

**ÇOK PARÇALI MEKANİK SİSTEMLERDE İVME  
HESAPLAMA PROBLEMLERİNDE ÖĞRENCİ  
GÜÇLÜKLERİ\***

**STUDENT DIFFICILTIES ABOUT CALCULATING  
ACCELARATION OF MULTIPLE COMPONENT  
SYSTEMS**

Ahmet YAVUZ<sup>1</sup>, Burak Kağan TEMİZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Niğde Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği  
A.B.D. e-posta: ayavuz@nigde.edu.tr

<sup>2</sup> Niğde Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği  
A.B.D. e-posta: bktemiz@nigde.edu.tr

**ÖZ**

*Bu çalışma, çok parçalı mekanik sistemlerde ivme hesaplama problemlerinde öğrencilerin karşılaştıkları güçlükleri tespit etmek için yapılmıştır. Bu amaçla yazarlar tarafından geliştirilen Dinamik Soru Seti, Niğde il merkezinde altı farklı lisede öğrenim gören toplam 377 öğrenciye uygulanmıştır. DSS'den toplanan veriler pratseolojik olarak analiz edilerek öğrencilerin ivme bulma probleminde kullandıkları teknikler ortaya çıkarılmıştır. Bulgular, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun cinsiyet, sınıf ve okul türü fark etmeksizin çok parçalı mekanik sistemlerde ivme hesaplama problemlerini çözerken onları hatalı çözüme götüren odak tekniği kullandıklarını göstermiştir. Araştırmada toplanan veriler odak tekniğin, özel şartlar altında ortaya çıkmış, bir grup öğrenciye özgü, özel bir teknik olmadığını göstermiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** *Newton'un ikinci yasası, Problem çözme, Prakseolojik analiz, Odak teknik, Fizik eğitimi.*

---

\* Bu araştırmanın verileri Niğde Üniversite Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nin desteğiyle gerçekleştirilen EBT2011/01 numaralı MEPÇİS1 (Mekanik Problem Çözümlerini İyileştirme Stratejileri 1): Kinematik Algılar Ve Newton Dinamiği Problem Çözümleri" adlı proje kapsamında toplanmıştır.

**ABSTRACT**

*This study aims to investigate students' difficulties related to calculating acceleration for multi-object systems. Dynamic Question Set (DQS) was developed by authors and used as a data collection tool. DQS was administered to 377 high school students in 6 different high schools in Niğde province. DQS solutions were analysed according to the praxeological organization. The distributions of solution were analysed according to variables such as gender, type of high school and class. The findings indicate that most students used an erroneous technique for calculating acceleration in multi-object mechanic systems regardless of gender, class and type of school. This technique called as focused technique is to focus on the object we ask to calculate its acceleration and to ignore the rest of the mechanical system. The findings also show that this technique did not appear under special circumstances and was not specific to a group of students.*

**Keywords:** *Newton's second law, Problem solving, Praxeological analysis, Focused technique, Physics education.*

**GİRİŞ**

Fizik öğretiminde problem çözme etkinlikleri önemli yer tutmaktadır. Bu etkinliklerin teorik düzeydeki fizik yasalarının öğretimi ve öğrenci kazanımlarının değerlendirilmesi olmak üzere başlıca iki önemli işlevi olduğu bilinmektedir (Bolton & Ross, 1997; Dumas-Carré, 1981; Dumas-Carré & Goffard, 1997; Hobden, 1998). Bu nedenlerle problem türleri ve öğrencilerin fizik problemleri üzerinde çalışırken izlediği stratejiler pek çok araştırmacının dikkatini çekmiş ve çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Bu alanda yapılan çalışmalar; uzman ve acemilerin çözüm stratejilerinin karşılaştırılması, problemlerin niteliğinin tartışılması, etkili bir problem çözme sürecinde için çeşitli stratejilerin belirlenmesi, problem çözme davranışlarında etkili olan süreçler gibi başlıklarda toplanabilir (Dumas-Carré & Goffard, 1997; Hobden, 1998; Jonassen, 2010, Tuminaro & Redish, 2007). Bu araştırmaların ışığında problem çözme sürecinde öğrencilere yardımcı olma amacı ile çeşitli öğretim stratejileri önerilmiştir (Çalışkan, Selçuk & Erol, 2012; Leonard, Dufresne, & Mestre, 1996; Mestre, Dufresne, Gerace, Hardiman, & Touger, 1993; Reif, 1995; Reif, Larkin, & Brackett, 1976). Problem, terim olarak sözlüklerde aşılması gereken bir güçlüğü ifade etse de, Pretz, Napples, and Sternberg (2003) ve McGinn and Boote (2003) gibi araştırmacılar problemin doğasına ilişkin güçlükten ziyade, problem çözücülerin kavramsal ve prosedürel bilgilerini referans olarak tanımlamaktadır. Buna göre bir problem, alıştırmalardan, iyi

yapılandırılmamış problemlere uzanan skalada yer alabilmektedir. Bu çalışmaya konu olan “ivme bulma problemleri”, literatürde ders kitabı problemleri ve iyi yapılandırılmış problem (Jonassen, 2010) gibi isimlerle de anılan, egzersizlere örnek bir problem türüdür.

Mekanikte, Dinamiğin Temel Prensipleri (DTP) konusu işlenirken, ivme hesaplamayı içeren problem çözme etkinlikleri sıklıkla yapılmaktadır. DTP, oldukça basit bir matematiksel eşitlikle “ $F=ma$ ” bağıntısı ile formüle edilmektedir. Buradan hareketle ivme hesaplama işlemlerinin kolaylıkla yapılabileceği öngörülebilir. Ancak gerçekte, ivme hesaplama problemleri, her şeyden önce doğru sistemler seçip, vektörel ve cebirsel bazı işlemler yapmayı, Newton yasalarını uygulamayı ve çeşitli bilgi türlerini transfer etmeyi içerdiğinden oldukça karmaşık egzersizlerdir.

