



Determination of Conceptions of Secondary 10th Grade Students About Torque, Angular Momentum and Kepler's 2nd Law

Ayberk Bostan Sarioğlan* & Hüseyin Küçüközer

Balıkesir University, Balıkesir, TURKEY

Received: 23.10.2012

Accepted: 19.03.2013

Abstract – Prior knowledge that students have can be compatible with scientific facts or it can be a learning disability different from the scientific facts. So it is important to reveal students' prior knowledge and to determine their ideas that are not compatible with scientific information. In this study, it has been aimed to reveal the prior knowledge of 133 tenth grade students about torque, conservation of angular momentum and Kepler's 2nd law. Students taking place in the sample have not taken formal education about these concepts yet and their ideas may be naive. The students have been asked three open-ended questions whose study of validity and reliability has been carried out. While it is seen that students gave answers consistent with the scientific facts about the torque concept, none of the answers given by students about the conservation of angular momentum and Kepler's 2nd law is included in the category of scientific answer. Students have been encountered the most common type of alternative answers for both of these concepts. In the teaching of this concept and law, students' prior knowledge conflicting with the scientific ideas should be considered, that is to say, teaching should be organized to include conceptual change.

Key words: Torque, conversation of angular momentum, Kepler's 2. law, preconceptions.

DOI No: <http://dx.doi.org/10.12973/nefmed156>

Summary

Introduction

In recent years, student-centered teaching programs have been organized in accordance with the constructivist learning theory. According to this theory, learning takes place with configuration of new information on the information available as a result of active processes (Simon, 2004). Ausubel (1963) and Gagne (1965) have addressed the importance of prior knowledge in learning and both researchers have mentioned that prior knowledge has

* Corresponding author: Ayberk BOSTAN SARIOĞLAN, Res. Asst., Department of Primary Science Education, Necatibey School of Education, Balıkesir University, Balıkesir, Turkey.
E-mail: abostan@balikesir.edu.tr

positive effect on learning and learning cannot take place without prior knowledge (akt. Atasoy, 2004). In the learning theory of Ausubel, the most important factor affecting learning is students' accumulation of knowledge available, so prior knowledge should be revealed and teaching should be organized according to this (Özmen, 2005). Since students' prior knowledge is effective on learning, accumulation of knowledge is important and learning may be much more effective if the new information is given related to prior accumulation of knowledge. If the prior knowledge that students have is not compatible with the scientific facts, teaching should be effective in changing of this prior knowledge with the scientific facts. Torque which is the subject of this research has been encountered in the limited number of studies in literature related to determine students prior knowledge about the concepts of conservation of angular momentum and Kepler's 2nd law.(Klammer, 1998; Pol, Harskamp, Suhre & Goedhart, 2008; Pol, Harskamp & Suhre 2008; Rimoldini & Singh, 2005; Palmieri & Strauch, 1963; Williamson, Torres-Isea & Kletzing, 2000; Ruzhitskaya & Speck, 2009; Yu, Sahami & Denn, 2010).In this study, it has been determined that students' ideas about the torque, angular momentum and Kepler's 2nd law are not compatible with the scientific facts.

The purpose of this study is to determine prior knowledge of students who have not taken a formal education about the concepts of the study about torque ,conversation of angular momentum and Kepler's 2nd law. As prior knowledge of students affects their learning, it will also affect their learning about these concepts in the future. To the best of our knowledge, no study intended to determine students' prior knowledge about these notions has been encountered in the literature. Revilement of the students' prior knowledge is quite important in regulation of education for the future classes.

Methodology

The method of this study has been determined as scanning pattern which is one of descriptive research methods. A total of 133 randomly selected tenth grade students from 2 secondary education institutions in the city center of Balıkesir consist the sample of this study. The sample of the study has been determined by easily accessible sampling method which is one of the purposive sampling methods.

While developing a data collection tool, 5 physical educators have examined the survey and made necessary corrections in order to ensure the content validity of the survey including questions about torque, conversation of angular momentum and Kepler's 2nd law. In the pilot study, the questions were asked to 55 students and the points that students had difficulty were identified and corrected.

Descriptive analysis of data obtained from the questions directed to the sample about the purpose of the study has been carried out. Similar studies encountered in the literature were examined to determine the themes used in the analysis of open-ended questions. (Trundle, Atwood & Christopher, 2007) and response categories were formed appropriate to this study. The categories used in this study are these: “scientific understanding”, “scientific fragment”, “scientific fragment with alternative fragment”, “alternative understanding”, “alternative fragment” and “no understanding”.

Results

15.79% of students gave the right answer about torque. The most common encountered category is “scientific fragment”. 14.29% of students’ answers are in the “ alternative response” category. 7.5% of students’ responses are in the “alternative fragment” category. 6.02% of students have taken no position or their answers are not related to this concept.

None of students could be able to give the correct answer about the conservation of angular momentum. The most common response category is “ scientific fragment with alternative fragment” and 27.8% of students have been given answers included in this category. The second most common category is alternative response category and 23.3% of students’ answers are included in this category. 22.9% of students’ answers are included in “alternative fragment” category. 19.5% of students have taken no position or their answers are not related to this concept.

None of students gave the right answer about Kepler’s 2nd law. 22.6% of students’ responses are in the “scientific fragment” category. 10.5% of students responses are in the “scientific fragment with alternative fragment” category. 23.3% of students’ responses are in the “alternative response” category. The most common category in this question is “alternative fragment” category and 41.3% of students’ responses are included in this category. Only 2.3% of students take no position and their answers are not related to this concept.

Conclusion and Discussion

In the answers given by students about the concepts of torque , it has been encountered scientific and scientific fragment categories. It has been determined that students gave “scientific response” although they haven’t learnt about the concept of torque. 7th grade students have learnt force and application of a force through a distance about simple machine.

Students could transfer a different concept that they didn't know by using the concepts they knew. But it hasn't been encountered an answer included in scientific response category on the concept of conservation of angular momentum and Kepler's 2nd law. Students' prior knowledge is not enough to explain the conservation of angular momentum and Kepler's 2nd law and students couldn't give the right answer accepted as scientific. Most of students' ideas are in the category of "alternative response".

Suggestions

Future researchers can organize training intended to remove students' preconceptions about the torque , conservation of angular momentum and Kepler's 2nd law. Also studies can be made to uncover the different grade students' prior knowledge related to these concepts. Studies can be made intended to how teachers perform teaching about these concepts. Additionally, teacher guides can be created for teachers to use during training. The research shouldn't be limited with these concepts that are subject of the study. Prior knowledge of students about the other physics concept taking place in physics programs can be determined.

