

Fen, Matematik, Giriřimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi

Journal of Science, Mathematics, Entrepreneurship and Technology Education

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/fmgtd>

© ISSN: 2667-5323

Matematik Öğretmen Adaylarının Serbest Cisim Diyagramı Gösterimine İlişkin Performans Deđerlendirmesi*

Figen DURKAYA¹

¹Dr. Öğretim Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-5639-717X, figendurkaya@kku.edu.tr

*Bu çalışmanın bir bölümü TURKCESS 2018,BAKÜ’de kongrede sunulmuştur.

ÖZET

Bu araştırma matematik öğretmen adaylarının çeşitli mekanik problemlerinde Newton hareket yasalarını uygularken, serbest cisim diyagramını çizme becerilerini tespit etmek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, nitel araştırma desenlerinden durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, Kırıkkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik Öğretmenliği programında öğrenim gören 33 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Araştırmada öğrencilerden, Newton hareket yasaları uygulamasını içeren açık uçlu sorular üzerinde cisimlere etki eden kuvvetleri serbest cisim diyagramı yardımıyla göstermeleri istenmiştir. Bu amaçla veri toplamak için iki bölümden oluşan açık uçlu sorular hazırlanmıştır. Birinci bölümde, farklı yüzeyler (sürtüneli düzlem yüzey, sürtüneli masa düzlemi ve sürtünmesiz eğik düzlem yüzey) üzerinde verilen cisimlerin hareketini incelerken serbest cisim diyagramını çizmeleri istenmiştir. İkinci bölümde ise düzgün dairesel hareket ve basit harmonik hareket yapan cisimler için serbest cisim diyagramını çizmeleri istenmiştir. Verilerin analizi kontrol listesine göre değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularına göre cisimlerin sürtüneli düzlem yüzeylerde hareketi incelendiğinde, öğrencilerin büyük çoğunluğunun serbest cisim diyagramı gösteriminde daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Düzgün dairesel ve basit harmonik hareket yapan cisimlere ilişkin serbest cisim diyagramı gösteriminde ise öğrencilerin başarı oranlarının çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

MAKALE BİLGİLERİ

Gönderilme Tarihi:

15.09.2020

Kabul Edilme Tarihi:

13.01.2021

ANAHTAR

KELİMELER: Serbest

Cisim Diyagramı,

Newton Hareket

yasaları, Matematik

Öğretmen Adayları.

Performance Evaluation of Mathematics Teacher Candidates for the Presentation of the Free-Body Diagram

ABSTRACT

This research was carried out with the aim of determining the skills of pre-service mathematics teachers to draw a free body diagram while applying Newton's laws of motion in various mechanical problems. In the study, the method of case study, which is one of the qualitative research motifs, was used. The study group of the research consists of 33 students studying at Kırıkkale University Faculty of Education Mathematics Teaching Program. As the data collection tool of the study, the semi-structured interview form composed of open-ended questions, which was prepared by the author of the study, was employed. In the study, the students were asked to show the forces acting on objects on open-ended questions involving the application of Newton's laws of motion with the help of a free body diagram. For this purpose, two-part open-ended questions were prepared to collect data. In the first part, they were asked to draw the free body diagram while examining the motion of the given objects on different surfaces (friction

ARTICLE INFORMATION

Received:

15.09.2020

Accepted:

13.01.2021

KEYWORDS:

Free Body Diagram, Newton's Laws of Motion, Mathematics Teacher Candidates

plane surface, friction table plane and frictionless inclined plane surface). In the second part, they were asked to draw a free body diagram for objects with uniform circular motion and simple harmonic motion. The analysis of the data was evaluated according to the checklist. According to the research findings, when the movement of objects on frictional plane surfaces was examined, it was determined that the majority of the students were more successful in showing free body diagrams. It has been determined that the success rates of the students are very low in the display of the free body diagram related to the objects making uniform circular and simple harmonic motion.

Summary

Introduction, Purpose and Significance

In physics education, students should be taught how to use the targeted knowledge in problem solving as well as basic information such as concepts, laws, theories and principles. In this context, gaining problem solving skills can be considered as one of the important factors in realizing meaningful and permanent learning. Physics problems can be solved with different strategies which will provide meaningful learning. First, the problem is visualized and depicted with physical dimensions, and finally a solution is obtained by creating a solution plan. Generally, the case mentioned in the problem is illustrated with simple drawings and concretized for solving physics problems. When the data in the problem is shown on the drawing, it becomes easier to find an answer to the problem. During the solution process of the problem, placing the vector quantities on the coordinate system correctly contributes to the correct solution of the problem.

The aim of this study is to determine the difficulties faced by prospective mathematics teachers in the process of applying Newton's laws of motion to various mechanics problems and to reveal their performance evaluations for their ability to apply the free-body diagram.

From this point of view, the problem of the study is the difficulties encountered by prospective mathematics teachers while applying Newton's laws of motion in solving various mechanics problems and their ability to apply the free-body diagram. In order to solve the problem, the sub-problems stated below were examined within the scope of the study.

- 1- What are the skills of prospective mathematics teachers in applying the free-body diagram when objects moving on different plane surfaces are given?
- 2- What are the skills of prospective mathematics teachers in applying the free-body diagram when more than one moving object is given in the system?
- 3- What are the skills of prospective mathematics teachers in applying the free-body diagram when objects with different movements (uniform circular motion and simple harmonic motion) are given?
- 4- What are the difficulties faced by prospective mathematics teachers while applying Newton's laws of motion in various mechanics problems?

Methods

In this research, case study method was used. It allows an in-depth examination of one aspect of the subject of a research and has the purpose of clarifying some general theories.

Findings

In order to find an answer to the first and second sub-problems, the free-body diagrams drawn by the students for the objects moving on the plane surface with friction, the table plane with friction and the friction-free inclined plane were examined.

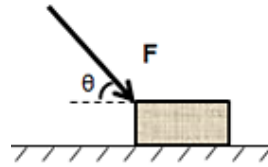
I. Free-Body Diagram of Objects Moving on Different Surfaces

A) Results related to the free-body diagram representation of an object on the table plane with friction

In the first part, the first question asked to the students is as follows: "The force \vec{F} was applied to an object of mass m on a frictional surface as given in the figure. Show the forces acting on the object by drawing with the help of a free-body diagram. Indicate the direction of movement."

Figure 1

The Force \vec{F} Acting On The Object Moving On A Frictional Plane Surface



Results regarding the performance of teacher candidates to draw the free-body diagram are given in Table 3 as frequency and percentage.

Table 3

Data belonging to the free-body diagram of an object moving on a frictional plane surface

	Doğru		Yanlış		Boş	
	f	%	f	%	f	%
\vec{F}_x	29	87,87	3	9,09	1	3,03
\vec{F}_y	27	81,81	5	15,15	1	3,03
\vec{F}_s	24	72,72	1	3,03	8	24,24
\vec{N}	28	84,84	-	-	5	15,15
\vec{W}	29	87,87	-	-	4	12,12

B) Results related to the free-body diagram representation of objects on the table plane with friction

In the first part, the second question asked to the students is as follows: "Show the forces acting on objects of masses m_1 and m_2 on the free-body diagram. The surface where the m_1 mass is placed is a frictional surface."

Figure 2

A Two-Mass System Moving On A Table Plane With Friction

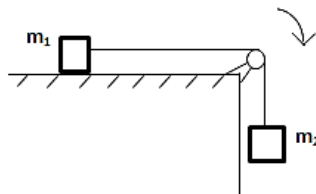


Table 4

Data Belonging to the Free-Body Diagram of Two Objects Moving On the Table Plane with Friction

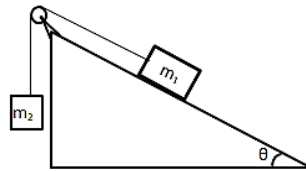
		True		False		Empty	
		f	%	f	%	f	%
m ₁ kütlesi	\vec{N}	18	54,5	-	-	15	45,5
	\vec{W}_1	29	87,8	2	6	2	6
	\vec{F}_s	31	93,9	-	-	2	6
	\vec{T}	18	54,5	13	39,4	2	6
m ₂ kütlesi	\vec{T}	13	39,4	13	39,4	7	21,2
	\vec{W}_2	31	93,9	2	6	-	-

C) Results related to the free-body diagram representation of objects on an inclined plane

In the first part, the third question asked to the students is as follows: "By determining the movement direction of the masses m₁ and m₂ connected by a rope on an inclined plane without friction (m₁ > m₂), show the forces acting on the object on the free body diagram."

Figure 3

A Two-Mass System Moving On a Frictionless Inclined Plane

**Table 5**

Data Belonging To the Free-Body Diagram of Two Objects Moving On a Friction-Free Inclined Plane

		True		False		Empty	
		f	%	f	%	f	%
m ₁ kütlesi	\vec{N}	16	48,5	-	-	17	51,5
	\vec{W}_1	29	87,8	2	6	2	6
	\vec{W}_{1x}	21	63,6	9	27,3	3	9
	\vec{W}_{1y}	21	63,6	10	30,3	2	6
	\vec{T}	20	60,6	6	18,2	7	21,2
m ₂ kütlesi	\vec{T}	24	72,7	5	15,1	4	12,1
	\vec{W}_2	31	93,9	-	-	2	6

II. Free-Body Diagram of Objects with Uniform Circular Motion and Simple Harmonic Motion

In order to find an answer to the third sub-problem in the study, the free-body diagrams drawn by the students for objects with uniform circular motion and simple harmonic motion were examined.