İvme doğrudan gözlemlenemeyen soyut bir kavramdır. Aristo’dan Galileo’ya ve Newton’a uzanan 19 yüzyılı aşkın sürede insanoğlunun cisimlerin ivmeli hareketleri gözlemlenmesi ve bu gözlemlere anlam vermeleri kolay olmamıştır (Robardet & Guillaud, 1997; Guillaud, 1998). Hareketli cisimlerin dışarıdan bakan gözle incelenmesi, ivmenin hız ile karıştırılmasına neden olabilmektedir (Hallouna & Hestenes, 1985). Bu zorluk onun dinamik ile kinematiğin kesişme noktasında bulunan özel konumundan kaynaklanmaktadır. Kinematikte cisimlerin zaman içinde hızlanıyor veya yavaşlıyor olmasının bir sonucu olarak yorumlanan ivme, dinamikte başka bir kimlikle öğrencilerin karşısına çıkmaktadır. İvme dinamikte, kuvvetlerin vektörel kurallar doğrultusunda toplanmasıyla kütleyle bağlı olarak ortaya çıkmakta ve yorumlanmaktadır. Bu nedenle öğrencilerde gerek ivme hesaplama noktasında (McDermott, Shaffer, & Somers, 1994) gerekse de ivmeyi anlamlandırma (Taşar, 2010) konusunda güçlüklerle karşılaşmaktadırlar.

Bu çalışma, birden fazla parçadan oluşan mekanik düzeneklerde ivme bulma problemlerinde lise öğrencilerinin yaşadıkları güçlükleri pratik organizasyon doğrultusunda tanımlama amacıyla yapılmıştır. Bu genel amaç doğrultusunda, aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

1. Lise öğrencilerinin birden çok parçadan oluşan düzeneklerde ivme bulma problemi üzerinde çalışırken kullandıkları teknikler nelerdir?
2. Öğrencilerin kullandıkları teknikler, okul türü, cinsiyet, sınıf düzeyi değişkenlerine göre anlamlı farklılık göstermekte midir?

### **Prakseolojik Organizasyon**

Problem ve problem çözümünde organize edilen farklı türdeki bilgiler ile ilgili olarak Chevallard (1992; 1997, 2007) tarafından ortaya konulan “Prakseolojik Organizasyon” bir kurumda öğretmen, öğrenci ve bilimsel bilgi arasındaki etkileşimleri analiz etmeye olanak sağlayan Didaktiğin Antropolojik kuramı (Chevallard, 1992) içerisinde yer almaktadır. Bu yaklaşım bir problemin neye karşılık geldiğini, nasıl çözüleceğini ve aynı zamanda bu çözümü kabul edilebilir kılan etmenleri de tartışmaya izin vermektedir. Prakseoloji terim olarak insan tarafından gerçekleştirilen eylemlerin analizini ifade etmekte olup Yunanca praksis ve logos kelimelerinden türetilmiştir. Burada praksis uygulamayı ve logos bu uygulamaya ilişkin mantıksal açıklamaları ve rasyonaliteyi ifade eder. Chevallard (1992,1999) bilimsel bilginin farklı yapıdaki iki bileşenini (praksis ve logos) belirtmek için dört kavrama başvurmuştur. Bunlar: T: İşlem Tipi,  $\tau$ : Teknik,  $\theta$ : Teknoloji ve  $\Theta$ : Teoridir. İşlem tipi ve teknik praksisi belirtmekte olup Know-How bloğu olarak kabul edilmektedir. Teknoloji ve teori ise logos’u belirtmekte olup Knowledge bloğunu ifade etmektedir. Bu araştırmada sadece praksise odaklanılacaktır.

Prakseolojik organizasyon bir problemin neye karşılık geldiğini, nasıl çözüleceğini ve aynı zamanda bu çözümü kabul edilebilir kılan etmenlerin neler olduğunu tartışmaya dayanmaktadır. Terim olarak praksoloji eylem analizine karşılık gelir. Prakseolojik organizasyonun temelinde “ne?” sorusuna cevap veren işlem tipi bulunmaktadır. İnsan eylemi olan her şey bir işlem olarak ifade edilebilir (Yemek yapmak, bir fizik problemini çözmek, grafik çizmek, vb.). İşlem tipi daha genel ve soyut düzeye karşılık gelirken, işlem bir işlem tipinin o andaki özel durumunu ifade eder. Örneğin, bir objenin ivmesini hesaplama bir işlem tipi olarak kabul edilebilir fakat eğik düzlemde hareket

eden m kütleli cismin ivmesini hesaplamak bu işlem tipine bağlı bir işlemdir. Bir işlem tipini gerçekleştirmek için bir tekniğe ihtiyaç vardır. Dolayısı ile teknik “nasıl?” sorusuna cevap vermektedir. Teknik alt-işlem bütünü olarak ifade edilebilir. Bir işlem tipi için geçerli bir teknik o işlem tipine bağlı işlemleri gerçekleştirmeye olanak sağlayacaktır.

Prakseolojik organizasyon üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde bu yaklaşımın araştırmacılara problem çözümlerini nitel olarak analiz etmeye olanak sağladığı görülmektedir. Bu araştırmalarda genel olarak bir konuya ilişkin problemler incelenip farklı işlem tipleri belirlenmekte ve bunlara ilişkin prakseolojik organizasyonlar ortaya çıkarılmaktadır. Prakseolojik organizasyon yaklaşımı sadece matematik eğitime özgü değildir. Bu yaklaşım fizik eğitimi alanında yakın tarihte gerçekleştirilen araştırmalarda da (Sağlam, 2004; Venturini, Calmettes, Amade-Escot, Terrisse, & others, 2007; Yavuz, 2007) kullanılmıştır. Sağlam (2004) matematik ve fizik derslerinde yer alan diferansiyel denklemler konusunun öğretim ve öğrenim koşullarını prakseolojik organizasyon yöntemi ile karşılaştırmıştır. Venturini ve diğerleri (2007), deneyimli bir fizik öğretmenin sınıf içi pratiklerini prakseolojik organizasyon yöntemine göre analiz etmiştir. Yavuz (2007) ise çalışmasında öğrencilerin çok parçadan oluşan mekanik düzeneklerde Dinamiğin Temel Prensibi’ni (DTP) kullanırken karşılaştıkları güçlükleri Atwood aleti örneğinden yola çıkarak Praxeological organizasyon yardımıyla analiz etmiştir. Yavuz (2007) “Newton'un ikinci yasaını kullanarak bir mekanik problemini çözmek” şeklinde bir işlem tipi tanımlamakta ve bu işlem tipini gerçekleştirmeyi sağlayan teknikleri tartışmaktadır. Teknik, bir işlem tipinin nasıl gerçekleşeceğini belirten alt-işlemler bütünüdür. Diğer bir ifadeyle “nasıl?” sorusuna cevap veren teknik, bir problem türünün çözümünde neler yapılması gerektiğini belirtmektedir. Newton yasaını kullanarak mekanik problemi çözümlmesine ilişkin işlem tipine ait teknik ve tekniği oluşturan alt-işlemler (sub-task: st) Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Newton'un İkinci Yasasının Prakseolojik Organizasyon Yöntemi ile Modellenmesi (Yavuz, 2007)