Ortaöğretim 10. Sınıf Öğrencilerinin Tork, Açısal Momentumun Korunumu ve Keplerin 2. Yasasına İlişkin Kavramlarının Belirlenmesi

Ayberk Bostan Sarioğlan[†] & Hüseyin Küçüközer

Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye

Makale Gönderme Tarihi: 23.10.2012

Makale Kabul Tarihi: 19.03.2013

Özet – Öğrencilerin sahip olduğu ön bilgiler bilimsel gerçekler ile uyumlu olabileceği gibi bilimsel gerçeklerden farklı birer öğrenme engeli de olabilir. Bu nedenle öğrencilerin ön bilgilerinin ortaya çıkarılması ve bilimsel bilgi ile uyumlu olmayan fikirlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, 10. sınıf öğrencilerinin (n=133) tork, açısal momentumun korunumu ve Kepler yasaları ile ilgili ön bilgilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Örnekleme yer alan öğrenciler bu konular ve kavramlara ilişkin henüz formal öğretim almamıştır. Öğrencilere geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılmış üç adet açık uçlu soru sorulmuştur. Analiz sonucunda öğrencilerin tork kavramına ilişkin bilimsel gerçekler ile uyumlu cevaplar verdiği görülürken, açısal momentumun korunumu ve Keplerin 2. yasasına ilişkin verdikleri cevapların hiçbiri bilimsel cevap kategorisinde yer almamıştır. Açısal momentum ve Kepler yasaları kavramlarına ilişkin öğrencilerde en sık alternatif cevap türünde cevaplar ile karşılaşmıştır. Bu kavramların öğretiminde, öğrencilerde karşılaşılan bilimsel fikirlerle çelişen kavram yanılgıları dikkate alınmalı, yani öğretim kavramsal değişimi de içine alacak şekilde düzenlenmelidir.

Anahtar kelimeler: Tork, açısal momentumun korunumu, Keplerin 2. yasası, kavram yanılgısı

Giriş

Son yıllarda öğretim programları öğrenci merkezli yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun olarak düzenlenmiştir. Bu kurama göre, öğrenciler öğretimden önce sınıflarına fiziksel dünyaya dair çok çeşitli ön bilgi ve kavramlar ile gelmektedir ve onlar “boş levhalar” değildir (Driver, 1989). Öğrenciler öğretim öncesi günlük deneyimlerine bağlı olarak çeşitli fikirlere sahip olarak sınıf ortamına gelirler (Widodo, Duit & Müller, 2002). Öğrencilerin bilimsel teoriler ile ilgili sistematik bir öğretim almadan önce günlük hayatta gözlemledikleri olaylara ilişkin geliştirdikleri fikirler ‘sezgisel’ veya ‘naif’ fikirler olarak isimlendirilmektedir (Lautrey

[†] İletişim: Ayberk Bostan Sarioğlan, Araş. Gör., İlköğretim Fen Bilgisi Anabilim Dalı, Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye.

E-posta: abostan@balikesir.edu.tr

Not: Bu çalışma, Ayberk BOSTAN SARIOĞLAN’IN doktora tezinin bir bölümüdür.

& Mazens, 2004). Sezgisel fikirler, neyi öğreneceğimize karar verirken, başlangıç fikirlerini oluşturan kalıtsal özellikler tarafından belirlenmektedir (Carey, 1992). Yapılandırmacı öğrenme kuramına göre öğrenme mevcut bilgilerin üzerine yeni bilgilerin aktif süreçler sonucunda yapılandırılması ile gerçekleşir (Simon, 2004). Ausubel (1963) ve Gagne (1965) öğrenmede ön bilginin önemine değinmiş ve her iki araştırmacı da ön bilginin öğrenme üzerinde olumlu etkisi olduğundan ve ön bilgiler olmadan öğrenmenin gerçekleşmeyeceğinden bahsetmiştir (akt. Atasoy, 2004). Ausubel'in öğrenme kuramında öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör öğrencinin mevcut bilgi birikimidir ve ön bilgileri ortaya çıkarılarak öğretim bu bilgilere göre düzenlenmelidir (Özmen, 2005). Öğrencilerin öğretim öncesi günlük fikirlerini ve sezgisel kavramlarını araştıran çalışmalarda bu kavramların fen sınıflarında öğretilen kavramlar ile genellikle uyuşmadığı belirtilmiştir ve bu öğrenciler fikirlerini öğretimden elde ettikleri bilgiler ile desteklediklerinde kavramlarını değiştirmek yerine sınıfta öğrendikleri yeni bilgileri mevcut günlük deneyimlerine uydurmaktadırlar (Eylon & Linn, 1988). Bu nedenden dolayı yeni bilgiler öğretilirken öğrencilerin sahip olduğu önceki bilgi birikimi göz önüne alınmalıdır. Öğrencilerin sahip olduğu ön bilgiler öğrenme üzerinde etkili olduğu için öğrencilerin bilgi birikimi önemlidir. Öğrencilerin ön bilgileri sahip oldukları bilimsel kavramlar kadar kavram yanlışları hakkında da bilgi vermektedir (Hewson & Hewson, 1983). Öğrencilerin sahip olduğu ön bilginin iki özelliği vardır: formal bilgi ile karşılaştırıldığında genellikle yanlıştır ve bazen de (her zaman değil) formal bilginin öğrenilmesini engellemektedir (Chi & Roscoe, 2002). Clement, Brown ve Zeitsman (1989) öğrencilerin ön bilgilerinin bilimsel gerçekler ile örtüşebileceği gibi bilimsel gerçekler ile uyumlu olmayabileceğini belirtmiştir. Bilimsel gerçekler ile uyumlu olmayan ön bilgiler kavram yanlışlığı olarak adlandırılmaktadır. Ön bilgiler öğretimden önce şekillenebilir ve ön bilgiler kolay anlaşılır ve değişime oldukça dirençlidir (Trundle, Atwood & Christopher, 2007). Öğrenme engeli olarak karşımıza çıkan ön bilgilerin ortadan kaldırılmasında öğretim önemli bir rol oynamaktadır. Öğrencilerin sahip olduğu ön bilgiler bilimsel gerçekler ile uyumlu değilse öğretim bu bilgilerin bilimsel fikirlere doğru değişim sürecinde etkili olmalıdır. Bu türden öğretim etkinliklerinin geliştirilmesinde öğrencilerin ön bilgilerinin tespit edilmesi önemlidir.

Bu araştırmaya konu olan tork, açısız momentumun korunumu ve Kepler yasaları kavramlarına ilişkin literatürde sınırlı sayıda çalışma ile karşılaşmıştır. Aşağıda literatürde karşılaşılan bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara kısaca değinilmiştir.