A) Results related to the free-body diagram representation of an object with uniform circular motion

In the second part, the first question asked to the students is as follows: "For an object of mass m moving uniformly in a circular orbit of radius r , show the velocity vector, acceleration vector and centripetal force at point A on the figure."

Figure 4

Motion of an Object with Uniform Circular Motion

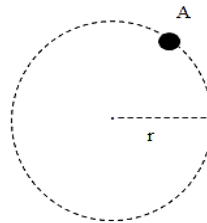


Table 6

Data Belonging To the Free-Body Diagram of an Object of Mass M with Uniform Circular Motion

	True		False		Empty	
	f	%	f	%	f	%
\vec{v}	22	66,6	7	21,2	4	12,1
\vec{a}	4	12,1	1	3	3	9
\vec{a}_r	19	57,5	6	18,2	-	-
\vec{F}_m	3	9	9	27,3	21	63,6

B) Results related to the free-body diagram representation of an object with simple harmonic motion

In the second part, the second question asked to the students is as follows: "Show the velocity vector and the forces acting according to the direction of movement of the mass m attached to the tip of a pendulum."

Figure 5

Movement Of The Mass M Attached To The Tip Of The Pendulum

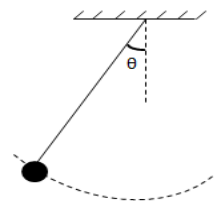


Table 7*Data Belonging To the Free-Body Diagram Related To the Pendulum*

	True		False		Empty	
	f	%	f	%	f	%
\vec{T}	14	42,4	1	3	18	54,5
\vec{W}	23	69,7	6	18,2	4	12,1
\vec{W}_{1x}	4	12,1	3	9	26	78,7
\vec{W}_{1y}	6	18,2	3	9	24	72,7
\vec{V}	16	48,5	10	30,3	7	21,2

Discussion and Conclusion

In the free body diagram representation of the students, it was determined that the performances of showing the direction and magnitude of forces vary according to the state of the given plane surface and the type of motion. Determining the situation of students in terms of free-body diagram representation is a continuous process aimed at improving education. Determining the situation reveals expectations more precisely and proposes appropriate criteria and high standards for the quality of education. In addition, it systematically analyzes and interprets the compliance of the performance shown with these expectations and standards, and enables the obtained results to increase performance and make an explanation about performance.

Two important skills should be taught to students for problem solving activities in physics education. Firstly, showing the given information on a draft drawing or on a free-body diagram at the stage of understanding or describing the problem should be gained. Secondly, analyzing how to use basic information such as concepts, laws and principles, which should be applied, should be gained. When these two skills are developed in the student, all kinds of problems can be easily understood and solved. Thus, it can be seen that conceptual and operational knowledge can be easily applied together in physics education.

When problem solving activities are analyzed using the checklist method, information can be obtained about what students do and what they do not do. With the checklist analysis, the student's shortcomings can be identified so that teachers or researchers can decide what needs to be done.

Giriş

Fizik öğretiminde öğrencilere kavram, yasa, teori ve ilkeler gibi temel bilgilerin kazandırılmasının yanı sıra problem çözümünde kazanımı hedeflenen bilgilerin nasıl kullanılacağına da öğretilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, anlamlı ve kalıcı öğrenmenin gerçekleştirilmesinde problem çözme becerisinin kazandırılması önemli etkenlerden biri olarak kabul edilebilir.

Problem çözme hem konu alanı bilgisini hem de duruma uygun bilişsel stratejileri seçip kullanmayı gerektiren bir etkinliktir. Doğru sonuçlara ulaşmak belli stratejilerin kullanılması ile mümkündür. Bunun yanı sıra problemlerin çözümü disiplinler arası bilgiyi, çok yönlü düşünmeyi ve yaratıcılığı gerektirmektedir (Senemoğlu, 2007). Bu yüzden fizik öğretiminde, problem çözme etkinlikleri hem teorik düzeydeki fizik yasalarının öğretiminde hem de öğrenci kazanımlarının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Bolton & Ross, 1997; Hobden, 1998; Osborne & Gilbert, 1980). Anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi için problem çözme rutin bir etkinlik olarak değil, bilimsel bilgiler veya kavramlar arasındaki ilişkileri kurmayı hedefleyen çok halkalı mantıksal bir zincir olarak düşünülmelidir (Reif, 1995).

Problem çözme etkinliklerinde, problemlerin çözümleri değerlendirilirken sadece sonucun doğruluğuna bakmak yeterli değildir. Hem çözüm sürecine hem de sonuca bakılarak değerlendirme yapılmalıdır. Bu yüzden öğrencilerin problem çözme etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılacak çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler problemde istenilen görevlerin niteliğine ve değerlendirmenin hangi amaçla yapıldığına göre değişebilir. Bazı araştırmacılar problem çözme, performans değerlendirme kapsamına girebilecek görevler arasında saymaktadırlar (Bekiroğlu, 2004). Öğrencilerin performans değerlendirmeleri kontrol listeleri ve dereceli puanlama anahtarı gibi çeşitli yöntemler ile yapılabilir.

Fizik eğitiminde fizik yasalarının problem çözümlerinde kullanılması, öğrencilerin teorik bilgilerinin ne kadar kullanabildiklerini tespit etmeye yaramaktadır (Dumas-Carré & Goffard, 1997). Fizik problemlerinin çözümü anlamlı öğrenmeyi sağlayacak şekilde değişik stratejilerle çözülebilir. Problem öncelikle görselleştirilir, fiziksel büyüklüklerle tasvir edilir ve son olarak bir çözüm planı oluşturularak çözüm elde edilir (Heler, Keith & Anderson, 1992). Genel olarak fizik problemlerinin çözümünde, problemde bahsedilen olay basit çizimlerle resmedilerek somutlaştırılır. Problemdeki veriler çizim üzerinde gösterildiğinde probleme yanıt aramak kolaylaşır. Problemin çözüm sürecinde, koordinat sistemi üzerine vektörel nicelikleri doğru yerleştirmek problemin doğru çözülmesine katkı sağlamaktadır.

Fizikte dinamik konuları ile ilgili problemleri çözmeye ilk adım sistemde var olan kuvvetleri ve bu kuvvetlerin birbirleri ile etkileşimlerini anlayabilmektir. Bunun en etkili yolu ise serbest cisim diyagramının çizilmesidir (Yavuz & Özdemir, 2009). Serbest cisim diyagramı, cisim üzerine etki eden bütün kuvvetleri analiz edebilmek için kullanılan vektörel bir gösterimdir. Ayrıca, serbest cisim diyagramı sistemin hareketini analiz edebilmek için gereklidir. Serbest cisim diyagramı problemi anlama aşamasında çizilirse, hem problemde uygulanacak temel bilgiler kolaylıkla kullanılır hem de problemin çözümüne kolaylıkla ulaşılır (Serway & Beichner, 2002). Bu bağlamda, serbest cisim diyagramı bir problemi anlama ve betimleme sürecinde kullanılmaktadır. Dolayısı ile serbest cisim diyagramında kuvvetlerin yön ve büyüklüklerini belirtmek önemlidir. Serbest cisim diyagramı üzerinde kuvvetlerin birbirlerine göre durumları dikkate alınarak gösterilir. Kuvvetlerin uygun bir koordinat sistemine yerleştirilmesi de önemlidir. Bu koordinat sistemi, genelde iki boyutlu Kartezyen koordinat sistemiyle gösterilir (Ling, Sanny & Moebs, 2016; Rosengrant, 2007; Rosengrant, Heuvelen & Etkina, 2009; Young & Freedman, 2010).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde; serbest cisim diyagramı çizildiği zaman, öğrencilerin kolay bir şekilde problemi çözdükleri ve doğru cevabı elde etmede başarılı oldukları belirlenmiştir (Rosengrant, 2007; Rosengrant, Heuvelen & Etkina, 2009; Temiz&Kızılçık, 2016). Bunun yanı sıra mekanik problemlerinin çözümünde serbest cisim diyagramının çizilmesinin çok önemli bir aşama olduğunu belirten çalışmalarda yer almaktadır. Bu çalışmalarda, mekanikle ilgili problemlerin çözümünde serbest cisim diyagramı çizildiğinde cisme etki eden tüm kuvvetlerin görsel olarak bir arada verildiği belirtilmiştir (Aviani, Erceg & Mešić, 2015; Temiz&Kızılçık, 2016). Buna karşın Newton hareket yasalarının uygulanması sürecinde hem farklı düzlem yüzeyler üzerinde bulunan cisimler için hem de dairesel hareket yapan cisimler için serbest cisim diyagram gösteriminin önemi üzerine, matematik öğretmen adayları ile yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Mekanik ile ilgili problemlerde serbest cisim diyagramının kullanımı çözümü kolaylaştırmaktadır. Serbest cisim diyagramının en önemli yararı tüm kuvvetleri bir arada görmeyi ve ilgisiz olanları ayıklayıp, problemde gerekli olana odaklanmayı sağlamasıdır (Henderson, 2006; Jones, 2007; Rosengrant, 2007). Problemi anlama basamağında, serbest cisim diyagramı çizilmesinin önemli olduğuna dikkat çekilmelidir. Bu nedenle Fizik eğitiminde, öğrencilere problem çözme stratejilerini en iyi şekilde öğretmemiz gerekmektedir. Fizik problemlerini çözerken, öğrencilere problem çözme stratejilerine ilişkin bilgi ve örneklere yer vermenin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, öğretmen adaylarıyla mekanik problemlerinin çözümünde serbest cisim diyagramı üzerine yapılacak çalışmaların önemli olduğu düşünülmektedir. Öğretmen adaylarına serbest cisim diyagramını doğru bir şekilde nasıl çizebilecekleri öğretildiğinde, problemi anlama ve betimleme aşaması daha sağlıklı

tamamlanacaktır. Böylece ikinci bir adım olarak problemle ilgili kavram, yasa ve ilkeleri ortaya koymaları gereken bir diğer sürecin başlamasına zemin hazırlanacaktır.