İşlem Tipi	Newton'un ikinci yasasını kullanarak bir mekanik problemini çözmek
Teknik	st1: Sistemin tanımlanması
	st2: Sistemin kütlelerinin belirlenmesi
	st3: Sisteme etki eden net kuvvetin hesaplanması
	st4: Sistemin ivmesinin belirlenmesi
	st5: Sistem için hareket denkleminin yazılması

Tablo 1’de verilen bu modelde öğrencilerin, Newton’un ikinci yasası uygulaması gereken bir problemi çözerken gerçekleştirdikleri işlemler, praxeolojik organizasyon doğrultusunda belirlenen basamaklara göre sınıflandırılmaktadır.

## YÖNTEM

Bu araştırma, tarama modeli niteliğindedir. Tarama modeli, var olan durumu aynen olduğu gibi yansıtmayı esas alır (Karasar, 1994; Balcı, 2004).

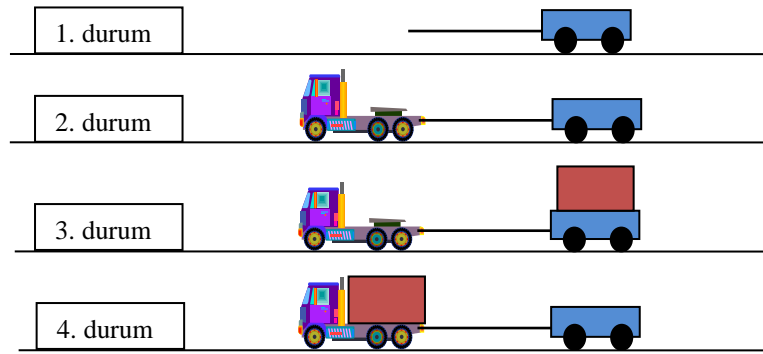
### Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu 2011-2012 Eğitim-Öğretim yılında Niğde’de merkezde bulunan altı farklı lisede öğrenim gören 377 öğrencidir. Çalışma grubundaki öğrencilerin; 206’sı (%54,6) erkek, 171’i (%45,4) kızdır. Bu öğrencilerin okul türüne göre dağılımları ise; 91 (%24,1) Fen lisesi, 139 (%36,9) Genel lise ve 147 (%39) Anadolu lisesi şeklindedir. Öğrencilerin sınıf seviyesine göre dağılımı ise; 204 (%54,1) dokuzuncu sınıf, 143 (%37,9) onuncu sınıf ve 30 (%8) on ikinci sınıf şeklindedir. Çalışma grubunda yer alan tüm öğrenciler mekanik konularının işlendiği fizik dersini almıştır.

### Verilerin Toplanması

Bu çalışmada veri toplama amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilen Dinamik soru seti (DSS) kullanılmıştır. DSS, dört açık uçlu sorudan oluşan bir testtir. Testte, sabit kuvvet etkisi altında hareket eden bir vagonla ilgili, dört farklı durum sunulmuştur

(Şekil 1). Birinci durum; sistemin en yalın hali olup, vagon sabit bir kuvvet etkisi altında hareket etmektedir. İkinci durumda aynı vagon bir çekici (kamyon) tarafından çekilmektedir. Üçüncü ve dördüncü durumlarda sisteme bir yük dâhil edilmektedir. DSS’de sayısal veriler verilerek öğrencilerden her bir durum için vagonun ivmesini hesaplaması istenmektedir. Bir uzman için, “vagonun ivmesini bulunuz” sorusu anlamsızdır. Çünkü böyle bir sistemde (ip esnemiyorsa) cisimler ortak bir ivme ile birlikte hareket ederler. DSS’deki soruları rutin ivme hesaplama problemlerinden farklı kılan bu alışılmadık problem tipidir.



Şekil 1. DSS’de İvme Hesaplanan Düzenekler

DSS 2011-2012 Eğitim-Öğretim yılında, yukarıda belirtilen çalışma grubuna uygulanmıştır.

### Verilerin Analizi

Öğrenci çözümleri analiz edilirken, Tablo 1 de belirtilen alt-işlemlerin nasıl gerçekleştirildiğine bakılarak üç farklı teknik tanımlanmıştır. Uzman Teknik, Pratik Teknik ve Odak Teknik olarak adlandırılan bu teknikler alt işlem basamaklarıyla tablo 2’de gösterilmektedir. Prakseolojik organizasyon çerçevesinde tanımlanan bu üç teknik, araştırmada öğrenci çözümlerinin kategorize edilmesinde kullanılmıştır.