Literatürde, tork kavramına ilişkin olarak Klammer (1998), Pol, Harskamp, Suhre ve Goedhart (2008) ve Pol, Harskamp ve Suhre (2008) lise öğrencilerinin ve Rimoldini ve Singh (2005) üniversite öğrencilerinin fikirlerini araştıran çalışmalar yapmıştır. Klammer (1998) fizik kavramlarına ilişkin yaptığı literatür taramasında, tork kavramına ilişkin “bir cisme etki eden her kuvvet bir tork üretecektir” ve “tork kuvvet ile aynıdır ve aynı yönlüdür” kavram yanılgıları ile karşılaşmıştır. Pol, Harskamp, Suhre ve Goedhart (2008) çalışmalarında ‘Physhint’ isimli öğrenci kontrollü bilgisayar programını kullanarak bir öğretim düzenlemiştir. Bu program öğrencilere problem çözmelerine yardım etmek amacı ile konu ile ilgili ipuçları vermektedir. Çalışmanın örneklemini 16 yaş grubundaki öğrenciler oluşturmuş ve 11 öğrenci deney grubunda, 26 öğrenci kontrol grubunda yer almıştır. Her iki grup aynı kitap kullanılarak aynı sınıf ortamında ‘kuvvet’ konusuna ilişkin bir öğretim almıştır. Ancak bağımsız çalışmalarında deney grubu bilgisayar laboratuvarında Physhint isimli program ile çalışırken, kontrol grubu sınıfta çalışmaya devam etmiştir. Deney ve kontrol grubunun ikisine de problem çözme yeteneklerini belirlemek için öğretim öncesi ve öğretim sonrası test uygulanmıştır. Problem çözme yeteneklerinde öğretim öncesi deney ve kontrol grubu arasında fark yokken, öğretim sonrasında deney grubunun problem çözme yetenekleri önemli ölçüde gelişmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, tork kavramının öğretiminde Physhint isimli bilgisayar programını kullanmanın klasik öğretimden daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada öğrencilerin tork kavramına ilişkin ön test ve son testte ne türde cevaplar verdiklerine yer verilmemiş sadece öğretimin etkililiği tartışılmıştır.

Pol, Harskamp ve Suhre (2008) çalışmalarında bir önceki çalışmalarına benzer bir çalışma yapmıştır. ‘Physhint’ isimli bilgisayar programını kullanarak öğrencilerin tork, dönen bir nokta etrafındaki kuvvetlerin hesaplanması konuları ile birlikte dinamiğin birkaç konusu daha ele alınmıştır. Çalışmanın örneklem 15-16 yaş grubunda 59 öğrenciden oluşmaktadır. Çalışmada bir önceki çalışmanın bulgularına benzer olarak öğrenci kontrollü program kullanmanın öğrencilerin problem çözme yeteneklerini arttırdığı belirlenmiştir. Bu çalışmada da örnekleme yer alan öğrencilerin tork kavramına ilişkin fikirlerini ortaya koyan sonuçlara değinilmemiştir.

Rimoldini ve Singh (2005) yaptıkları çalışmada üniversitede fizik dersine giriş yapan 669 öğrencinin dönme ve dönme hareketi kavramları ile ilgili fikirlerini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Araştırmacılar bu amaçla çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan oluşan bir kavram testi kullanmış ve öğrenciler ile gösteri temelli görüşmeler yapmışlardır. Çalışmada, öğrencilerin tork kavramını anlamada benzer güçlükler yaşadığı ve genellikle öğrencilerin

kuvvet kavramı ile karıştırarak tork kavramının tanımını ve anlamını anlamada güçlük yaşadıkları tespit edilmiştir. Öğrencilerde karşılaşılan kavram yanlışlarından bazıları şunlardır: ‘tork kuvvetin açısaldır’ ve ‘sabit tork sabit açısal hız üretir’. İkinci kavram yanlışlığına sahip öğrenciler ‘eğer sabit tork varsa, hız sabit olmalıdır çünkü tork hızı etkilemektedir’ şeklinde açıklamalar yapmıştır. Bazı öğrenciler ise torkun hız veya ivme değişimini etkilemedeki rolünü karıştırmıştır. Sonuç olarak, çalışmada öğrencilerin tork kavramını anlamakta güçlük çektikleri ve çeşitli kavram yanlışlarının olduğu gözlenmiştir.

Açısal momentumun korunumu kavramına ilişkin literatürde araştırdığımız kadarı ile Palmieri ve Strauch (1963) ve Williamson, Torres-Isea ve Kletzing (2000) yaptıkları çalışmalar ile karşılaşılmıştır. Palmieri ve Strauch (1963), çalışmalarında laboratuara giriş dersinde tasarladıkları açısal momentumun korunumuna ilişkin bir deneyi sunmuşlardır. Bu deneyde, orta noktasından sabitlenmiş dönebilen bir çubuğun ucuna bağlanan plastik şişeye m kütleli bir top fırlatılmıştır. Deneyin amacı, fırlatılan top dönen sisteme çarpmadan önce topun sahip olduğu açısal momentum ile top şişeye girdikten sonra dönen sistemin sahip olduğu açısal momentumun karşılaştırılmasıdır. Bu deneyden elde edilen veriler formüllerde yerine yerleştirilerek deney sonucunda açısal momentumun korunumu ispat edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda fizik dersini ilk defa alan öğrencilerin genellikle açısal momentumu anlamayı zor buldukları belirlenmiştir.

Williamson, Torres-Isea ve Kletzing (2000), çalışmalarında öğrencilerin açısal momentumun korunumunu anlamalarını sağlamak üzere bir deney tasarlamıştır. Bu deneyde, iki cismin çarpışması olayında açısal momentumun korunumunu ispatlamak için dijital videolarla kamera kaydı yapılmıştır. Öğrencilerin açısal momentumun korunumunu öğrenebilmeleri için araştırmacılar hava masasında iki cisim çarpıştırmıştır. Cisimlerden birinin kütlesi asimetrik olarak dağılmıştır ve çarpışma sonucu dönme kinetik enerjisi kazanmıştır. Dijital video kayıtlarını kullanarak, iki cismin yörüngesinin anlık görüntülerini yakalamışlardır. Yapılan deneyden elde edilen ölçümler ile açısal momentumun korunumunu ispatlamışlardır. Bu çalışmada da öğrencilerin fikirleri belirlenmemiş sadece açısal momentumun korunumu ispatlanmıştır.

Kepler yasalarına ilişkin Klammer (1998), Ruzhitskaya ve Speck (2009) ve Yu, Sahami ve Denn (2010) yaptıkları çalışmalar mevcuttur. Klammer (1998) yaptığı çalışmada Kepler yasalarına ilişkin literatürde karşılaştığı kavram yanlışlarını sınıflandırmıştır. Bunlar: “Gezegenler çembersel yörüngede dolanır”, “Yörüngede dolanan gezegenlerin hızı asla değişmez”, “Tüm gezegenler kendi yörüngelerinde aynı hızla hareket eder”, “Dolanın

gezegenler üzerine Güneş tarafından iş yapılmaz”, “Gezegenlerin yörüngeleri kesinlikle aynı yörüngede yer alır”, “Güneş etrafında dolanan tüm gezegenler aynı periyotta döner”, “dönme hareketi ile rotasyon hareketi aynıdır”.