Matematik ve fizik gibi temel bilimlerde problem çözme sürecinde kullanılan strateji basamakları aynıdır. Matematik öğretmen adayları bir problemin çözümünde, genelde durumu açıklayan bir resim ya da kroki vb. gibi çizimler yapmaktadırlar. Ayrıca fizik öğretiminde kullanıldığı gibi matematik öğretiminde de kullanılan, koordinat sistemi ve vektörel gösterim gibi temel bilgiler konusunda bilişsel alt yapıya da sahip oldukları düşünülmektedir. Bu bağlamda, matematik öğretmen adaylarının diğer disiplinlerde karşılaştıkları problemlerin çözümünde bilişsel alt yapılarını kullanırken uygulama becerilerine bir katkısının olup olmadığı tespit etmek istenmiştir. Ayrıca matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerini diğer disiplin alanlarında uygulayabilme becerileri konusunda yapılacak çalışmaların literatür açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu bilgiler ışığında çalışmada, matematik öğretmen adaylarının çeşitli mekanik problemlerinin çözümünde, Newton hareket yasalarını serbest cisim diyagramının üzerinde uygulayabilme becerilerinin nasıl olduğu belirlenmek istenmiştir. Özellikle çizim sürecinde öğrencilerin karşılaştıkları zorluklar tespit edildiğinde, mekanik problemlerini daha kolay çözebilmelerine yardımcı olunabileceği düşünülmektedir.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; matematik öğretmen adaylarının çeşitli mekanik problemlerinde Newton hareket yasalarının uygulanması sürecinde, serbest cisim diyagramının gösteriminde karşılaştıkları zorlukları belirlemek ve serbest cisim diyagramını uygulayabilme becerilerine yönelik performans değerlendirmelerini ortaya çıkarmaktır.

Buradan hareketle araştırmanın problemini, matematik öğretmen adaylarının çeşitli mekanik problemlerin çözümünde Newton'un hareket yasalarını uygularken karşılaştıkları zorluklar ve serbest cisim diyagramını uygulayabilme becerileri oluşturmaktadır. Ortaya konulan problemin çözümü için aşağıda belirtilen alt problemler araştırma kapsamında incelenmiştir.

Matematik öğretmen adaylarının,

- 1- Farklı düzlem yüzeylerde hareket eden cisimler verildiğinde serbest cisim diyagramını uygulayabilme becerileri nasıldır?
- 2- Sistemde hareket eden birden fazla cisim verildiğinde serbest cisim diyagramını uygulayabilme becerileri nasıldır?
- 3- Farklı hareket (Düzgün dairesel hareket ve basit harmonik hareket) yapan cisimler verildiğinde serbest cisim diyagramını uygulayabilme becerileri nasıldır?
- 4- Çeşitli mekanik problemlerinde Newton'un hareket yasalarını uygularken karşılaştıkları zorluklar nelerdir?

Yöntem

Bu çalışmada durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Durum çalışması, eğitim araştırmalarında yaygın olarak kullanılan ve nitel araştırma yöntemlerinin sahip olduğu özellikleri taşıyan bir yöntemdir. Bunun yanı sıra güncel bir olguyu kendi yaşam çerçevesinde içinde ele alarak inceleme yöntemidir. Araştırılan konunun bir yönünün derinlemesine incelenmesine olanak verir ve bazı genel teorileri aydınlatma amacına sahiptir (Yıldırım ve Şimşek,2011; Çepni, 2012; Patton, 2014). Durum çalışması da kendi içinde dört türe ayrılır. Genel olarak ele alınan dört tür durum çalışması deseninden, bu çalışmada bütüncül tek durum deseni kullanılmıştır. Bütüncül tek durum deseni, iyi formüle edilmiş bir kuramın teyit edilmesi veya çürütülmesi amacıyla kullanılabilir (Yıldırım ve Şimşek,2011; Çepni, 2012; Patton, 2014).

Çalışma Grubu

Araştırmada örneklem seçim yöntemi olarak amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Bu örnekleme yöntemi ile önceden belirlenmiş bir dizi ölçütü karşılayan bir durum çalışılmaktadır. Temel alınan ölçüt ya da ölçütler araştırmacı tarafından oluşturulabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2011).

Bu araştırmaya katılacak çalışma grubunun seçiminde, öğrencilerin Fizik-II dersini alıyor olan matematik öğretmenliği 2.sınıf öğrencisi olmaları temel ölçüt olarak belirlenmiştir. Bu temel ölçüte göre, araştırmanın örneklemini 2017-2018 akademik yılında güz döneminde Kırıkkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik Öğretmenliği Anabilim dalında öğrenim gören 33 öğretmen adayları oluşturmaktadır. Bu kapsamda öğretmen adaylarının seçiminde çalışmaya gönüllü katılmak ve araştırmacının kolay ulaşılabilirliği gibi kriterler dikkate alınmıştır. Katılımcıların 28'i (%84.85) kız ve 5'i (%15.15) erkektir.

Veri Toplama Araçları ve Verilerin Analizi

Araştırmacı tarafından veri toplamak için yarı yapılandırılmış görüşme formu hazırlanmıştır. Araştırmada iki bölümden oluşan açık uçlu sorular yer almaktadır. Birinci bölümde öğrencilerden, farklı düzlem yüzeylerde hareket eden cisimlere etki eden kuvvetlerin serbest cisim diyagramı üzerinde gösterimi istenmiştir. Sorular geliştirilirken, literatürde yer alan Serway & Beichner (2002) ve Young & Freedman'ın (2009) Fizik kitapları incelenmiş ve sorular araştırmacı tarafından hazırlanmıştır.

Birinci bölümde, ilk üç soru sürtünmeli düzlem yüzey, sürtünmeli masa düzlemi ve sürtünmesiz eğik düzlem yüzey olacak şekilde belirlenmiştir. Farklı düzlem yüzeyler üzerinde hareket eden cisimlerin serbest cisim diyagramı sorgulanmıştır. Sorular iki aşamalı şekilde hazırlanmıştır. Aşamalardan biri hareket yönünün belirlenmesi diğeri de sistemde iki cismin bulunmasıdır. İkinci bölümde ise öğrencilerden, düzgün dairesel hareket ve basit harmonik hareket yapan cisimlere etki eden kuvvetleri serbest cisim diyagramı üzerinde göstermeleri istenmiştir. Bu bölümde hareket daireseldir. Hazırlanan soruların görünüş ve kapsam geçerliliğinin sağlanabilmesi için fizik eğitimi alanında iki akademisyenin görüşü alınmıştır.

Araştırmada, 2.sınıfta verilen Fizik II dersinde işlenen Newton yasalarının uygulanabildiği Kuvvet, Hareket kanunları ve Statik Denge konularında serbest cisim diyagramlarının gösterimi ele alınmıştır. Serbest cisim diyagramları seçilen cismi çevresinden bağımsız olarak kendi başına gösteren ve onunla etkileşen diğer cisimler tarafından ona uygulanan kuvvetlerin yön ve büyüklüklerini göstermek üzere çizilen vektörlerden oluşan diyagramdır (Young & Freedman, 2000; Ling et al, 2016). Serbest cisim diyagramları yardımıyla ilgili kuvvetleri belirlemek önemlidir. Bir sistem birden fazla cisme sahip olduğu zaman, sistemin her bir cismi için ayrı ayrı serbest cisim diyagramı çizmek fiziksel olayın anlaşılmasını kolaylaştırır. Bu nedenle bir sistem birden fazla cismi içerdiğinde sistemi parçalara ayırıp, her bir cisim için ayrı bir serbest çizim diyagramı çizilmelidir. Newton'un hareket yasaları, çeşitlilik gösteren mekanik problemlerin çözümü için gereklidir. Newton yasaları kavramsal olarak çok basit olmasına rağmen, öğrencilerin hangi duruma nasıl uyarlanacağına karar verme sürecinde dikkatli olmaları gerekmektedir. Serbest cisim diyagramı doğru gösterildiğinde, mekanik problemleri daha kolay ve doğru bir şekilde çözülebildiği bilinen bir gerçektir.

