönmez Usta, N., & Kasap, G. (2013). 2000-2012 yılları arasında Türkiye'de kuvvet ve hareket konusuna yönelik yapılan çalışmalar. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 76-91.
- Gönen, S. (2008). A study on student teachers' misconceptions and scientifically acceptable conceptions about mass and gravity. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 70-81.
- Güneş, B. (2017). *Doğru bilinen yanlışlardan, yanlış bilinen doğrulara: Fizikte Kavram yanlışları*. Ankara: Palme.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11), 1043-1055.
- Halloun, I., Hake, R., Mosca, E., & Hestenes, D. (1995). *Force concept inventory [Multiple-choice test]*. 05.02.2018 tarihinde <http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html> adresinden alınmıştır.
- Hançer, A. H., Şensoy, O. & Yıldırım, H. I. (2003). İlköğretimde çağdaş Fen Bilgisi öğretiminin önemi ve nasıl olması gerektiği üzerine bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 80-88.
- Harris, J., George, N. R., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2018). Where will it go? How children and adults reason about force and motion. *Cognitive Development*, 45, 113-124.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 30(3), 141-158.
- Kahveci, O., & Kantarlı, K. (2008). The effect of introductory physics course on the conceptual understanding of newtonian mechanics of the first year undergraduate students. *Anadolu University Journal of Science and Technology*, 9(1), 41-50.
- Koponen, I. T., & Huttunen, L. (2013). Concept development in learning physics: the case of electric current and voltage revisited. *Science & Education*, 22(9), 2227-2254.
- Krause, S., Kelly, J., Corkins, J., Tasooji, A., & Purzer, S. (2009). Using students' previous experience and prior knowledge to facilitate conceptual change in an introductory materials course. In *Frontiers in Education Conference, 39th IEEE*. doi: 10.1109/FIE.2009.5350761
- Kuru, İ., & Güneş, B. (2005). Lise 2. sınıf öğrencilerinin kuvvet konusundaki kavram yanlışları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(2), 1-17.
- Küçüközer, A. (2009). Vektörler hakkında öğrencilerin alternatif fikirleri. *E-Journal of New World Sciences Academy Education Sciences*, 4(1), 84-98.

- Mazur, E. (1996). *Peer instruction: A user's manual*. New Jersey, USA: Addison-Wesley.
- MEB. (2017). *İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Ankara, Türkiye: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Piaget, J. (1977). *The development of thought: equilibrium of cognitive structures*. New York: Viking.
- Poutot, G., & Blandin, B. (2015). Exploration of students' misconceptions in mechanics using the FCI. *American Journal of Educational Research*, 3(2), 116-120.
- Savinainen, A., & Scott, P. (2002). Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching. *Physical Education*, 37(1), 53-58.
- Şahin, S., & Karamustafaoğlu, O. (2016). The images of primary school students on force and motion concepts. *Turkish Journal of Teacher Education*, 5(1), 49-67.
- Tekkaya, C., Çapa, Y., & Yılmaz, Ö. (2000). Biyoloji öğretmen adaylarının genel biyoloji konularındaki kavram yanlışları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(18), 140-147.
- Temizkan, D. (2003). *The effect of gender on different categories of students' misconceptions about force and motion*. Yüksek lisans tezi. <http://library.metu.edu.tr> adresinden alınmıştır.
- TTKB. (2005). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı (6, 7, 8. Sınıflar)*. Ankara, Türkiye: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2014). Conceptual change from the framework theory side of the fence. *Science & Education*, 23(7), 1427-1445.
- Yağbasan, R., & Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13), 102-120.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. baskı). Ankara: Seçkin.
- Yürük, N., & Çakır Sıla, Ö. (2000). Lise öğrencilerinde oksijenli ve oksijensiz solunum konusunda görülen kavram yanlışlarının saptanması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(18), 185-191.
- Zhou, S., Zhang, C., & Xiao, H. (2015). Students' understanding on Newton's third law in identifying the reaction force in gravity interactions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(3), 589-599.

Extended Summary

1. Introduction

Education is very significant for individual and social improvement. Individual improvement in investigating, questioning, problem-solving and decision-making required for scientific literacy. Up to date, paying the necessary attention to education and planning is important in order to accomplish a viable community. Planning of physics education requires the determination of students' conceptual understanding and existing misconceptions.

A misconception is an incorrect understanding of a concept against scientifically accepted ones. In Turkey, physics is usually taught with mathematical equations and not with conceptual learning. This implementation makes difficult to understand fundamental concepts and leads to misconceptions. Force and motion in mechanical physics have common misconceptions like other concepts in physics. However, fundamental concepts in force and motion are very important to understand other concepts such as electricity, magnetism, thermodynamics and modern physics. Force and motion are some of the core concepts in physics. Association of these concepts with other subjects in physics and other disciplines will make learning more effective. This research was aimed to determine teacher candidates' misconceptions and understanding of force and motion concepts.

2. Method

As a qualitative research approach, a case study method was used for this research. 92 students (75 females and 17 males) enrolled in the 2nd year of the Department of Science Education of Atatürk University in 2016-2017 academic year was chosen as a participating group. These students were taken a concept test consisting of 20 questions related to force and motion concepts. This concept test "Force Concept Inventory" developed by Hestenes, Wells & Swackhamer (1992) and translated into Turkish by Temizkan in 2003. Simple statistical methods were used in the analysis of the applied test. The correct answer rate for each question in the test was calculated and presented. Percentages of students' correct answers for each choice in all questions were determined and misconceptions were identified.

Seven students were chosen from this participating group for the second analysis. A semi-structured interview was conducted with these students to examine the reasons for their misconceptions. For this aim, 14 questions were chosen from the concept test and were asked to the students again. Each interview took about 30 minutes and was conducted separately. Drawings also demanded in order to explain their answers. In addition, students' voice was recorded and those recordings converted into text and descriptively analyzed.

3. Findings, Discussion and Results

In the scope of this study, 40 different misconceptions were exposed among students with a prevalence level of 10% or more. It has seen that the prevalence level of some common misconceptions is over 30% and the other misconceptions vary between 10% and 30%. Except for one of the questions, the correct answer rate is below 50% for all questions. The correct answer rate is below 30% for most of the questions in the concept test. This result shows that there are many misconceptions among the students in this study related to gravity, action-reaction force pairs, impetus, friction force, active force, kinematics and resultant forces. 40 different misconceptions successfully identified in this participating group.

Most of the misconceptions are related to Aristotelian physics. After semi-structured interviews, it is concluded that students have trouble understanding frictionless environments and Newton's 2nd law. Those students think that force is in direct proportion to speed. Another misconception shows that Newton's 1st law is not comprehended well, because students think that there is no motion without force. Also Newton's 3rd laws are not understood clearly

because students realize that there are action and reaction between objects, but they think it is proportional to objects' masses. This result infers that Newton's laws need to be taught very well in order to avoid future misconceptions. Misconception studies should be taken into consideration and given priority for program preparation or updating curriculum programs in order to eliminate the identified misconceptions.

Araştırma Makalesi: Şimşek, D., Yurtcan, M. T., & Oktay, Ö. (2019). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının kuvvet ve hareket konularındaki kavram yanlışları. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3), 195-214.