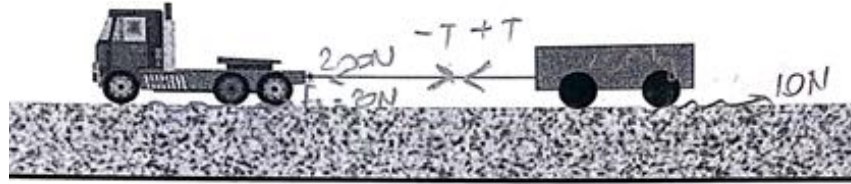
Tablo 2. İki Parçadan Oluşan Bir Düzenekte İvme Bulma Problemini İçin Teknikler ve Alt İşlemleri

<b>İşlem Tipi:</b> Newton'un ikinci yasasını kullanarak iki parçadan oluşan bir düzenekte ivme bulma problemini çözmek			
Alt-işlemler	Teknikler		
	<b>Uzman Teknik</b>	<b>Pratik Teknik</b>	<b>Odak Teknik</b>
st1: Sistemin tanımlanması	Düzenekteki her bir parça ayrı ayrı sistem olarak seçilir.	Düzeneğin bütünü sistem olarak seçilir.	Odaklanılan parça (ivmesi istenilen) sistem olarak seçilir. Sadece hareketine odaklanılan (ivmesi istenilen) parçanın kütlesi belirlenir.
st2: Sistemin kütlelerinin belirlenmesi	Birinci sistemin kütlesi $m_1$ , 2. Sistem kütlesi de $m_2$ olarak belirlenir.	Bütün sistemin kütlesi $\sum m$ (toplam kütle) olarak belirlenir.	Sadece odak parçaya etki eden net kuvvet hesaplanır.
st3: Sisteme etki eden net kuvvetin hesaplanması	$m_1$ 'e etki eden net kuvvet ve $m_2$ 'ye eden net kuvvet ayrı ayrı ifade edilir.	Net kuvvet, sistemin uçlarına etki eden kuvvetlerin toplanmasıyla hesaplanır.	Odaklanılan parçanın ivmesi ayrı olarak belirtilir. Newton'un ikinci yasası sadece odak kütle için yazılır.
st4: Sistemin ivmesinin belirlenmesi	Birinci ve ikinci parçaların ivmelerinin aynı olduğu belirtilir.	Sadece tek bir ivme (sistemin ivmesi) belirtilir.	Newton'un ikinci yasası sadece odak kütle için yazılır.
st5: Sistem için hareket denkleminin yazılması	Newton'un ikinci yasası hem $m_1$ ve hem de $m_2$ için ayrı ayrı yazılır.	Newton'un ikinci yasası sistem için tek bir kez yazılır.	

Tablo 2'de, iki parçadan oluşan bir düzenekte ivme bulma problemini çözme işlemi için verilen teknikler ve alt-işlemlerin, öğrenci cevaplarının analizinde nasıl kullanıldığı, yapılan örnek analizlerle aşağıda detaylı olarak anlatılmaktadır.



*Uzman Teknik:* Bu teknik birden fazla hareketliden oluşan mekanik düzenekte her bir hareketliyi ayrı bir sistem olarak kabul edip, her bir parça için Newton'un 2. Yasasını ayrı ayrı uygulamaya dayanmaktadır. Bu tekniğin uzman teknik olarak adlandırılmasının nedeni sistem seçiminin, seçilen sisteme etki eden kuvvetlerin belirlenmesinin, Newton'un ikinci yasaasının sistem için yazılmasının tüm dinamik problemleri için geçerli olmasıdır. Yavuz ve Temiz (2013)'e göre uzman tekniğe genellikle üniversite fizik ders kitaplarında rastlanılmaktadır. Çalışma grubunda bu tekniği kullanan sadece bir öğrenciye rastlanılmıştır. Daha iyi bir örneğe ulaşamadığı için bu öğrencinin çözümü Şekil 2'de uzman tekniğe örnek olarak verilmiştir.



$$F_v = 200 - 20 \\ = 180 \text{ N}$$

$$F = ma = 180 - T = 2000a \\ T - 10 = 250a$$

$$170 = 2250a$$

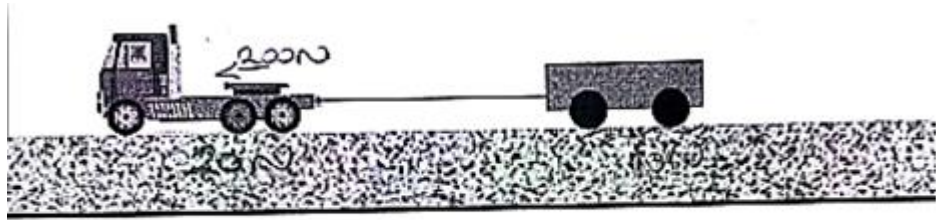
$$a = \frac{177}{2250} \quad a = \frac{17}{225}$$

Şekil 2. Uzman Tekniği Kullanan Bir Öğrencinin Cevap Kâğıdı.

Şekil 2'de verilen bu çözüm Tablo 2'de verilen pragseolojik organizasyon dikkate alınarak analiz edildiğinde, uzman tekniğe karşılık gelmekte olduğu görülmektedir. Çünkü çözüm incelendiğinde öğrencinin; iki farklı sistem seçtiği anlaşılmaktadır (st1). Seçtiği birinci sistemin (kamyonun) kütleini 2000 kg ve 2. Sistemin (vagonun) kütleini de 250 kg olarak aldığı görülmektedir (st2). Kamyona etki eden net kuvveti

(180-T) ve vagona etki eden net kuvveti (T-10) ayrı ayrı bulduğu görülmektedir(st3). Çözümünde tek bir ivme geçmesinden öğrencinin hem kamyonun hem de vagonun ivmesini aynı aldığı anlaşılmaktadır (st4). Çözümde kamyon ve vagon için iki ayrı hareket denklemi görülmektedir (st5). Bu alt-işlemler incelendiğinde, öğrenci çözümünün “uzman teknik” olarak kodlanmasına karar verilmiştir.

*Pratik Teknik:* Bu tekniğin temelinde birden fazla hareketliden oluşan mekanik düzende, düzeneğin tümünü tek bir sistem (tek bir parça) gibi düşünmek yatmaktadır. Cisimlerin ip ile birbirine bağlı olduğu durumlarda bu tekniği kullanırken ipteki gerilme kuvvetleri sisteme göre bir iç kuvvet haline dönüşmekte ve Newton’un ikinci yasasının yazımında hesaba katılmamaktadır. Yavuz ve Temiz (2013)’e göre pratik teknik daha ziyade lise fizik ders kitaplarında kullanılmakla birlikte nadir de olsa üniversite ders kitaplarında da görülmektedir. Şekil 3’de 2. soruyu pratik tekniği kullanarak cevaplayan bir öğrencinin örnek çözümü verilmiştir.