Araştırma verileri kontrol listesi yardımıyla değerlendirilmiştir. Kontrol listeleri birinci ve ikinci bölümde bulunan sorular için ayrı ayrı hazırlanmıştır. Öğrencilerin serbest cisim diyagramını çizme sürecinde takip ettikleri yolu incelemek amacıyla kontrol listesi hazırlanarak değerlendirme yapılmıştır. Kontrol listesi geliştirebilmek için öncelikle ölçme konusu olan işin veya performansın bütün kritik yanlarının tanımlanması gerekir (Tekin,1996).

Araştırmada birinci ve ikinci alt probleme yanıt aramak için farklı yüzeylerde hareket eden cisimler için serbest cisim diyagramı çizmeleri istenmiştir. Öğrencilerin serbest cisim diyagramını çizme sürecinde takip ettikleri yolu incelemek amacıyla kontrol listesi hazırlanarak değerlendirme

yapılmıştır. Araştırmada uzman görüşleri de alınarak, birinci bölümde yer alan sorular için serbest cisim diyagramı çiziminde 19 kriter belirlenerek Tablo 1’de verilen kontrol listesi oluşturulmuştur. Kontrol listesi aracılığı ile öğrencilerin farklı yüzeylerde verilen cisimler için serbest cisim diyagramındaki gösterimleri karşısında bulunan doğru-yanlış seçenekleri, doğru ise 1 (bir) puan, yanlış ise 0 (sıfır) puan olarak değerlendirilmiştir. Çizim yapmayan öğrencilere de puan verilmeyerek, sadece frekans değerleri belirlenmiştir. Bu bağlamda kontrol listesi yardımıyla araştırmanın birinci bölümünde, üç farklı yüzey üzerinde bulunan cisimler için öğrencilerin serbest cisim diyagram gösteriminde performans değerlendirmeleri yapılmıştır.

Tablo 1

Farklı Yüzeylerde Verilen Cisimlerin Serbest Cisim Diyagram Gösterimine İlişkin Kontrol Listesi

Farklı Düzlem Yüzeylerde Serbest Cisim Diyagram Gösterimi	
Sürtünmeli düzlem yüzey	1. Cisme etki eden F kuvvetinin, F_x bileşeninin gösterimi
	2. Cisme etki eden F kuvvetinin, F_y bileşeninin gösterimi
	3. Cisme etki eden sürtünme kuvvetinin gösterimi
	4. Yüzey normal kuvvetinin gösterimi
	5. Cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin gösterimi
	6. Hareket yönünün gösterimi
Sürtünmeli masa düzlem yüzey	7. Birinci cisme etki eden yüzey normal kuvvetinin gösterimi
	8. Birinci cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin gösterimi
	9. Birinci cisme etki eden sürtünme kuvvetinin gösterimi
	10. Birinci cisme etki eden ipteki gerilme kuvvetinin gösterimi
	11. İkinci cisme etki eden gerilme kuvvetinin gösterimi
	12. İkinci cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin gösterimi
Sürtünmesiz eğik düzlem yüzey	13. Birinci cisme etki eden yüzey normal kuvvetinin gösterimi
	14. Birinci cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin W_1 gösterimi
	15. Birinci cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin, W_{1x} bileşeninin gösterimi
	16. Birinci cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin, W_{1y} bileşeninin gösterimi
	17. Birinci cisme etki eden gerilme kuvvetinin gösterimi
	18. İkinci cisme etki eden gerilme kuvvetinin gösterimi
	19. İkinci cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin gösterimi

Araştırmada üçüncü alt probleme yanıt aramak için düzgün dairesel hareket ve basit harmonik hareket yapan cisimler için serbest cisim diyagramı çizimleri istenmiştir. Öğrencilerin serbest cisim diyagramını çizme sürecinde takip ettikleri yolu incelemek amacıyla kontrol listesi hazırlanarak değerlendirme yapılmıştır. Araştırmada serbest cisim diyagramı çiziminde, 9 kriter belirlenerek Tablo 2’de verilen kontrol listesi oluşturulmuştur. Kontrol listesi aracılığı ile öğrencilerin düzgün dairesel hareket ve harmonik hareket yapan cisimler için serbest cisim diyagramındaki gösterimleri karşısında bulunan doğru-yanlış seçenekleri, doğru ise 1 (bir) puan, yanlış ise 0 (sıfır) puan olarak değerlendirilmiştir. Çizim yapmayan öğrencilere de puan verilmeyerek, sadece frekans değerleri belirlenmiştir. Birinci bölümde olduğu gibi öğrencilerin düzgün dairesel hareket ve harmonik hareket yapan cisimler için serbest cisim diyagram gösteriminde performans değerlendirmeleri yapılmıştır.

Tablo 2

Düzgün Dairesel Hareket ve Harmonik Hareket Yapan Cisimlerin Serbest Cisim Diyagram Gösterimine İlişkin Kontrol Listesi

Düzgün Dairesel Hareket ve Basit Harmonik Hareket Yapan Cisimlerin Serbest Cisim Diyagram Gösterimi	
Düzgün dairesel hareket	1. Hız vektörünün gösterimi
	2. İvme vektörünün gösterimi
	3. Radyal ivme vektörünün gösterimi
	4. Merkezci kuvvetinin gösterimi
Basit harmonik hareket	5. İpteki gerilme kuvveti
	6. Cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin gösterimi
	7. Cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin, W_{1x} bileşeninin gösterimi
	8. Cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin, W_{1y} bileşeninin gösterimi
	9. Hız vektörünün gösterimi

Hazırlanan kontrol listesinin kapsam geçerliliğine yönelik uzman görüşü alınmıştır. Araştırmanın güvenilirliğini sağlamak için analiz sonucunda kavramsal kategori altında verilen kodların birbiriyle örtüşen kavramsal kategorileri temsil edip etmediğini teyit etmek amacıyla iki araştırmacının kodları karşılaştırılmıştır. Araştırmanın nitel verilerinin güvenilirliği, Miles ve Huberman'ın (1994) geliştirdiği (Güvenirlik=Görüş birliği/[Görüş birliği+görüş ayrılığı] \times 100) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarının güvenilirliği için uzmanlar arası görüş birliği %83 olarak hesaplanmıştır. Güvenirlik hesaplarının %70'in üzerinde çıkması, araştırma için güvenilir kabul edilmektedir. Burada elde edilen sonuç araştırma için güvenilir kabul edilmiştir.

Veriler analiz edilmeden önce, araştırmacı tarafından öğrencilerin yanıtlarının bulunduğu görüşme formu kodlanmıştır. Görüşme yapılan öğrencilerin kimlikleri saklı tutulmuş ve her birine numara verilmiştir. Örneğin kız öğrenciler K1, K2 ve erkek öğrenciler de E3, E4 şeklinde numaralandırılmıştır.

Bulgular

Araştırmada birinci ve ikinci alt probleme yanıt aramak için öğrencilerin sürtünmeli düzlem yüzey, sürtünmeli masa düzlemi ve sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde hareket eden cisimlere ilişkin çizdikleri serbest cisim diyagramları incelenmiştir.

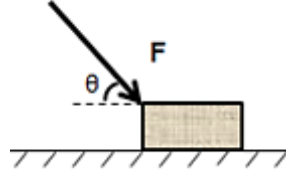
I. Farklı Yüzeylerde Hareket Eden Cisimlere İlişkin Serbest Cisim Diyagramı

A) Sürtünmeli Masa Düzlemindeki Bir Cismin Serbest Cisim Diyagram Gösterimi

Birinci bölümde öğrencilere sorulan ilk soru, "Sürtünmeli yüzeyde m kütleli cisme \vec{F} kuvveti şekilde verildiği gibi uygulanmıştır. Cisme etkiyen kuvvetleri serbest cisim diyagramı yardımıyla çizerek gösteriniz. Hareket yönünü belirtiniz." sorusuna yanıt vermeleri istenmiştir.

Şekil 1

Sürtünlü Düzlem Yüzeyde Hareket Eden Cisme Etki Eden \vec{F} Kuvveti



İlk olarak sürtünlü düzlem yüzeyde hareket eden bir cisme aşağı yönde yatay ile θ açısı yapan bir \vec{F} kuvveti uygulandığında, kontrol listesinden serbest cisim diyagramını çizibilme performanslarına ilişkin bulgular Tablo 3' de frekans ve yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 3

Sürtünlü Düzlem Yüzeyde Hareket Eden Bir Cismin Serbest Cisim Diyagramına Ait Veriler

	Doğru		Yanlış		Boş	
	f	%	f	%	f	%
\vec{F}_x	29	87,87	3	9,09	1	3,03
\vec{F}_y	27	81,81	5	15,15	1	3,03
\vec{F}_s	24	72,72	1	3,03	8	24,24
\vec{N}	28	84,84	-	-	5	15,15
\vec{W}	29	87,87	-	-	4	12,12

Not. %: yüzde; f: kişi sayısı.

