



FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÖZEL GÖRELİLİK KURAMI İLE İLGİLİ PROBLEM ÇÖZME YAKLAŞIMLARI

PRE-SERVICE PHYSICS TEACHERS' PROBLEM SOLVING APPROACHES IN SPECIAL THEORY OF RELATIVITY

Özgür ÖZCAN*

ÖZET: Bu çalışma, fizik öğretmen adaylarının, özel görelilik kuramı ile ilgili problemlerin çözümüne yönelik, problem çözüme yaklaşımlarını belirlemek amacıyla yapılmış nitel bir araştırmadır. Öğrencilerle yapılan görüşmeler ve uygulanan problemler sonucunda elde edilen veriler nitel araştırma yöntemlerine göre analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, öğretmen adaylarının büyük bir kısmının problem çözüme yaklaşımlarının bilimsel ve stratejik çözüm yaklaşımı olmadığı ortaya çıkmıştır. Özellikle “benzer problem yaklaşımı” ve “formülde yerine koyma” kategorilerindeki öğrencilerin, araştırmada kullanılan problemi, daha önce derste çözümü yapılan problemlere benzeterek çözüme yoluna gittikleri ve/veya deneme yanılma yoluyla problem için uygun denklemler bulmak şeklinde bir çözüm yaklaşımı geliştirdikleri tespit edilmiştir. Üniversite düzeyinde, fizik eğitiminde özel görelilik konusuyla ilgili yapılan çalışmaların azlığı göz önüne alındığında, çalışmanın bu yönde yapılacak araştırmalara kaynak olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Fizik öğretmeni adayları, problem çözüme, özel görelilik ilkesi.

ABSTRACT: The aim of the study, which was designed as a qualitative research, is to determine the problem solving approaches of pre-service physics teachers in special theory of relativity. The data was collected through semi structured interviews and through problem solving tasks and was analyzed by using qualitative research method. At the end of the analysis process three categories were obtained. Especially the students in the second and in the third categories were seen to have developed a solution approach which includes solving the problem through finding a similar equation that seems to match the current problem and/or through trial and error. We think that this study might be a source material to other studies supposed to be done in the future, since the insufficient investigation was taken into consideration at undergraduate level related to the special theory of relativity

Keywords: Pre-service physics teachers, problem solving, special theory of relativity

1. GİRİŞ

21. yy'ın başlarında, fizik alanında giriş düzeyindeki derslerin (klasik fizik, elektrik ve manyetizma ve modern fizik) içeriği ile ilgili müfredat üzerine yapılan tartışmalar çoğunlukla 20. yy'daki entelektüel düşünceleri yansıtmaktadır. Fizik eğitimi araştırmaları bu tartışmalarda oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Öğrencilerin modern fizik kavramlarıyla giriş düzeyinde veya ileri düzeydeki derslerde karşılaşmalarından bağımsız olarak, hangi konularda başarılı oldukları ve yapılan öğretim sonucunda kavramları derinlemesine anlayıp anlamadıklarını tespit etmek oldukça önemlidir. Ayrıca öğrencilerin öğrendikleri kavramlar ile gündelik yaşantılarıyla özdeşleştirerek anlamlandırdıkları kavramlar arasındaki ilişkilerin analiz edilmesi ileri düzeydeki konuların öğretilmesine yönelik akıl yürütmeler için yararlı olabilir (Scher, Shafer & Vokos, 2001).