Kamyonun çekmesi için uyguladığı kuvvet  $(200 - 20) = 180$

$$180 - 10 = 170$$

$$250 + 2000 = 2250 \text{ kg,}$$

$$F_{\text{net}} = m \cdot a$$

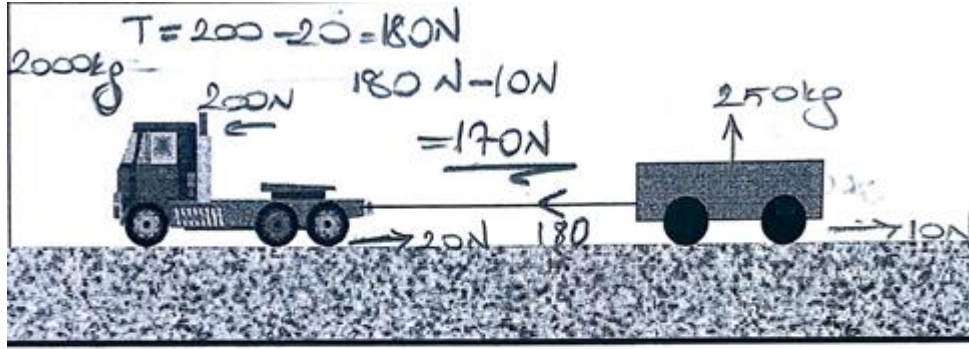
$$170 = 2250 \cdot a$$

$$a = \frac{170}{2250} = \boxed{\frac{17}{225}} //$$

Şekil 3. Pratik Tekniği Kullanan Bir Öğrencinin Cevap Kâğıdı.

Şekil 3’de verilen çözümde kullanılan tekniğin, pratik tekniğe karşılık gelmekte olduğu görülmektedir Çünkü çözüm incelendiğinde öğrencinin; kamyon ve vagonu bir bütün olarak ele aldığı anlaşılmaktadır (st1). Sistemin kütlelerini toplam kütle olan 2250 kg olarak yazmıştır (st2). İpteki gerilme kuvveti, ne matematiksel işlemlerde ne de şekil üzerinde görülmemektedir. Buradan hareketle öğrencinin ipteki gerilme kuvvetini, net kuvvet hesabında bir iç kuvvet olarak düşünüldüğü ve hesaba katılmadığı anlaşılmaktadır. Öğrenci net kuvveti, sistemin uçlarına etki eden kuvvetleri toplayarak (200-20-10=170N) hesaplamaktadır (st3). Çözümde tek bir ivme belirtmiştir (st4). Seçilen sistem için  $a = \frac{F_{net}}{\Sigma m} = \frac{170}{2250}$  ifadesi ile verilen tek bir hareket denklemi yazmıştır (st5). Bu alt-işlemler incelendiğinde, öğrenci çözümünün “pratik teknik” olarak kodlanmasına karar verilmiştir

*Odak Teknik:* Bu teknik öğrencilerin birden fazla parçadan oluşan düzeneklerde, ivme hesaplama problemlerini çözerken, sadece ivmesi sorulan parçaya odaklanıp diğer parçaların, kuvvetçe ve kütlece sisteme olan etkilerini göz ardı ettiği hatalı tekniktir (Yavuz ve Temiz, 2013). Bu tekniği kullanan öğrenciler hatalı sistem seçimi sonucunda doğru cevaba ulaşamamışlardır. Hiçbir ders kitabında rastlanılmayan bu hatalı teknik, çalışma grubunda en çok rastlanılan tekniktir. Şekil 4’de 2. soruyu odak tekniği kullanarak cevaplayan bir öğrencinin örnek çözümü verilmiştir.



$$a = \frac{F}{M} \quad a = \frac{170 \text{ N}}{250 \text{ kg}} \quad a = \frac{17}{25} \text{ N/kg}$$

Şekil 4. Odak Tekniği Kullanan Bir Öğrencinin Cevap Kâğıdı

Şekil 4’de verilen örnek öğrenci çözümünün odak tekniğe karşılık gelmekte olduğu görülmektedir. Çünkü öğrenci Newton’un ikinci yasasını düzenekte hareketine odaklandıkları (ivmesi istenilen) parça için sadece bir kere kullanmaktadır. Burada öğrencinin sistem olarak odak parçayı seçtikleri anlaşılmaktadır (st1). Öğrenci  $F=ma$  ifadesinde sadece hareketine odaklandığı parçanın (vagonun) kütleini (250 kg) belirtmekte (st2). Bu da öğrencinin vagonun ivmesini bulma işlem basamağında kamyonun etkisini dikkate almadan sadece vagona odaklandığının bir göstergesidir. Öğrenci odaklandığı parçaya (vagona) etki eden net kuvveti hesaplarken; önce kamyon için hareket yönündeki kuvvetten (200 N) harekete zıt yöndeki kuvveti (20N) çıkararak ipteki gerilme kuvvetini oldukça hatalı bir şekilde bulmaktadır (200-20 =180 N denkleminde). Daha sonra da 180-10=170N denkleminde anlaşıldığı üzere, bu kuvvetten vagona etki eden sürtünme kuvvetini çıkararak odak parçaya etki eden net kuvveti bulmaktadır (st3). Çözümde  $a$  sembolü kullanarak ifade edilen (vagonun ivmesi) tek bir ivme ifadesi geçmektedir (st4). Seçilen odak parça (vagon) için  $a = \frac{F_{netodak}}{odak \text{ kütle}} = \frac{170}{250}$

ifadesi ile verilen tek bir hareket denklemi yazmıştır (st5). Bu alt-işlemler incelendiğinde, öğrenci çözümünün “odak teknik” olarak kodlanmasına karar verilmiştir. Yukarıda örneklerle anlatılan uzman teknik, pratik teknik ve odak teknik olarak adlandırılan bu teknikler kullanılarak öğrenci çözümlerinin yaklaşık %98,3’ü analiz edilebilmiştir. Geri kalan %2,7’lik kısım ise ortak bir kodlama yapılamayacak derecede çeşitlilik göstermektedir. Öğrencileri hatalı çözüme götüren bu tip çözümler ise “diğer” kodu ile kodlanmıştır. Temiz ve Yavuz (2013), bu tekniklerden uzman ve pratik tekniği “ders kitabı teknikleri”, odak teknik ve diğer teknikleri ise “hatalı teknikler” olarak adlandırmıştır. Öğrenci çözümleri kodlanırken öğrencinin DSS’nin 2, 3 ve 4. sorularına (iki parçadan oluşan düzeneklerde, ivme hesaplama problemleri) verdiği cevaplar analiz edilmiştir. Cevpladığı tüm soruları aynı teknikle cevaplayan öğrenci o tekniğin kodu ile kodlanmıştır. Farklı soruları farklı teknikler kullanarak cevaplayan öğrenciler ise “karma teknikler” kodu ile kodlanmıştır. Öğrencilerin Newton’un ikinci yarasını uygulamayı bilip bilmediğini belirleme amacıyla, tek bir parça için oluşturulan DSS’nin 1. sorusu, bu analizler için kullanılmamıştır.