Sürtünlü düzlem yüzeyde m kütleli bir cisme F kuvveti şekilde verildiği gibi uygulanmıştır. Öğrencilerden cisme etkiyen kuvvetleri şekil üzerinde göstermeleri istendiğinde, \vec{F} kuvvetinin \vec{F}_x bileşenini 29 öğrenci ve \vec{F}_y bileşenini 27 öğrenci göstermiştir. Bileşenlerinin her ikisini birlikte 27 öğrenci serbest cisim diyagramı üzerinde tam olarak doğru göstermiştir. Sürtünme kuvveti \vec{F}_s 'yi ise 24 öğrencinin doğru, 1 öğrencinin yanlış ve 8 öğrencinin de serbest cisim diyagramı üzerinde göstermediği belirlenmiştir. Cisme düşey olarak etki eden \vec{W} yerçekimi kuvvetini 29 öğrenci ve cisme sürtünlü yüzey tarafından etki eden \vec{N} normal kuvveti de 28 öğrenci serbest cisim diyagramı üzerinde tam olarak doğru göstermiştir.

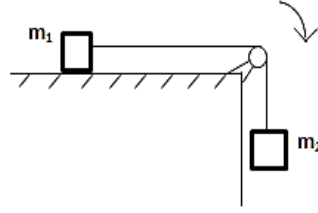
Öğrenciler cismin hareket yönünü tespit edebilmesi için, uygulanan F kuvvetinin \vec{F}_x bileşeninin büyüklüğü ile \vec{F}_s sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü kıyaslayarak sonuç elde etmesi gerekmektedir. Bulgu sonuçlarına göre sadece 1 öğrencinin, $\vec{F}_x > \vec{F}_s$ olması halinde hareket yönünün +x doğrultusunda gerçekleşeceğini ifade ettiği görülmektedir. Bu durum yapılması gereken doğru bir karşılaştırmadır. Burada karşılaştırmamanın tam tersi de yapılırsa doğru kabul edilebilirdi. Ayrıca, 15 öğrencinin hareket yönünü \vec{F}_x ile \vec{F}_s arasında herhangi bir kıyaslama yapmadan ok işareti ile göstermiş oldukları ve yanına sadece "hareket yönü" yazarak açıkladıkları tespit edilmiştir. Öğrencilerin hareket yönünü \vec{F}_x ile \vec{F}_s arasındaki koşulu dikkate alarak yön seçtikleri düşünülmektedir. Çünkü bu öğrenciler serbest cisim diyagramında, cisme etki eden tüm kuvvetleri vektörel olarak doğru çizmişlerdir. Bu nedenle, 15 öğrencinin hareket yön seçimi doğru kabul edilmiştir. 17 öğrenci ise hareket yönü hakkında hiçbir açıklamada bulunmamıştır. Sonuç olarak Tablo 3' deki bulgulara göre, 16 öğrencinin sürtünlü düzlem yüzey üzerinde hareket eden bir cisim için serbest cisim diyagramını tam olarak doğru gösterdikleri tespit edilmiştir.

B) Sürtünmeli Masa Düzleminde Bulunan Cisimlerin Serbest Cisim Diyagram Gösterimi

Birinci bölümde öğrencilere sorulan ikinci soru, “ m_1 ve m_2 kütleli cisimlere etki eden kuvvetleri serbest cisim diyagramı üzerinde gösteriniz. m_1 kütlelerinin bulunduğu yüzey sürtünmelidir.” sorusuna yanıt vermeleri istenmiştir.

Şekil 2

Sürtünmeli Masa Düzleminde Hareket Eden İki Kütleli Bir Sistem



Öğrencilerden, sürtünmeli masa düzlemi üzerinde bulunan ve iki farklı cisimden oluşan sistem için serbest cisim diyagramını çizebilme performanslarına ilişkin bulgular Tablo 4’de frekans ve yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 4

Sürtünmeli Masa Düzlemi Üzerinde Hareket Eden İki Cismin Serbest Cisim Diyagramına Ait Veriler

		Doğru		Yanlış		Boş	
		f	%	f	%	f	%
m_1 kütlesi	\vec{N}	18	54,5	-	-	15	45,5
	\vec{W}_1	29	87,8	2	6	2	6
	\vec{F}_s	31	93,9	-	-	2	6
	\vec{T}	18	54,5	13	39,4	2	6
m_2 kütlesi	\vec{T}	13	39,4	13	39,4	7	21,2
	\vec{W}_2	31	93,9	2	6	-	-

Tablo 4’ deki bulgulara göre öğrencilerin tamamı, iki farklı kütleli bir sistem verildiğinde parçalara ayırıp her bir cisim için ayrı ayrı serbest cisim diyagramını çizdikleri görülmektedir. Sürtünmeli düzlem yüzey üzerinde bulunan m_1 kütlelerine etki eden sürtünme kuvveti \vec{F}_s ’yi 31 öğrencinin ve ipteki gerilme kuvvetini \vec{T} ’yi ise 18 öğrencinin doğru çizdikleri görülmektedir. Ayrıca cisme düşey yönde etki eden yerçekimi kuvveti \vec{W} ’yi 29 öğrencinin ve cisme sürtünmeli yüzey tarafından etki eden normal kuvveti \vec{N} ’ de 18 öğrencinin serbest cisim diyagramı üzerinde olarak doğru çizdiği belirlenmiştir. Öğrencilerin yaklaşık yarısının cisme sürtünmeli yüzey tarafından düşey yönde etki eden normal kuvveti \vec{N} ’ i çizemediği ya da dikkate almadığı görülmektedir.

Bir ucu m_1 kütlelerine ip ile bağlı olan diğer m_2 kütlelerine ise düşey yönde etki eden ipteki gerilme kuvveti \vec{T} ’yi 13 öğrenci ve düşey yönde etki eden yerçekimi kuvveti \vec{W} ’yi ise 31 öğrencinin doğru bir gösterimle çizdiği görülmektedir. Tablo 4’ deki bulgulara göre iki farklı kütleli bir sistem için 12 öğrencinin serbest cisim diyagramını tam olarak doğru çizim ile gösterdikleri

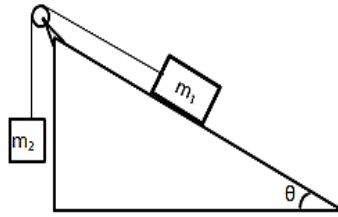
belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen bulgulara göre, öğrencilerin soruda verilen hareket yönünü de dikkate alarak serbest cisim diyagramını çizdikleri tespit edilmiştir.

C) Eğik Düzlem Üzerinde Bulunan Cisimlerin Serbest Cisim Diyagram Gösterimi

Birinci bölümde öğrencilere sorulan üçüncü soru, “sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde birbirine bir ip ile bağlı m_1 ve m_2 kütlelerinin hareket yönü belirlenerek ($m_1 > m_2$), cisme etki eden kuvvetleri serbest cisim diyagramı üzerinde gösteriniz.” sorununa yanıt vermeleri istenmiştir.

Şekil 3

Sürtünmesiz Eğik Düzlem Üzerinde Hareket Eden İki Kütleli Bir Sistem



Öğrencilerden, sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde bulunan ve iki farklı cisimden oluşan sistemin için serbest cisim diyagramını çizibilme performanslarına ilişkin bulgular Tablo 5’de frekans ve yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 5

Sürtünmesiz Eğik Düzlem Üzerinde Hareket Eden İki Cismin Serbest Cisim Diyagramına Ait Veriler

		Doğru		Yanlış		Boş	
		f	%	f	%	f	%
m_1 kütlesi	\vec{N}	16	48,5	-	-	17	51,5
	\vec{W}_1	29	87,8	2	6	2	6
	\vec{W}_{1x}	21	63,6	9	27,3	3	9
	\vec{W}_{1y}	21	63,6	10	30,3	2	6
	\vec{T}	20	60,6	6	18,2	7	21,2
m_2 kütlesi	\vec{T}	24	72,7	5	15,1	4	12,1
	\vec{W}_2	31	93,9	-	-	2	6

Tablo 5’ de verilen bulgulara göre öğrencilerin tamamının sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde iki farklı kütleden oluşan sistemi, parçalara ayırarak her bir cisim için ayrı ayrı serbest cisim diyagramı çizdikleri görülmektedir. m_1 kütlesi sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde bir ip ile m_2 kütlesine bağlı olduğundan ipteki gerilme kuvveti \vec{T} ’yi 20 öğrencinin doğru çizim ile gösterdiği belirlenmiştir. Eğik düzlem üzerinde bulunan m_1 kütlesine etki eden yerçekimi kuvveti \vec{W}_1 ’i 29 öğrenci, \vec{W}_{1x} ve \vec{W}_{1y} ’nin her ikisini birlikte 21 öğrencinin doğru bir şekilde bileşenlerine ayırdığı tespit edilmiştir. Eğik düzlem üzerinde normal kuvveti \vec{N} ’i 16 öğrencinin çizdiği, 17 öğrencinin ise çizmeyerek boş bıraktığı tespit edilmiştir.

Sistemdeki diğer m_2 kütlesine, düşey yönde etki eden ipteki gerilme kuvveti \vec{T} ’yi 24 öğrencinin ve düşey yönde etki eden yerçekimi kuvveti \vec{W}_2 ’yi ise 31 öğrencinin serbest cisim

diyagramı üzerinde doğru vektörel gösterim ile çizdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca 4 öğrenci, her iki kütleye etki eden ipteki gerilme kuvvetinin farklı büyüklükte etki ettiğini serbest cisim diyagramında göstermiştir. Oysa her iki kütleye etki eden ipteki gerilme kuvveti aynı büyüklük ile etki etmektedir. Sadece her bir cisme etki eden ipteki gerilme kuvvetinin yönü farklıdır. Tablo 5’ deki bulgulara göre iki farklı kütlelen oluşan sistem için 7 öğrencinin serbest cisim diyagramını tam olarak doğru gösterdikleri belirlenmiştir.