Ruzhetskaya ve Speck (2009) çalışmalarında 43 üniversite öğrencisinin astronomi kavramlarına ilişkin fikirlerini araştırmayı amaçlamıştır. Bu amaçla, astronomi dersleri öğrencilerin yaparak öğrenecekleri yapılandırmacı öğrenme çevrelerine uygun düzenlenmiştir. Dersler süresince, öğrenciler CLEA proje takımı tarafından oluşturulan eğitim simülasyonları ve fikirlerin paylaşılmasını temele alan astronomi çalışma kitabı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, öğrencilerde bazı kavramlara ilişkin yeni kavram yanılgıları ortaya çıktığı belirlenmiştir. Örneğin, öğretim sonrası öğrenciler açısal momentumun korunumuna ve Kepler yasalarına bağlı olarak küçük gezegenlerin daha hızlı döndüğünü düşünmektedir. Simülasyon ve işbirlikli grup tartışmaları temelli öğretim dahi öğrencilerin Kepler yasaları ile ilgili fikirleri üzerinde etkili olamamış hatta yeni kavram yanılgılarının oluşmasına neden olmuştur.

Yu, Sahami ve Denn (2010) çalışmalarında öğrencilerin Kepler yasaları ile ilgili fikirlerini belirlemek için 112 üniversite öğrencisi ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmıştır. Kepler’in 1. yasası olan gezegenlerin Güneş etrafındaki yörüngesi ile ilgili en sık karşılaşılan cevap yörüngenin oval, yumurta şekilli olduğu şeklindeki kavram yanılgılarıdır. Doğru cevap olan eliptik yörünge kavramını öğrencilerin %24’ü kullanmıştır. Öğrencilerin %12’si yörüngenin dairesel olduğundan bahsetmiştir. Öğrencilerin %8’i ise yörüngenin dairesel ve eliptik yörüngenin karışımı olduğunu söylemiştir. Kepler’in 2. yasası olan gezegenlerin yörüngedeki hızı ile ilgili öğrencilerin %21’i hızın sabit olduğunu söylemiş ve %54’ü görüş belirtmemiştir. Doğru cevap olan gezegenlerin Güneş’e yakın iken hızlı olduğu, uzakta iken yavaş olduğu cevabını veren öğrenci oranı %15’dir. Kepler’in 3. yasası ile ilgili öğrencilerin çok çeşitli fikirlere sahip olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin %42’si doğru cevap vermiştir. Öğrencilerin %19’u fikir belirtmemiştir. Öğrencilerin %11’i farklı hızlarda hareket ettiğini söylemiştir. Öğrencilerin %5’i uzak gezegenlerin daha büyük yörüngesi olduğunu, %4’ü hızın sabit olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin %4’ü gezegenlerin hızının boyutlarına ve kütesine bağlı olduğunu belirtirken, %4’lük bir kesim ise diğer faktörler başlığı altında yer alan cevaplar vermiştir. Öğrencilerin %4’ü daha büyük yörüngelerde daha uzun zamanda hareket eder cevabını vermiştir. Bu çalışma sonucunda öğrencilerin Kepler yasaları ile ilgili sahip olduğu fikirlerin çoğunun kavram yanılgısı niteliğinde olduğu belirlenmiştir.

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu araştırmanın amacı, araştırmaya konu olan kavramlara ilişkin henüz formal öğretim almamış öğrencilerin tork, açısal momentumun korunumu ve Keplerin 2. yasası kavramlarına ilişkin sahip olduğu ön bilgilerin belirlenmesidir. Öğrencilerin sahip olduğu ön bilgiler öğretimin düzenlenmesini etkilediği gibi, ileride bu kavramların temelini oluşturduğu öğrenmeleri üzerinde de etkili olacaktır. Bu nedenle, öğrencilerin sahip olduğu ön bilgilerin ortaya çıkarılması gelecek sınıflarda öğretimin düzenlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu kavramlara ilişkin literatürde öğrencilerin ön bilgilerini belirlemeye yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Öğrencilerin bu kavramlara ilişkin sahip oldukları ön bilgilerin ortaya çıkarılması öğretimin düzenlenmesinde gelecek çalışmalara ışık tutabilir.

Yöntem

Bu çalışmanın yöntemi, betimsel araştırma yönteminden biri olan tarama yöntemi olarak belirlenmiştir. Tarama yöntemi, mevcut durumun doğasını açıklamak için belirli bir zaman diliminde veri toplamayı veya karşılaştırma yapılan duruma karşıt mevcut durumun özelliklerini açıklamayı gerektirir (Cohen, Manion & Morrison, 2005, sf. 169). Tarama çalışmaları mevcut durumun özelliklerini özetlemek için idealdir.

Örneklem

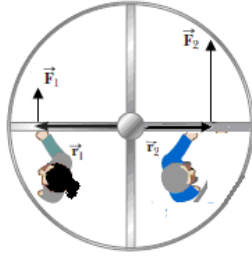
Bu araştırmanın örnekleme, amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan kolay ulaşılabılır örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Kolay ulaşılabılır örnekleme yöntemi, örneklem olarak araştırma anında ulaşılabilecek kişilerin seçilmesi temellidir (Gay & Airasion, 2000). Bu çalışma Milli Eğitim Müdürlüğü'nden alınan izin doğrultusunda belirlenen ve başarısı orta düzeydeki iki ortaöğretim kurumunda yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemini Balıkesir il merkezindeki iki orta öğretim kurumundan rastgele seçilen 15-16 yaş grubunda toplam 133 10. sınıf fen alanı öğrencisi oluşturmaktadır. Örneklemde yer alan öğrenciler tork (dönme momenti), açısal momentumun korunumu ve Kepler yasaları ile ilgili daha önceki sınıf düzeyinde formal bir öğretim almamıştır. Bu kavramlara ilişkin öğretimi bir üst sınıf düzeyinde alacaklardır ve öğrencilerin bu kavramlara ilişkin ortaya çıkarılan fikirleri ön bilgi (sezgisel) niteliğinde olduğu varsayılmaktadır.

Veri Toplama Aracı

Ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin tork, açısal momentumun korunumu ve Keplerin 2. yasasına ilişkin fikirlerini belirlemek amacı ile açık uçlu sorulardan oluşan bir test hazırlanmıştır. Soruların kapsam geçerliliğinin sağlanabilmesi için sorular beş fizik eğitimcisi

tarafından incelenmiştir ve soruların ölçülmek istenen davranışı ne ölçüde ölçtüğü belirlenmiştir. Fizik eğitimcilerinden gelen dönütler sonucu gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Ardından sorular pilot çalışma amacıyla 55 öğrenciye uygulanmış ve sorularda öğrencilerin anlamakta güçlük çektikleri noktalar tespit edilerek düzeltilmiştir. Aşağıda pilot çalışma sonucu son şekli verilen sorulara ve soruların sorulma amacına yer verilmektedir.