### **Veri Analiz Araçlarının Güvenirlik Çalışmaları**

Araştırmada öğrenci çözümlerinin kategorize edilmesinde yukarıda anlatılan ve tablo 2’de verilen teknikler ve alt-işlemler kullanılmıştır. Kullanılan bu analiz metodunun güvenilirliği, hakemler arası tutarlık metodu ile sınıanmıştır. Bu amaçla iki parçadan oluşan bir düzenekte ivme bulma problemlerini eksiksiz cevaplayan 20 öğrenci seçilmiştir. Seçilen bu öğrencilerin kâğıtları iki hakem tarafından yukarıda anlatılan analiz yöntemleri kullanılarak kodlanmıştır. Hakemlerin aynı öğrencilerin aynı maddelerine verdikleri kodlar, Kappa testi yapılarak karşılaştırılmış ve uyuşma oranları incelenmiştir. Yapılan hakemler arası tutarlık analizlerinin sonuçlarına göre Kappa katsayıları; 2. Soru için 0,78, 3. Soru için 0,623 ve 4. Soru için ise 0,78 olarak hesaplanmıştır. Şencan (2005)’a göre Kappa katsayısı, 0,40 ile 0,75 arasında ise makul bir uyuşma, 0,75’den büyük ise mükemmel bir uyuşma olduğu anlamına gelir. Bu



Tablo 3’de sunulan veriler genel olarak incelendiğinde; öğrencileri hatalı sonuca götüren odak tekniğinin, en sık kullanılan (%62,8) teknik olduğu görülmektedir. Odak tekniği kullanan öğrencilerin okul türleri incelendiğinde, en çok genel lise öğrencilerinin (%71,8) bu tekniği kullandığı görülmektedir. Bunu takip eden Anadolu ve Fen Lisesi öğrencileri de yüksek oranlarda bu hatalı tekniği kullanmıştır. Odak tekniğinin kullanım sıklığı, sınıf seviyesi değişkeni bakımından incelendiğinde ise en çok 11. Sınıf öğrencilerinin (%77,5) bu tekniği tercih ettikleri görülmüştür. Veriler cinsiyet değişkeni bakımından incelendiğinde, kız öğrencilerin odak tekniği erkek öğrencilere göre daha sık kullandıkları tespit edilmiştir.

Öğrencileri doğru sonuca götüren tekniklerden biri olan pratik teknik çalışma grubundaki öğrencilerin %23,7’si tarafından kullanılmıştır. Bu tekniğinin kullanımı okul türleri bakımından incelende, en çok (%36,7) Fen Lisesi öğrencilerinin bu tekniği kullandıkları görülmektedir. Bu doğru tekniğinin genel lise öğrencileri tarafından kullanım oranı oldukça düşüktür (%9,7). Sınıf seviyesi bakımından incelendiğinde, pratik tekniği en yüksek oranda (%37) kullanan grup 12. sınıflardır. Veriler cinsiyet değişkeni bakımından incelendiğinde, pratik tekniğinin erkek öğrenciler tarafından daha büyük oranda kullanıldığı görülmektedir.

Öğrencileri doğru sonuca götüren tekniklerden en makbul olanı uzman teknik ise, sadece bir öğrenci tarafından kullanılmıştır (Bu öğrencinin çözümü Şekil 2’de verilmişti). Bu kız öğrencinin, Anadolu lisesi 10. sınıf öğrencisi olduğu tespit edilmiştir.

Tabloda “karma “teknikler” adıyla verilen durum, öğrencilerin bazı soruları pratik bazılarını ise odak teknik kullanarak cevapladığı durumları göstermektedir. Çalışma grubundaki öğrencilerin %10,5’i tüm soruları aynı teknikle cevaplamak yerine, farklı farklı teknikler kullanmayı tercih etmiştir.

## Öğrencilerin Başarısı

Öğrencilerin DSS'ye verdikleri cevapların doğruluğu betimleyici istatistiklerle analiz edilmiş, bu istatistikler Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Öğrenci Cevaplarının Sorulara Göre Dağılımı

Düzenek Tipi	DSS Soru No	Doğru		Yanlış		Boş		Toplam	
		f	%	f	%	f	%	f	%
Tek Parçalı	s1	338	89,7	33	8,8	6	1,6	377	100
	s2	102	27,1	229	60,7	46	12,2	377	100
İki Parçalı	s3	104	27,6	225	59,7	48	12,7	377	100
	s4	83	22,0	234	62,1	60	15,9	377	100

Tablo 4'deki verilere göre öğrencilerin büyük bir kısmı (yaklaşık %90'ı) sadece tek bir parçadan oluşan bir düzenekte, vagonun ivmesini bulma görevini doğrulukla yapabilmektedir. Ancak iki parçadan oluşan düzenekleri içeren diğer üç soruda farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır. Buna göre öğrencilerin büyük bir kısmı iki parçalı bir düzeneğin bir parçası olan vagonun ivmesini bulmada başarısız olmaktadır (bu soruları doğru cevaplama oranları %22 ile 27 arasında değişmektedir). Öğrencilerin vagonun ivmesini bulma görevindeki başarılarının tek parçalı veya iki parçalı sistemlerde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu farklılığın anlamlı olup olmadığını ortaya çıkarmak için eşli gruplar t-testi yapılmıştır. Analiz sonuçları tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Eşli Gruplar t-testi Sonuçları