II. Düzgün Dairesel Hareket ve Basit Harmonik Hareket Yapan Cisimlere İlişkin Serbest Cisim Diyagramı

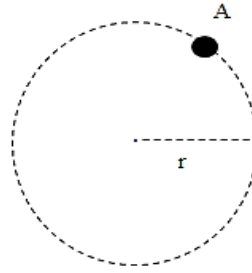
Araştırmada üçüncü alt probleme yanıt aramak için, öğrencilerin düzgün dairesel hareket ve basit harmonik hareket yapan cisimlere ilişkin çizdikleri serbest cisim diyagramları incelenmiştir.

A) Düzgün Dairesel Hareket Yapan Cismin Serbest Cisim Diyagram Gösterimi

İkinci bölümde öğrencilere sorulan ilk soru, “ r yarıçaplı bir yörüngede düzgün dairesel hareket eden m kütleli bir cisim için A noktasında hız vektörü, ivme vektörü ve merkezci kuvveti şekil üzerinde gösteriniz.” sorusuna yanıt vermeleri istenmiştir.

Şekil 4

Düzgün Dairesel Hareket Eden Bir Cismin Hareketi



Öğrencilerin düzgün dairesel hareket eden m kütleli bir cismin A noktasındaki hız, ivme ve merkezci kuvvet vektörünün serbest cisim diyagramını çizebilme performanslarına ilişkin bulgular Tablo 6’da frekans ve yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 6

Düzgün Dairesel Hareket Eden m Kütleli Bir Cismin Serbest Cisim Diyagramına Ait Veriler

	Doğru		Yanlış		Boş	
	f	%	f	%	f	%
\vec{v}	22	66,6	7	21,2	4	12,1
\vec{a}	4	12,1	1	3	3	9
\vec{a}_r	19	57,5	6	18,2	-	-
\vec{F}_m	3	9	9	27,3	21	63,6

Tablo 6’ da verilen bulgulara göre r yarıçaplı bir yörüngede düzgün dairesel hareket eden m kütleli bir cisim için A noktasında, 22 öğrenci teğet çizerek hız vektörünün yönünü serbest cisim diyagramı üzerinde doğru göstermiştir. Serbest cisim diyagramı üzerinde \vec{a} ivme vektörünü 4 öğrenci doğru gösterirken, 19 öğrencide ivme vektörünü \vec{a}_r radyal ivme vektörü olarak doğru göstermiştir. Merkezci kuvvetin gösterimini ise 3 öğrencinin doğru gösterdiği tespit edilmiştir. Düzgün doğrusal

harekette hız sabit olduğundan, teğetsel ivmenin sıfır olduğu bir harekettir. Bu nedenle serbest cisim diyagramında teğetsel ivme yer almaz. Tablo 6’da verilmemesine rağmen \vec{a}_t teğetsel ivme bileşenini 12 öğrenci serbest cisim diyagramı üzerinde gösterdiği tespit edilmiştir.

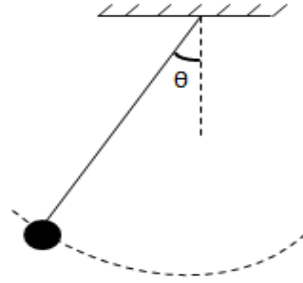
Tablo 6’dan elde edilen bulgulara göre r yarıçaplı bir yörüngede düzgün dairesel hareket eden m kütleli bir cismin hız, ivme ve merkezci kuvvet vektörlerini 3 öğrencinin serbest cisim diyagramı üzerinde tam olarak doğru gösterdikleri belirlenmiştir.

B) Basit Harmonik Hareket Yapan Cismin Serbest Cisim Diyagram Gösterimi

İkinci bölümde öğrencilere sorulan ikinci soru ise “Bir sarkacın ucuna bağlı m kütleli hareket yönüne göre hız vektörü ve etki eden kuvvetleri gösteriniz.” sorusuna yanıt vermeleri istenmiştir.

Şekil 5

Sarkacın Ucuna Bağlı m Kütleli Hareketi



Öğrencilerin bir sarkacın ucuna bağlı m kütleli hareket yönüne göre hız ve etki eden diğer kuvvet vektörlerini serbest cisim diyagramını çizebilme performanslarına ilişkin bulgular Tablo 7’de frekans ve yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 7

Sarkaç İle İlgili Serbest Cisim Diyagramına Ait Veriler

	Doğru		Yanlış		Boş	
	f	%	f	%	f	%
\vec{T}	14	42,4	1	3	18	54,5
\vec{W}	23	69,7	6	18,2	4	12,1
\vec{W}_{1x}	4	12,1	3	9	26	78,7
\vec{W}_{1y}	6	18,2	3	9	24	72,7
\vec{V}	16	48,5	10	30,3	7	21,2

Öğrencilere ikinci bölümde sorulan ikinci soruda ise basit bir sarkaca etki eden hız vektörü ve etki eden diğer kuvvetleri göstermeleri istendiğinde, ipteki gerilme kuvvetini sadece 14 öğrenci ve cisme etki eden yerçekimi kuvvetini ise 23 öğrencinin serbest cisim diyagramı üzerinde gösterebildiği belirlenmiştir. Ayrıca yerçekimi kuvvetini bileşenlerine 4 öğrencinin doğru olarak ayırdığı görülmektedir. Hız vektörünü ise 16 öğrenci doğru olarak şekil üzerinde göstermiştir. Ayrıca öğrenciler hız vektörünün yönünü belirtirken, hareket yönü ile aynı yönde olacağını da açıkladıkları görülmektedir. Sarkacın ucuna bağlı m kütleli etki eden yerçekimi kuvvetini çok az sayıda öğrencinin bileşenlerine ayırabildiği, büyük çoğunluğunun ise serbest cisim diyagramında

göstermediği tespit edilmiştir. Basit sarkaç ile ilgili soruda sadece 2 öğrencinin tam olarak doğru gösterimde bulunduğu belirlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Mekanik problemlerinin çözümünde Newton'un hareket yasalarını uygularken cisme etki eden kuvvetleri ayırt etmek ve serbest cisim diyagramı üzerinde göstermek önemlidir. Bu nedenle, fizik eğitiminde serbest cisim diyagram çizimi üzerinde durulan önemli bir konudur (Heller, 1992).

Bu çalışmada; mekanik problemlerinde Newton hareket yasalarını uygulamadan önce verilen düzleme (masa, eğik vs.) ya da hareket türünün dinamiğine göre öğrencilerin serbest cisim diyagramını uygulayabilme becerileri (performansları) ve karşılaştıkları zorluklar araştırılmıştır. Mekanik problemlerinin çözüm sürecinde serbest cisim diyagramının önemini vurgulamak amacıyla yapılan araştırmada, alt problem çerçevesinde veriler yorumlandığında şu sonuçlar elde edilmiştir.

Sürtünmeli düzlem yüzey üzerinde hareket eden bir cisme aşağı yönde yatay ile θ açısı yapan bir \vec{F} kuvveti uygulandığında, öğrencilerin ortalama %82'nin (27 öğrenci) cisme etki eden \vec{F}_x ve \vec{F}_y kuvvet bileşenlerini serbest cisim diyagramında doğru çizdikleri tespit edilmiştir. Öğrenciler uygulanan \vec{F} kuvvetini bileşenlerine ayırdıklarında, \vec{F}_x bileşenini büyük çoğunluğu (%87'si) doğru gösterebilse de buna rağmen harekete olan etkisini yaklaşık yarısının (%52'nin) dikkate almadığı görülmektedir. Sürtünme kuvveti \vec{F}_s ' yi ise 24 öğrencinin doğru gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle 9 öğrencinin sürtünme kuvvetini serbest cisim diyagramında gösterememesi unutmuş ya da göz ardı etmiş oldukları şeklinde açıklanabilir. Ayrıca cismin hareket yönünü sadece 16 öğrenci, \vec{F}_x bileşeni ile \vec{F}_s sürtünme kuvvetini kıyaslayarak doğru bir şekilde gösterdikleri belirlenmiştir. 17 öğrencinin ise cismin hareket yönü hakkında herhangi bir açıklama yapmadıkları tespit edilmiştir.

Serbest cisim diyagramında öğrencilerin cisme etki eden diğer kuvvetleri (\vec{F}_x , \vec{F}_y , \vec{F}_s , \vec{N} ve \vec{W} gibi) büyük oranda doğru gösterdikleri belirlenmesine rağmen, serbest cisim diyagramında tüm kuvvet bileşenlerinin hepsini bir arada sadece 16 öğrencinin doğru gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum, matematik öğretmen adaylarının sürtünmeli düzlem yüzeyde cisme etki eden tüm kuvvetleri serbest cisim diyagramı üzerinde gösterirken zorlandıklarını göstermektedir. Ayrıca sürtünmeli düzlem yüzeyde cismin hareket yönünün sorgulanması, problemi zorlaştıran diğer bir kısım olduğu görülmektedir. Öğrenciler cismin hareket yönünü belirlerken \vec{F}_x bileşeninin büyüklüğü ile \vec{F}_s sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü kıyaslayarak akıl yürütmeleri gerekirdi. Bu durum, öğrencilerin hareket yönünü belirlerken neyi dikkate almaları gerektiği hususunda analitik düşünemediklerini göstermektedir. Bu bağlamda matematik öğretmen adaylarının, sürtünmeli düzlem yüzey için serbest cisim diyagramını uygulama becerilerinin ya da bir diğer ifadeyle performans değerlendirmelerinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir.