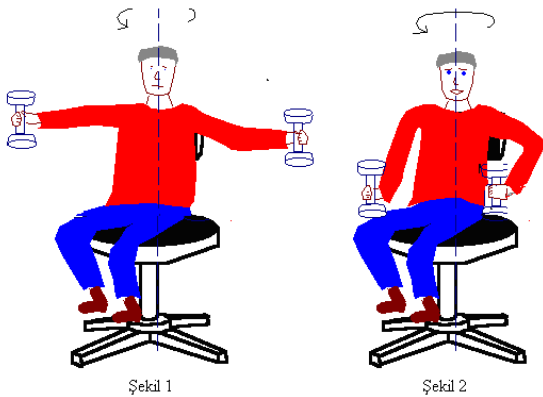
Soru 1:



Şekilde kadın r_1 mesafesinden dik doğrultuda \vec{F}_1 kuvvetini uygularken, adam r_2 mesafesinden dik doğrultuda \vec{F}_2 kuvvetini uyguluyor. \vec{F}_1 kuvvetinin büyüklüğü 100 N, r_1 uzaklığı 1 metredir. \vec{F}_2 kuvveti ise 200 N büyüklüğünde ve r_2 uzaklığı 0.4 metredir. Bu durumda, döner kapı hangi yöne doğru döner?

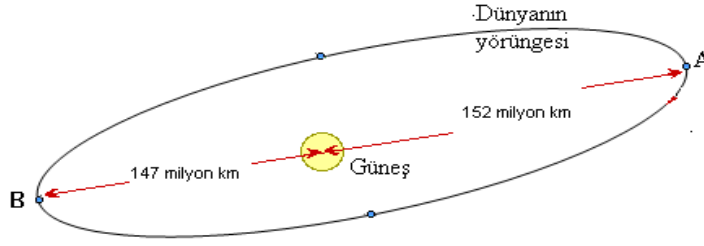
Bu soruda öğrencilere dönebilen bir cisme uygulanan kuvvetin büyüklüğü ve uygulama noktasının uzaklığı arasındaki ilişki sorulmuştur. Böylece torkun nelere bağlı olduğu konusunda ne bildiklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu soru, College Physics kitabında (sf. 228) yer alan soru yeniden düzenlenilerek hazırlanmıştır. Bu soru olaysal temellidir (Driver & Erikson, 1983).

Soru 2:



Elinde dambıl olan bir öğrenci döner sandalyede otururken arkadaşı sandalyeyi döndürmeye başlıyor. Şekil 1'de öğrenci kolları yana doğru açık olarak dönerken Şekil 2'de kollarını kapatınca öğrencinin ilk durumdaki hareketinin nasıl etkileneceğini beklersiniz? Cevabınızın nedenini açıklayınız.

Bu soru açısal momentumun korunumu ile ilgili olup araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Soru olaysal temellidir (Driver & Erikson, 1983).

Soru 3:

Şekilde Dünya'nın Güneş etrafında dolanma yörüngesi gösterilmektedir. Dünya Güneş'in etrafında dolanırken Dünya'nın A ve B noktalarındaki hızının büyüklüğünü karşılaştırınız. Cevabınızın nedenini açıklayınız.

Bu soru, Keplerin 2. yasası olan alanlar yasasına ilişkin olup araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Soru olaysal temellidir (Driver & Erikson, 1983).

Pilot çalışma ardından düzeltilen sorular örneklem grubuna uygulanmış, uygulama sırasında herhangi bir zaman kısıtlamasına gidilmemiştir. Cevaplama süresi yaklaşık 15 dakika sürmüştür.

Veri Analizi

Araştırmanın amacına yönelik örnekleme yöneltilen üç adet açık uçlu sorudan elde edilen verilerin betimsel analizi yapılmıştır. Betimsel analizde, elde edilen veriler daha önceden belirlenen temalara göre değerlendirilir ve yorumlanır (Yıldırım & Şimşek, 2005). Açık uçlu soruların analizinde kullanılacak temaların belirlenmesi için literatürde karşılaşılan benzer çalışmalar incelenmiş (Trundle, Atwood & Christopher, 2007) ve bu çalışmaya uygun cevap kategorileri oluşturulmuştur. Aşağıda açık uçlu sorulardan elde edilen verilerin analizi için kullanılacak cevap kategorileri açıklanmaktadır.

- **Bilimsel anlama:** Bilimsel olarak kabul edilen formu ile uyum gösteren anlama olarak tanımlanmaktadır. Bu kategori için verilen cevap bilimsel doğru cevabın bütün yönlerini tam olarak içine almalıdır.
- **Bilimsel parça:** Eğer cevap kavram yanlışları içermiyor ancak doğru cevabında sadece bazı yönlerini içine alıyorsa bu kategoride yer alır. Doğru cevap için gerekli bütün elemanlar cevap içerisinde yer almamaktadır.
- **Bilimsel parça ile birlikte alternatif:** Hem bilimsel olarak kabul edilecek cevabın hem de kavram yanlışlığı niteliğindeki cevabın bazı yönlerini de içermektedir.
- **Alternatif anlama:** Bilimsel olarak kabul edilen normlardan farklı cevaplar bu kategoride yer alır.

- **Anlama yok:** Bu kategoride yer alan cevaplar, bilimsel ya da alternatif kavramsal anlamayı yansıtmayacak açıklamaları içermektedir ya da öğrenciler kavrama ilişkin fikir belirtmemişlerdir.

Araştırma sonuçlarının güvenilirliğini arttırmak amacı ile veri analizinde ikinci bir araştırmacı kullanılmıştır. İkinci araştırmacı, araştırmacıdan ayrı olarak rastgele belirlenen 20 öğrencinin cevaplarını cevap kategorilerine yerleştirmiştir. Araştırmacı ve ikincil araştırmacı arasındaki tutarlılık aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır (Novak, 1977).

Araştırmacılar arası tutarlılık katsayısı %87 olarak hesaplanmıştır.

Bulgular

Tork Kavramına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Tork kavramına ilişkin öğrencilerin verdikleri cevapların cevap kategorilerine yerleştirilmesi sonucu elde edilen bulgulara aşağıda kısaca değinilmektedir.