	N	$\bar{X}$	S	t
Tek Parçalı Düzenek	333	0,97	0,16	28,612*
İki Parçalı Düzenekler	333	0,29	0,42	

\* p<0,05

Tablo 5'de sunulan istatistiklere göre öğrencilerin vagonun ivmesini hesaplama görevlerindeki başarıları tek ve iki parçalı düzenekler için istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklıdır. Buna göre tek parçalı düzenekte ivme hesaplamadaki başarı oldukça



yüksek (0,97) iken, iki parçadan oluşan düzeneklerdeki bir parçanın ivmesini bulmada başarı düşüktür (0,29). Bu ilginç durumu, okul türü, sınıf seviyesi ve cinsiyetler değişkeni için gösteren betimleyici istatistikler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Tek ve İki Parçalı Düzeneklerdeki Başarıları

		Okul Türleri			Sınıf			Cinsiyet		Toplam
		Anadolu Lisesi	Genel Lise	Fen Lisesi	10.	11.	12.	Kız	Erkek	
Tek Parçalı Düzenek	N	141	139	91	204	139	28	203	168	371
	$\bar{X}$	0,94	0,83	1	0,99	0,81	0,89	0,9	0,92	0,91
	s	0,25	0,38	0	0,12	0,4	0,31	0,3	0,27	0,29
İki Parçalı Düzenekler	N	140	103	90	204	102	27	181	152	333
	$\bar{X}$	0,29	0,2	0,39	0,34	0,16	0,37	0,27	0,32	0,29
	s	0,433	0,34	0,47	0,44	0,34	0,49	0,41	0,43	0,42

Tablo 6'da sunulan bulgulara göre öğrencilerin vagonun ivmesini hesaplamadaki başarıları tek ve iki parçalı düzenekler için farklılık göstermektedir. Okul türü, cinsiyet, sınıf seviyesi gibi değişkenlere bakılmaksızın genel olarak öğrencilerin büyük bir çoğunluğu tek bir parçadan oluşan düzenek için Newton'un ikinci yasasını uygulayarak hareketlinin ivmesini başarıyla hesaplayabilmektedir. Örneğin Fen Lisesi öğrencilerinin tamamı tek parçadan oluşan düzenek için ivmeyi hatasız hesaplamaktadır. Ancak bu başarılı tablo, aynı görev iki parçalı farklı düzenekler için verildiğinde, tersine dönmektedir. Okul türü, cinsiyet, sınıf seviyesi gibi değişkenlere bakılmaksızın genel olarak öğrencilerin büyük bir bölümü iki parçalı düzenekler için ivme hesaplama problemlerinde başarısız olmaktadır.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada toplanan verilere göre, araştırmaya katılan öğrencilerin büyük bir kısmı verilen düzeneklerde, sistemi oluşturan her bir parçanın ivmesinin sistemin ivmesine

eşit olacağı gerçeğini fark edememiştir. Öğrencileri bu yanılgıya götüren ve odak teknik olarak adlandırılan bu tekniğin sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. Odak teknik temel olarak parçaya odaklanarak sistemi tanımlayamama veya hatalı sistem seçiminden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada toplanan veriler odak tekniğin, özel şartlar altında ortaya çıkmış, bir grup öğrenciye özgü, özel bir teknik olmadığını göstermiştir. Bu sonuçları destekleyen bulgulara, Temiz ve Yavuz (2013) tarafından üniversite öğrencileriyle yapılan bir diğer çalışmada da rastlanılmıştır. Bu çalışmada odak tekniği tercih eden öğrencilerin bu tercihlerinin, mekanik konularındaki bilgi eksikliklerden veya mantıksal düşünme yeteneklerindeki sınırlılıklardan kaynaklanmadığı görülmüştür. Temiz ve Yavuz'a (2013) göre öğrencileri hatalı sonuca götüren odak teknik, araştırmacıların öğrenciyi yönlendirmesi ve uyarması ile ortaya çıkmayıp; öğrencide sağlam yapılar üzerine oturmuş bir tekniktir.

Compton (1970)'a göre tipik bir lisans fizik problemi, karmaşık bilgi alanlarını ve bazı matematiksel işlemleri kullanarak fiziksel niceliğin hesaplanması ile sonuçlanan çok sayıda adım içerir. Bu tip problemler ezberlenen basit formüllerin uygulanmasıyla da çözülebileceğinden, doğru cevaba ulaşmak kavramların anlaşıldığıнын bir göstergesi değildir. Bu çalışmada seçilen problem de ilk bakışta tipik bir fizik problemi gibi görünmektedir. Fizik ders kitaplarının mekanik ünitelerinde bu tip düzeneklere sıklıkla rastlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan soru setini, tipik örneklerinden farklı kılan sistemin ivmesi yerine sistemdeki bir parçanın ivmesinin hesaplanması görevinin verilmiş olmasıdır. Aslında bir uzman için, sistemin veya sistemi oluşturan bir parçanın ivmesi hesaplamak aynı işlem tipidir (Newton'un ikinci yarasını kullanarak bir mekanik problemini çözme işlem tipidir). Araştırmada elde edilen bulgular, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun çok parçalı mekanik sistemlerde ivme hesaplama problemlerini çözerken, ders kitaplarında önerilen teknikler yerine onları hatalı çözüme götüren bir tekniği sıklıkla kullandıklarını göstermiştir.

Bu çalışmada odak teknik; birden fazla parçadan oluşan düzeneklerde, ivme hesaplama problemlerini çözerken, sadece ivmesi sorulan parçaya odaklanılıp diğer parçaların, kuvvetçe ve kütlece sisteme olan etkilerinin göz ardı edilmesi olarak tanımlanmıştır.