Sürtünmeli masa düzleminde sistem birden fazla cisim içerdiği durumlarda ise öğrencilerin sistemi parçalara ayırarak her bir cisim için ayrı ayrı serbest cisim diyagramı üzerinde çizim yaptıkları belirlenmiştir. Sistemde verilen her iki cisim birbirine bir iple bağlı olduğu halde gerilme kuvveti \vec{T} ' nin gösteriminde 13 öğrencinin tereddüt yaşadığı tespit edilmiştir. Öğrencilerin gerilme kuvveti \vec{T} ' nin yönünü nokta ya da çizgi şeklinde göstermeleri nedeniyle tereddütte kaldıkları sonucu çıkarılmıştır. Serbest cisim diyagramında nokta ya da çizgi şeklinde gösterilen gerilme kuvvetinin vektörel gösterimi hatalıdır. Newton mekaniğinin merkezindeki kavram "kuvvet" olduğu ve kuvvet de vektörel bir nicelik olduğu için nokta ya da çizgi şeklindeki gösterim yanlış kabul edilmiştir. Oysa sistemde, iki cisim birbirine bir ip aracılığıyla bağlı olduğu için her iki cisme etki eden ipteki gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri eşit ve sadece yönlerinin farklı olması gerekmektedir.

Sürtünmeli masa düzleminde bulunan cisim üzerine etki eden normal kuvveti \vec{N} ' i 18 öğrencinin doğru gösterdiği belirlenmiştir. Normal kuvvetini öğrencilerin büyük çoğunluğunun unutmuş ya da göz ardı etmiş oldukları bir kez daha bu soruda tespit edilmiştir. Sürtünmeli masa düzleminde bulunan cisme etki eden \vec{W} yerçekimi kuvvetini ise tüm öğrenciler serbest cisim diyagramında doğru göstermişlerdir. Ayrıca sürtünmeli masa düzleminde bulunan cisim üzerine etki

eden sürtünme kuvveti \vec{F}_s 'yi öğrencilerin hemen hemen tamamının serbest cisim diyagramında doğru gösterdikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak sürtünmeli masa düzleminde, sistem birden fazla cisim içerdiği durumda 12 öğrencinin serbest cisim diyagramını tam olarak doğru çizim ile gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu bağlamda matematik öğretmen adaylarının, sürtünmeli masa düzleminde iki farklı cisimden oluşan bir sisteme ilişkin serbest cisim diyagramını uygulama becerilerinin ya da bir diğer ifadeyle performans değerlendirmelerinin düşük düzeyde olduğu sonucu tespit edilmiştir.

Sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde bulunan ve iki farklı cisimden oluşan bir sistem verildiğinde ise, öğrencilerin sistemi parçalara ayırarak her bir cisim için ayrı ayrı serbest cisim diyagramı üzerinde çizim yaptıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin her cisim için uygun koordinat eksenleri yerleştirerek, bu eksenler boyunca kuvvetleri bileşenlerine ayırdıkları görülmektedir. Eğik düzlem üzerinde bulunan cisme etki eden yerçekimi kuvvetini 29 öğrenci doğru göstermesine rağmen bileşenlerine ayırırken doğru çizimle gösterenlerin sayısında azalma olduğu belirlenmiştir. Eğik düzlem üzerinde cisme etki eden normal kuvveti \vec{N} i sadece 16 öğrenci doğru bir gösterirken, 17 öğrencinin ise diğer sorularda olduğu gibi unutmuş ya da göz ardı etmiş oldukları tespit edilmiştir. Normal kuvvetinin genel olarak gösterilmemesini bu kuvvetin soyut kalmasına, günlük yaşamda bu kuvvetin büyüklüğünü deneyimlemediklerine bağlayabiliriz. Her iki cisimi birbirine bağlayan ipteki gerilme kuvveti \vec{T} yi ise eğik düzlem üzerinde bulunan cisim için 20 öğrencinin doğru gösterdiğini belirlenmiştir. Sistemde bulunan ikinci cisim ile ilgili serbest cisim diyagramı gösteriminde, öğrencilerin cisme etki eden ipteki gerilme kuvveti ve yerçekimi kuvvetinin ikisini birden çoğunlukla gösterdikleri görülmektedir. Sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde iki cismin bulunduğu sistemin, serbest cisim diyagramında gösterimini sadece 7 öğrencinin tam olarak doğru gösterdiği belirlenmiştir. Sistem zorlaştıkça öğrencilerin serbest cisim diyagramı üzerinde tüm kuvvetleri tam olarak göstermelerine ilişkin performansları değerlendirildiğinde, başarı oranlarının daha da düşük olduğu ortaya çıkmaktadır.

Düzgün dairesel hareket eden m kütleli bir cisim için serbest cisim diyagramının analiz sonuçlarına göre, öğrencilerin %66,6'sı hız vektörünü cismin dairesel olarak aldığı yola teğet çizerek gösterdikleri tespit edilmiştir. Serbest cisim diyagramında, ivme vektörünü ise 4 öğrenci \vec{a} ile 19 öğrencide \vec{a}_r ile merkeze yönelik olacak şekilde göstermiştir. Düzgün dairesel harekette ivme vektörü daima yola dik olduğundan, merkeze yöneliktir ve bu ivme merkezci ivme'dir. Düzgün dairesel hareket eden bir cismin sahip olduğu merkezci ivmenin, r yarıçaplı yörüngede radyal doğrultuda olduğunu göstermek için \vec{a}_r ile gösterilir (Serway & Beichner, 2002). Öğrencilerin ivme vektörünü yarıçap doğrultusunda doğru gösterimlerinden dolayı \vec{a} ile gösterimlerinde doğru kabul edilmiştir. Ayrıca, merkezci kuvveti sadece 3 öğrencinin yarıçap doğrultusunda ve merkeze yönelik gösterdiği belirlenmiştir. Merkezci kuvvetin gösterimini ise 3 öğrenci merkez doğrultusunda doğru gösterirken, 9 öğrencinin de merkezin dışına yönelik yanlış gösterdiği tespit edilmiştir.

Basit sarkaç hareketi yapan m kütleli bir cisme etki eden kuvvetlerin serbest cisim diyagram gösteriminde, öğrenciler cisme etki eden hız vektörünü hareket doğrultusunda ve alınan yola teğet olacak şekilde gösterimde bulunmuşlardır. Fakat bu gösterimi 16 öğrenci serbest cisim diyagramı üzerinde vektörel olarak doğru belirtmiştir. İpte oluşan gerilme kuvvetini 14 öğrenci, m kütleli cisme etki eden yerçekimi kuvvetini ise 23 öğrenci vektörel olarak doğru göstermiştir. Öğrencilerin yerçekimi kuvvetini bileşenlerine ayırmaması ve bileşenlerine ayırabilenlerin sayısının da çok az olması nedeniyle başarı oranlarının düşük olduğunu ifade edebiliriz.

Öğrencilerin serbest cisim diyagram gösteriminde, kuvvetlerin yön ve büyüklüklerini gösterme performansları verilen düzlem yüzeyin ve hareket türünün durumuna göre değiştiği tespit edilmiştir. Öğrencilerin serbest cisim diyagram gösterimindeki durumlarının belirlenmesi, eğitimin iyileştirilmesini amaçlayan ve devamlılık gösteren bir işlemdir. Durum belirleme, beklentileri daha açık ve belirgin bir biçimde ortaya koymakta, eğitimin kalitesi için uygun ölçütler ve yüksek standartlar önermektedir. Ayrıca gösterilen performansın bu beklenti ve standartlarla ne derece uyumlu olduğunu sistematik olarak analiz edip yorumlamakta ve elde edilen sonuçların performansı artırma, performansa ilişkin bir açıklamada bulunmasını sağlamaktadır (Stiggins, 1994).

Fizik öğretiminde problem çözme etkinliklerinde iki önemli hususun öğrencilere kazandırılması gerekmektedir. İlki problemi anlama ya da betimleme aşamasında taslak bir çizim üzerinde ya da serbest cisim diyagramı üzerinde verilen bilgileri göstermeleri kazanım haline getirilmelidir. İkincisi de uygulanması gereken kavram, yasa ve ilke gibi temel bilgilerin nasıl kullanılacağını analiz etmeleri de bir diğer kazanımları olmalıdır. Bu iki kazanım öğrencide geliştirildiği zaman her türlü problem kolaylıkla anlaşılabilir ve çözülebilir. Böylece fizik öğretiminde kavramsal ve işlemsel bilgilerin beraber kolaylıkla uygulanabilir hale geldiği görülebilir.