Tablo 1 Soru 1’den Elde Edilen Bulgular

Cevap kategorileri	Cevap Yüzdesi n (%)
Bilimsel	21 (%15.79)
Bilimsel parça	60 (%45.12)
Bilimsel parça ile birlikte alternatif	15 (%11.27)
Alternatif	29 (%21.80)
Anlama yok	8 (%6.02)

Tablo 1’de de belirtildiği üzere, tork kavramına ilişkin öğrencilerin %15.79’u bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek cevaplar verdiği görülmektedir. Doğru cevap veren öğrenciler cevaplarında kuvvet ve kuvvetin uygulandığı mesafenin çarpımından bahsetmiştir. ‘Kadının

uyguladığı kuvvetin büyüklüğü ile kuvvetin uygulama noktasının uzaklığının çarpımı, erkeğin uyguladığı kuvvet ile kuvvetin uygulanma noktasının çarpımından daha büyük olduğu için kapı kadının uyguladığı kuvvet yönünde dönecektir' cevabını vermişlerdir. Ancak doğru cevap veren öğrencilerden hiç biri tork kavramını kullanmamıştır. Öğrenciler henüz tork kavramına yönelik öğretim almamıştır ancak açıklamalarında 7. sınıf düzeyinde basit makineler konusunda öğrendikleri kuvvet ve kuvvetin uygulanma mesafesi kavramlarını kullanarak cevap vermişlerdir.

Öğrencilerde en sık karşılaşılan cevap kategorisi bilimsel parça cevap kategorisidir ve öğrencilerin %45'i bu kategoride yer almaktadır. Bu kategoride yer alan öğrencilerin verdikleri cevap türleri şunlardır: "kapı 1 yönünde döner" ve "kapı 1 yönünde döner çünkü kuvvetin uygulanma mesafesi daha büyüktür" şeklinde bilimsel olarak doğru ancak eksik cevaplar vermişlerdir. Bu kategoride yer alan cevaplar bilimsel gerçekler ile uyumludur ancak bilimsel cevabın bütün yönlerini içermemektedir. Burada öğrenciler kuvvetin uygulanma noktasının uzaklığından bahsetmiş ancak kuvvet ile kuvvetin uygulanma noktasının uzaklığının çarpımından bahsetmemişlerdir.

Öğrencilerin %11.27'sinin cevabı bilimsel parça ile birlikte alternatif cevap kategorisinde yer almaktadır. Bu kategoride yer alan bütün öğrencilerin cevaplarında, kapının 1 yönünde döndüğü doğru cevabı ile birlikte kadın kuvveti daha uzak mesafeden uyguladığı için kuvvetin etkisinin azalacağı kavram yanılması ile de karşılaşılmıştır. Öğrenciler kuvvetin daha uzaktan uygulandığında döndürme etkisinin azalacağı yönünde bir kavram yanılına sahip olmakla birlikte kapının 1 yönünde döneceği sezgisel fikrine de sahiptir.

Öğrencilerin %21.8'nin cevapları alternatif cevap kategorisinde yer almaktadır. Bu kategori içerisinde 11 öğrenci "kapı 2 yönünde döner çünkü adam daha büyük kuvvet uygulamaktadır" ve 8 öğrenci ise "kapı dönmez çünkü adamla kadının uyguladığı kuvvetin etkisi aynıdır" kavram yanılına sahiptir. Bu kategoride yer alan öğrenciler kapının dönme yönünü ters düşünmüş ya da kapının dönmediğini belirtmiştir. Öğrenciler açıklamalarında adam daha güçlü olduğu için kapının 2 yönünde döneceğini söylemiştir. İkinci kavram yanılına sahip öğrenciler ise kadın ile adamın uyguladığı kuvvetlerin birbirini dengelediğini ve bu nedenle de kapının dönmediğini belirtmiştir.

Öğrencilerin %6.02'si bu soruda görüş belirtmemiş ya da belirttikleri fikirler bu kavram ile ilişkili değildir.

Açısal Momentumun Korunumu Kavramına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Açısal momentumun korunumu kavramına ilişkin öğrencilerin verdikleri cevapların cevap kategorilerine yerleştirilmesi sonucu elde edilen bulgulara aşağıda kısaca değinilmektedir.

Tablo 2 Soru 2’den Elde Edilen Bulgular

Cevap kategorileri	Cevap Yüzdesi
	n (%)
Bilimsel	0 (0)
Bilimsel parça	9 (6.8)
Bilimsel parça ile birlikte alternatif	37 (27.8)
Alternatif	61 (45.8)
Anlama yok	26 (19.5)

Bu soruda doğru cevap olan “Şekil 2’de öğrenci Şekil 1’deki öğrenciden daha hızlı dönmeye başlar. Bunu açısal momentumun korunumu ile açıklarız. “Öğrenci kollarını kapatınca eylemsizlik momenti küçülür, açısal hızı artar. Açısal momentumun korunumundan, eylemsizlik momenti büyüdüğünde açısal hız küçülür” cevabını öğrencilerin hiç biri verememiştir.

Öğrencilerin %6.8’i bilimsel parça cevap kategorisinde yer almaktadır ve cevapları bilimsel cevabın sadece bazı yönlerini içermektedir. Bu kategoride yer alan öğrenciler, sorudaki öğrencinin Şekil 2’de Şekil 1’dekinden daha hızlı döndüğünü belirtmiştir ve cevaplarının nedenini açıklamamışlardır. Yani sezgisel olarak öğrencinin Şekil 2’de daha hızlı döndüğünü belirtmişler ancak neden daha hızlı döndüğü yönünde bir açıklama yapmamışlardır.

Bilimsel parça ile birlikte alternatif cevap kategorisinde öğrencilerin % 27.8’nin cevapları yer almaktadır. Bu kategori içerisinde 25 öğrenci “Şekil 2’de öğrenci daha hızlı döner çünkü dambillar ağırlık merkezine daha yaklaşmıştır” ve 12 öğrenci “Şekil 2’de öğrenci daha hızlı döner çünkü öğrenci dambilları daha az bir kuvvetle döndürebilir” şeklinde cevaplar vermişlerdir. Şekil 2’de öğrencinin daha hızlı döneceği cevabı bilimsel olarak doğru iken, dambilların ağırlık merkezine daha çok yaklaştığı ve öğrencinin dambilları

daha az bir kuvvet ile döndürebileceği cevapları bilimsel gerçekler ile uyuşmayan sezgisel fikirlerdir.

En sık karşılaşılan cevap kategori ise alternatif cevap kategorisidir ve öğrencilerin %45.8'inin cevapları bu yöndedir. Bu kategori içerisinde 19 öğrenci “*öğrenci Şekil 2’de daha yavaş döner çünkü ağırlıkları yaklaştıkça döndürmek daha zordur*” ve 12 öğrenci “*öğrencinin hızı her iki şekilde de aynıdır çünkü ağırlıkların büyüklüğü her ikisinde de aynıdır*” şeklinde cevaplar vermiştir. 30 öğrenci “*Şekil 2’de öğrenci daha yavaş hareket eder*” sezgisel cevabını vermiştir ve bu öğrenciler cevaplarının nedeni hakkında açıklama yapmamışlardır. Bu kategoride yer alan öğrencilerin cevapları bilimsel gerçekler ile uyumlu değildir.