Odak teknik, farklı kurumlarda öğrenim görmekte olan, kız-erkek ve her sınıf düzeyinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu tarafından tercih edilen odak tekniğinin ortaya çıkmasının altında yatan nedenler araştırılmalıdır. Bu bağlamda fizik ders kitapları, mekanik sistemleri işleyiş biçimleri, bölüm sonu mekanik problemleri, problemlerde verilen görevler ve önerilen çözüm stratejileri bakımından analiz edilebilir. Özellikle fizikte pek çok konuda adı geçen “Sistem” kavramının fizik ders programında ve ders kitaplarında ele alınış şekli araştırılmalıdır. Çünkü odak tekniği benimseyerek kullanan öğrencilerim, problem çözerken sistem seçemediği veya hatalı sistem seçtiği görülmüştür. Ayrıca öğretmen yapımı ve ulusal sınavlarda sorulan mekanik problemleri de analiz edilerek odak tekniğinin kullanılmasına neden olan faktörler araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

- Bolton, J., & Ross, S. (1997). Developing students' physics problem-solving skills. *Physics Education*, 32, 176.
- Balcı, A. (2004). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntem, teknik ve ilkeleri*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Chevallard, Y. (1992). Fundamental concepts in didactics : Perspectives provided by an anthropological approach. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), 131-168.
- Chevallard, Y. (1997). Familiale et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 17(3), 17-54.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 19(2), 221–266.
- Chevallard, Y. (2007). Readjusting Didactics to a Changing Epistemology. *European Educational Research Journal*, 6(2).
- Compton, C. A. (1970). Exercises are not problems. *The Physics Teacher*, 8, 235–240.
- Çalışkan, S., Selçuk, G. S., & Erol, M. (2012). Instruction of problem solving strategies: Effects on physics achievement and self-efficacy beliefs. *Journal of Baltic Science Education*, 9(1) .
- Dumas-Carré, A. (1981). Les controles en question. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 632, 865-869.
- Dumas-Carré, A., & Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris: Armand Colin/Masson.

- Guillaud, J.C. (1998). Enseignement et apprentissage du concept de force en classe de Troisième (Doktora tezi). Université Josphe Fourier Grenoble 1 France.
- Hallouna, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *Am. J. Phys.*, 53(11), 1056–1065.
- Hobden, P. (1998). *The Role of Routine Problem Tasks in Science Teaching*. International handbook of science education, 1, 219.
- Jonassen, D. H. (2010). Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments. Routledge.
- Karasar, N. (1994). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: 3A Araştırma Eğitim Danışmanlık Ltd.
- Leonard, W. J., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (1996). Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems. *Am. J. Phys.*, 64, 1495-150.
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S., & Somers, M. D. (1994). Research as a guide for teaching introductory mechanics: An illustration in the context of the Atwood's machine. *Am. J. Phys.*, 62(1), 46–55.
- McGinn, M. K., & Boote, D. N. (2003). A first-person perspective on problem solving in a history of mathematics course. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(1), 71–107.
- Mestre, J. P., Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Hardiman, P. T., & Touger, J. S. (1993). Promoting skilled problem-solving behavior among beginning physics students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 303–317.
- Reif, F., Larkin, H., & Brackett, G. C. (1976). Teaching general learning and problem-solving skills. *Am. J. Phys.*, 44(3), 212-217.
- Robardet, G., & Guillaud, J. C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques: de la recherche à la pratique*. Presses universitaires de France.
- Pretz, J. E., Naples, A. J., & Sternberg, R. J. (2003). Recognizing, defining, and representing problems. *The psychology of problem solving*, 30(3).
- Sağlam, A. (2004). *Les Équations Différentielles en Mathématiques et en Physique* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Université Josphe Fourier Grenoble 1 France.
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenilirlik ve geçerlilik*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Taşar, M. (2010). What part of the concept of acceleration is difficult to understand: the mathematics, the physics, or both? *ZDM*. doi:10.1007/s11858-010-0262-9
- Temiz, B.K. & Yavuz, A. (2013). Odak tekniğın ortaya çıkmasında etkili olabilecek bazı faktörlerin araştırılması: başarı, mantıksal düşünme yeteneğı ve işlem tipi sırası. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 9(4), 570-592.

- Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(2), 020101.
- Venturini, P., Calmettes, B., Amade-Escot, C., Terrisse, A., & others. (2007). Analyse didactique des pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée.
- Yavuz, A. (2007). *Stratégie de résolution d'exercice en mécanique du point matériel. Stratégie des enseignants et difficultés des étudiants de la première année universitaire: Exemple du problème de la machine d'Atwood* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Université Josph Fourier Grenoble 1 France.

### SUMMARY

*This study aims to identify students' difficulties related to calculating acceleration within the multi-object systems. In this context a question set called as Dynamics Question Set (DQS) that contains four open-ended questions was developed by authors. In DQS, there is calculating acceleration questions on four situations concerning trailer connected to a truck that moves under the constant force. In the first situation that is the simplest case the trailer move under constant force. In the second situation the same trailer is pulled by a truck under constant force. In third and fourth situations, there is an additional load on truck or trailer. In each situation students were asked to calculate only trailer's acceleration. DQS was administered to 377 high school students in Nigde city centre. Students' solutions were analysed according to praxeological analysis. A praxeological organisation defines what is a problem, how it can be solved as well as why it is solved in such a way.*

*Students' solutions were coded under three categories: (1) expert technique, (2) practical technique and (3) focused technique. Expert and practical technique are used in physics textbooks. However focused technique is constructed by students. Distribution of students' solutions according to gender, type of school and grade were analysed. The findings of these analyses are given below:*

1. *90 % of 377 students (338 students) applied Newton's second law without difficulties to one object system and calculate its acceleration. However the*

*majority of these students failed to calculate only one object in system. Only 25 % of 377 students correctly calculated this acceleration. So students' achievement depended on the type of task: calculate system acceleration or calculate acceleration of only one object in the system.*

2. *There was no significant difference between students' achievements at calculating acceleration of a single object and variables such as types of school, gender, and grade. Similarly, there was no significant difference between students' failure and types of school, gender, and grade.*
3. *The focused technique is an erroneous technique, so that is not taught in physics education. But this technique was widespread among students in calculating acceleration of only one object. Majority of students (63 % of students) used this technique in this type of task. Only one student used the expert technique.*

*The data collected in this study showed that the focused technique was not a proper problem solving strategy to a group of students and this technique was also not activated under specific conditions. It was also showed that the use of the focused technique did not depend on students' type of school, gender and grade. In the future studies, the underlying causes of the focused technique will be studied.*

### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın her aşamasında destek aldığımız Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.