Problem çözme etkinlikleri kontrol listesi yöntemi kullanılarak analiz edildiğinde, öğrencilerin neleri yapıp neleri yapmadığı konusunda bilgi sahibi olunabilir. Kontrol listesi analizi ile öğrencinin eksikleri belirlenebilir, böylece öğretmenler veya araştırmacılar nelerin yapılması gerektiğine karar verebilirler. Ayrıca Newton kanunlarının kullanıldığı herhangi bir problemde, serbest cisim diyagramının açıkça gösterilmesi öğrencilerden istenerek bu hususa verilen önemin altı çizilebilir (Peters, 1982). Bu bağlamda, fizik öğretiminde mekanikle ilgili problemlerin çözümünde serbest cisim diyagramı ile ilgili çizme etkinliklerine daha fazla yer verilmesi gerekmektedir. Literatürde problem çözme etkinlikleri ile öğrencilerin eksik yönlerinin belirlenmesi için daha fazla nitel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yapılmış çalışmalar arasında ise çoğu durumda kontrol kısmının zayıf kaldığı ya da hiç gözlemlenemediği tespit edilmiştir (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

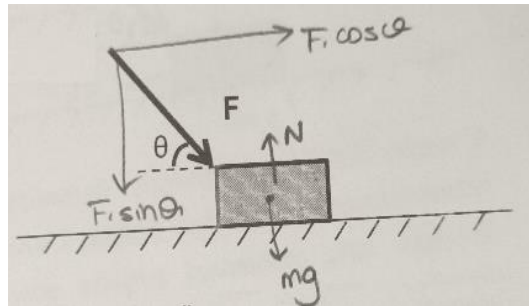
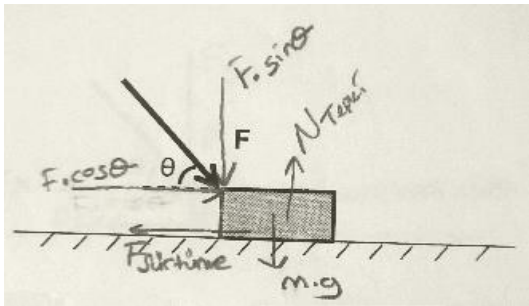
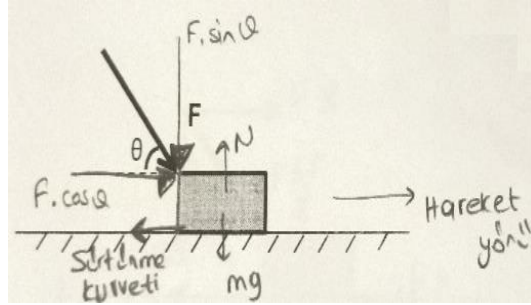
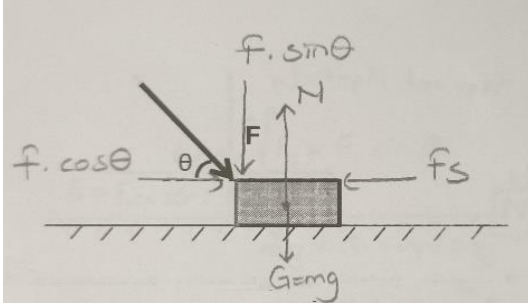
Kaynakça

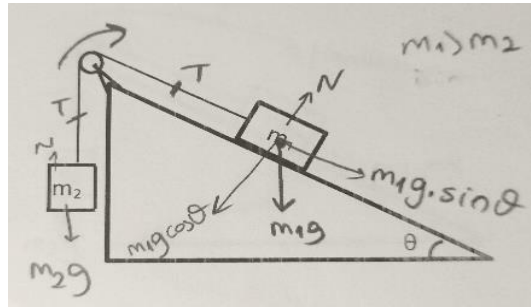
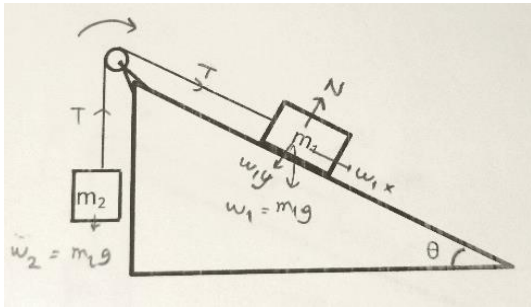
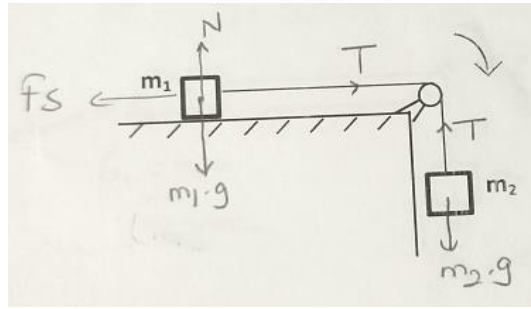
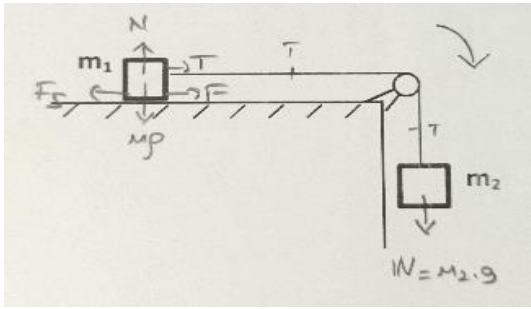
- Aviani, I., Erceg, N., & Mešić, V (2015). Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces, *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 11 , 020137.
- Bolton, J., & Ross, S. (1997). Developing students' physics problem-solving skills. *Physics Education*, 32, 176.
- Bekiroğlu, F. O. (2004). *Ne kadar başarılı? Klasik ve alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemleri ve Fizikte uygulamalar*. Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.
- Çepni, S. (2012). *Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş*, Geliştirilmiş (6.Baskı), Trabzon, Cepler Matbaacılık.
- Dumas-Carré, A., & Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris: Armand Colin/Masson.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. *Part 1. Group versus individual problem solving*. *Am. J. Phys.*, 60, 627-636.
- Heller, P. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. *Part 2: Designing problems and structuring groups*. *Am. J. Phys.*, 60, 637-644.
- Henderson, T. (2006). *The physics classroom tutorial: Force and its representation* <http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/CLass/newtlaws/u2l2c.html>
- Hobden, P. (1998). The role of routine problem tasks in science teaching. *International handbook of science education*, 1, 219.
- Jones, A. Z. (2007). *Free-body diagrams: An Introduction*, <http://physics.about.com/od/tutorials/olsofthetrade/qt/freebodydiagram.htm>
- Ling, S., Sanny, J., & Moebs, W., (2016). *University physics*, Volume 1, Houston, Texas.
- Miles, M.B. & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis (Second Edition)*, Sage Publications, Thousand Oaks, London.
- Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*, 15, 376.
- Patton, M. Q. (2014). *Nitel çalışma ve değerlendirme yöntemleri [Qualitative study and assessment methods] (3. baskı) [3rd ed.]*. (M. Bütün ve S. B. Demir, Çev./Trans.). Ankara: Pegem Yayıncılık. (Orijinal kitabın yayın tarihi 1990) [The publication year of the original book is 1990]
- Peters, P. C., (1982). Even Honors Students Have Conceptual Difficulties with Physics, *American Journal of Physics*, 50(6), 501-508.
- Reif, F. (1995). Understanding and teaching important scientific thought processes, *American Journal of Physics*. 63, 17-32.

- Rosengrant, D. (2007). *Multiple representations and free-body diagrams: Do students benefit from using them?*, Doctoral Thesis. Rutgers The State University of New Jersey - New Brunswick.
- Rosengrant, D., Heuvelen, A.V., & Etkina, E., (2009). Do students use and understand free-body diagrams?, *Phys. Rev. St Phys. Educ. Res.*5., 010108.
- Senemoğlu, N., (2007). *Gelişim Öğrenme ve Öğretim (Kuramdan Uygulamaya)*, Ankara, Ertem Matbaacılık.
- Serway R. A., & Beichner, R. J. (2002). (Çeviri Editörü: K. Çolakoğlu), *Fen ve mühendislik için fizik. Üçüncü Baskıdan Çeviri*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Stiggins, R. J. (1994). *Student-Centered Classroom Assessment*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Tekin, H. (1996). *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme*. Ankara: Yargı Yayınları. 286-290.
- Temiz, B.K., & Kızılcık, H.Ş. (2016). Sürtünmeli eğik düzlemde hareketin dinamiğine ilişkin öğrenci görüşleri, *Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 15-30.
- Yavuz, A. & Özdemir, G. (2009). Öğretim Elemanlarının Atwood Aleti Problemi Çözüm Stratejilerinin Prakseolojik Analizi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 22(2), 357-377.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H.(2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel araştırma Yöntemleri* (10. Baskı) Ankara, Seçkin Yayıncılık.
- Young, H.D., Freedman, R.A.(2009). *Üniversite Fiziği*, Pearson.

Ekler

Farklı yüzeylerde hareket eden cisimlerin serbest cisim diyagramının gösterimlerine ilişkin öğrencilerin cevaplarından bazılarına yer verilmiştir.





Düzgün dairesel hareket ve basit harmonik hareket yapan cisimlerin serbest cisim diyagramına ilişkin öğrencilerin cevaplarından bazılarına yer verilmiştir.