Öğrencilerin %19.5’i bu soruda görüş bildirmemiş ya da verdikleri cevaplar kavram ile ilişkili değildir. Soruya ilişkin görüş belirtmeyen öğrenci sayısı ise yüksek orandadır ve bir kısım öğrenci bu kavrama ilişkin sezgisel fikirlerini dahi belirtmemiştir.

Kepler Yasalarına İlişkin Elde Edilen Bulgular

Kepler yasaları kavramına ilişkin öğrencilerin verdikleri cevapların cevap kategorilerine yerleştirilmesi sonucu elde edilen bulgulara aşağıda kısaca değinilmektedir.

Tablo 3 Soru 3’den Elde Edilen Bulgular

Cevap kategorileri	Cevap Yüzdesi
	n (%)
Bilimsel	0 (0)
Bilimsel parça	30 (22.6)
Bilimsel parça ile birlikte alternatif	14 (10.5)
Alternatif	86 (64.6)
Anlama yok	3 (2.3)

Bu soruda öğrencilerin hiç biri “Dünya’nın B noktasındaki hızı A noktasındakinden büyüktür. Dünya B noktasında Güneş’e yakın, A noktasında daha uzaktır. Kepler’in 2. yasasına göre, Dünya’yı Güneş’e birleştiren yarıçap vektörü eşit sürede eşit alanlar tarar. Bu nedenle B noktasındaki hızı büyüktür ve taradığı alan A noktasında taradığı alana eşittir” doğru cevabını verememiştir.

Öğrencilerin %22.6'sının cevabı bilimsel parça kategorisinde yer almaktadır ve bu öğrenciler Dünya'nın B noktasındaki hızının A noktasındaki hızından daha büyük olduğunu belirtmiştir. Bu kategorideki öğrenciler Dünya'nın yörüngedeki hızını doğru belirtmiş ancak bu cevabın nedenini açıklayamamıştır.

Öğrencilerin %10.5'nin cevapları bilimsel parça ile birlikte alternatif cevap kategorisinde yer almaktadır. Bu kategoride yer alan 10 öğrenci "*Dünya'nın B noktasındaki hızı A noktasındaki hızından daha büyüktür çünkü Güneş'in çekim kuvvetinin etkisi azalmıştır*" ve 4 öğrenci "*Dünya'nın B noktasındaki hızı A noktasındaki hızından daha büyüktür çünkü dönme merkezine olan uzaklık azalmıştır*" cevabını vermiştir. Bu kategoride yer alan öğrenciler Dünya'nın B noktasındaki hızının daha büyük olduğunu bilmekle birlikte bu cevaplarını açıklarken sahip oldukları çeşitli sezgisel fikirlerini de kullanmaktadır. Bu sezgisel fikirleri bilimsel gerçekler ile uyumlu olmayıp kavram yanılgısı niteliğindedir.

Bu soruda en sık karşılaşılan cevap kategorisidir ve öğrencilerin %64.6'sının cevapları alternatif cevap kategorisinde yer almaktadır. Bu kategoride yer alan 20 öğrenci "*Dünya'nın A noktasındaki hızı B noktasındaki hızından daha büyüktür çünkü A noktasında daha fazla yol almıştır*" ve 11 öğrenci "*Dünya'nın A noktasındaki hızı B noktasındaki hızından daha büyüktür çünkü Dünya Güneş'ten uzaklaşmıştır*" cevaplarını vermiştir. Bu kategorideki öğrenciler bilimsel olarak doğru kabul edilen cevaplar vermemiştir. Öğrencilerin soruya verdikleri cevap ve açıklamaları bilimsel gerçekler ile uyumlu değildir. 30 öğrenci "*Dünya'nın A noktasındaki hızının B noktasındaki hızından daha büyüktür*" cevabını vermiştir ancak öğrenciler bilimsel gerçekler ile uyumlu olmayan bu cevaplarının nedenini açıklamamıştır.

Öğrencilerin sadece %2.3'ü bu soruda görüş bildirmemiş veya verdikleri cevaplar konu ile ilgili değildir.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada tork, açısal momentumun korunumu ve Keplerin 2. yasasına ilişkin öğrencilerin ön bilgilerinin ortaya çıkarılmıştır. Öğrencilerin tork kavramına ilişkin verdikleri cevaplarda bilimsel ve bilimsel parça cevap kategorilerinde yer alan türde cevaplara rastlanmıştır. Bilimsel cevap veren öğrencilerin tork kavramını öğrenmedikleri halde bu kavrama ilişkin öğretim öncesi sahip oldukları naif fikirlerin bilimsel bilgi ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni, öğrenciler cevaplarında kuvvet ve uygulanma mesafesinin çarpımından bahsetmiştir. Öğrenciler bu kavramları ilköğretim 7. sınıf düzeyinde basit

makinelere konusunda öğrenmişlerdir. Öğrenciler bildikleri kavramları bilmedikleri farklı bir kavramı açıklamada aktarabilmişlerdir. Dönme momenti kavramını açıklamak için ön bilgi niteliğindeki moment kavramını doğru yapılandırmaları sonucu dönme momenti kavramına öteleyebilmişlerdir.

Ancak öğrencilerin açısall momentumun korunumu ve Keplerin 2. yasasına ilişkin sorulara verdikleri cevaplarda bilimsel yanıt kategorisine girebilecek türde yanıtlara rastlanmamıştır. Açısall momentumun korunumu kavramında en sık bilimsel parça ile birlikte alternatif parça kategorisine rastlanmıştır. Bu öğrenciler soruya sezgisel olarak doğru cevap vermiş ancak fikirlerini açıklarken bilimsel gerçekler ile uyumlu olmayan fikirler belirtmişlerdir. Bu kavramlar için öğrencilerin cevaplarının çoğu alternatif cevap kategorisinin içerisinde yer almaktadır ve bu öğrenciler kavram yanlışlarına sahiptir. Bu kavram yanlışları, ‘öğrenci kollarını kapatınca daha yavaş döner çünkü ağırlıkları yaklaştıkça döndürmek daha zordur’ ve ‘her iki durumda öğrenci aynı hızla döner çünkü ağırlığın büyüklüğü her ikisinde de aynıdır’. Bilgimiz dahilinde literatürde bu iki kavram yanlışlığı ile ilk kez karşılaşmıştır. Keplerin 2. yasasında en sık karşılaşılan cevap kategorisi alternatif parça olmakla birlikte, alternatif cevap kategorisi de oldukça fazladır. Kepler’in 2. yasasına ilişkin karşılaşılan kavram yanlışları “Dünya’nın A noktasındaki hızı B noktasındaki hızından daha büyüktür çünkü A noktasında daha fazla yol almıştır” ve “Dünya’nın A noktasındaki hızı B noktasındaki hızından daha büyüktür çünkü Dünya Güneş’ten uzaklaşmıştır”. Bu kavram yanlışlığı ile de bilgimiz dahilinde ilk kez karşılaşmıştır. Öğrencilerin sahip olduğu ön bilgileri açısall momentumun korunumu ve Kepler yasalarını açıklamak için yeterli olamamış ve öğrenciler bilimsel olarak kabul edilen cevabı verememiştir. Öğrenciler bu kavramları açıklamak için gerekli ön bilgileri önceki deneyimlerinde kazanamamış ve oluşturdukları yapılar alternatif cevap kategorisinde yer almıştır.

Öneriler

Bu çalışmada 10. sınıf öğrencilerinin tork, açısall momentumun korunumu ve Keplerin 2. yasası ile ilgili ön bilgileri belirlenmiştir. Bu kavramlara ilişkin farklı sınıf düzeyindeki öğrencilerinde ön bilgilerini ortaya çıkarmaya yönelik çalışmalarda yapılabilir. Ayrıca daha ileriki sınıf düzeyindeki öğrencilerin öğretimden uzun süre sonra bu kavramlara ilişkin fikirlerinin ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmalarda yürütülebilir.

Bu çalışmanın sonucunda öğrencilerin bu kavramlara dair çeşitli kavram yanlışlığına sahip olarak sınıf ortamına geldiği tespit edilmiştir. Bu kavram yanlışlığına bilimsel fikirlere

doğru değişimi için kavramsal değişim etkinlikleri düzenlenebilir. Öğretmenlerin bu kavramların öğretimini nasıl yapacaklarına çalışmalar yürütülebilir. Ayrıca öğretmenlerin öğretim sırasında kullanması için öğretmen kılavuz kitapları oluşturulabilir. Gelecek araştırmacılar bu kavramlara yönelik kavramsal değişim etkinliklerinin içeriğini düzenleyerek, bu etkinliklerin uygulamasını yapabilir ve uygulamanın etkililiğini belirleyebilirler.

Bu kavramlar 2007 yılında orta öğretim 11. sınıf fizik programlarında yerini almıştır. Bu nedenle bu kavramlara ilişkin fikirlerin ortaya çıkarılmasına ve bu kavramların öğretimine yönelik çok sayıda çalışma yapılmamıştır. Bu konuda daha fazla sayıda çalışma yapılarak bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre bu kavramların öğretimine yönelik fikir edinilebilir.

Kaynakça

- Atasoy, B. (2004). *Fen öğrenimi ve öğretimi* (2. Baskı). Ankara: Asil Yayıncılık.
- Chi, M.T.H., & Roscoe, R.D. (2002). *The processes and challenges of conceptual change, in reconsidering conceptual change: issues in theory and practice*. In Limon M. & Mason, L. (Ed.). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Carey, S. (1992). The origin and evolution of everyday concepts. In R. Giere (ed.), *Cognitive Model of Science (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. XV)* (pp. 89-128). Minneapolis University of Minnesota Press,.
- Clement, J. Brown D.E. & Zeitsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding ‘anchoring conceptions’ for grounding instruction on students’ intuitions. *International Journal of Science Education*, 11 (special issue), 554-565.
- Cohen, L., Manion L. & Morrison, K. (2005). (5 th ed.) *Research methods in education*. British Library Cataloguing in Publication Data, ISBN 0-203-22434-5 Master e-book ISBN
- Driver, R., & Erikson, G. (1983). Theories in action: some theoretical and empirical issues in the study of students’ conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver, R. (1989). Students’ conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11 (special issue), 481-490.

- Eylon, B.S., & Linn, M.C. (1988). Learning and instruction: an examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58 (3), 251-301.
- Gay, L.R., & Airasian, P. (2000). *Educational research: competencies for analysis and application, merrill an imprint of prentice hall*. New Jersey, Columbus, Ohio: Upper Saddle River.
- Hewson, P.W., & Hewson, M.A.B. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731-743.
- Klammer, J. (1998). *An overview of techniques for identifying, acknowledging and overcoming alternative conceptions in physics education, alternate conceptions in physics*. 39s, 1997-98 Klingenstein Project Paper, Teachers Collage, Columbia University.
- Lautrey, J., & Mazens, K. (2004). Is childrens' naive knowledge consistent? A comprision of the concepts of sound and heat. *Learning and Instruction*, 14 (4), 399-423.
- Novak, J.D. (1977). *A theory of education*. Ithaca: N. Y. Cornell University Press.
- Özmen, H. (2005). *Öğrenme kuramları ve fen bilimleri öğretimindeki uygulamaları*. In Çepni, S. (Ed.), *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi*. Ankara: PegemA Yayıncılık.
- Palmieri, J.N., & Strauch, K. (1963). An experiment on angular momentum for the introductory laboratory. *American Journal of Physics*, 31 (91), 91-95.
- Pol, H.J., Harskamp, E.G., Suhre, C.J.M., & Goedhart, M.J. (2008). The effect of hints and model answers in a student-controlled problem-solving program for secondary physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 17 (4), 410-425.
- Pol, H.J., Harskamp, E.G., & Suhre, C.J.M. (2008). The effect of the timing of instructional support in a computer-supported problem-solving program for students in secondary physics education. *Computers in Human Behavior*, 24 (3), 1156-1178.
- Rimoldini, L.G., & Singh, C. (2005). Student understanding of rotational and rolling motion concepts, the American physical society. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1, 1-9.

- Ruzhitskaya, L., & Speck, A. (2009). Misconceptions in astronomy: before and after a constructivist learning environment. *American Astronomical Society, AAS Meeting, Bulletin of the American Astronomical Society*, 41, 494.
- Serway, R.A., Vuille, C., & Faughn, J.S. (2006). *College Physics* (8. Baskı). Brooks/Cole Cengage Learning, United States.
- Simon, S.D. (2004). The Principles of Constructivism. <http://www.des.emory.edu/mfp/302/302consprin>. PDF Erişim tarihi: 9 Temmuz 2012.
- Trundle, K.C., Atwood, R.K., & Christopher, J.E. (2007). A longitudinal study of conceptual change: preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2), 303-326.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yu, K.C., Sahami, K., & Denn, G. (2010). Student ideas about Kepler's laws and planetary orbital motions. *Astronomy Education Review, AER*, 9, 010108-1, 10.3847/AER2009069.
- Widodo, A, Duit, R., & Müller, C. (2002). Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers' views and classroom behaviour. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, New Orleans: April 2002, (DRAFT)
- Williamson, J.C., Torres-Isea, R.O., & Kletzing, C.A. (2000). Analyzing linear and angular momentum conservatin in digital videos of puck collision. *American Association of Physics Teachers*, 68 (9), 841-847.