Problem çözüme stratejilerine yönelik yapılan ilk tartışmaların Pólya'nın (1945) “Nasıl Çözmeli?” (How to solve it?) adlı kitabına dayandığı söylenebilir. Bu kitapta, problem çözüme süreci ile ilgili dört farklı basamak örnekleriyle birlikte verilmiştir. Bu stratejilerin yanı sıra, alan yazında daha başka problem çözüme stratejileri tanımlanmıştır. Bu stratejiler; (1) döngüsel olmayan strateji (anti looping heuristic) (Davies, 2000), (2) araç-amaç analizi (Reed, 2007), (3) şekil çizmek, tablo veya liste oluşturmak (Malloy & Jones, 1998), (4) analitik strateji (Malloy & Jones, 1998), (5) benzer problemleri kullanarak çözüme (Reed, 2007), (6) birdenbire ortaya çıkan sonucu doğrulama (pop-up-verify) (Hammouri, 2003), (7) deneme yanılma stratejisi (Brunning, Schraw & Ronnig, 1995), (8) olası

* Öğr. Gör. Dr., Hacettepe Üniversitesi, e-posta: ozcano@hacettepe.edu.tr

çözümleri üretme ve doğruluğunu test etme (Jonassen, 1997), (9) ayrıştırma ve sadeleştirme (Jonassen, 1997).

Birçok fizik eğitimi araştırmacısı öğrencilerin kavramsal zorluklarına yönelik çalışmalar yaparken sınırlı sayıda araştırmacı da öğrencilerin nitel veya nicel problemleri çözme yeteneklerinin nasıl geliştirilebileceği ile ilgili araştırmalar yürütmektedirler (Heron & Meltzer, 2005). Aslında fizik derslerindeki öncelikli amaç, öğrencilerin bilgi ve birikimlerini kullanarak gündelik hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümü için yarar sağlayacak nitelikte çözüm stratejileri geliştirebilmeleri olmalıdır. Kavramsal anlama mı yoksa problem çözme becerilerinin geliştirilmesi mi daha önemlidir? Bu soru son zamanlarda fizik eğitimcileri arasında önemli bir tartışma konusu haline gelmiştir (Hoellwarth, Moelter & Knight, 2005). Buna karşın, alan yazın incelendiğinde öğrencilerin problem çözme yeteneklerini geliştirmek amacıyla yapılmış birçok araştırma bulmak mümkündür (Heler, Keith & Anderson, 1991; Heler & Hollabaugh, 1991; Thacker et. al, 1994; Hsu et. al, 2004; Meltzer, 2005). Bu alanla ilgili birçok araştırmada ise, öğrencilerin problemdeki verileri, bağıntılarda (formüllerde) yerine koyarak nicel türdeki problemleri çözebildiklerini ancak bilgi ve becerilerini, daha üst düzey problemlerin çözümü noktasına taşıyamadıklarını göstermiştir (Leonard, Dufresne & Mestre, 1996; Mazur, 1992; Kim & Pak, 2001). Yapılan bu araştırmalarda ortaya çıkan genel görüş, öğrencilere verilen eğitim ya onlara “fizikçi gibi düşünme” cesareti kazandıracak nitelikte olmalı ya da acemi problem çözücü olmaktan kurtararak uzman problem çözücü konumuna getirecek nitelikte olmalıdır. Bu doğrultuda Reif ve Heler (1982) tarafından uzman ve acemilerin problem çözme yeteneklerini karşılaştıran bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma neticesinde uzman ve acemi problem çözücüler arasındaki temel farkın, problemin çözümüne yönelik bilgilerini nasıl kullandıkları ve nasıl düzenlediklerinden kaynaklandığı görülmüştür. Yani konuyla ilgili bilgilerin düzenlenmesinde önemli farklılıklar görülmektedir. Uzmanlar öncelikle problemin nitel analizini yaparak ilgili denklemlere boğulmadan çözüm planını oluşturmaktadırlar. Buna karşın acemiler, sayısal verileri çoğu zaman problemle ilgisiz denklemlerde kullanarak çözüm ile ilgili zorluklar yaşamaktadırlar. Maloney (1994) tarafından yapılan başka bir araştırma da ise acemi problem çözücülerin çoğu zaman formülleri ezberledikleri ve bildikleri tüm formülleri çözüme ulaşıncaya kadar problem üzerinde denedikleri tespit edilmiştir. Walsh, Howard ve Bowe (2007) ise öğrencilerin temel fizik problemlerini çözme yaklaşımlarıyla ilgili değişik kategoriler belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre, öğrencilerin büyük çoğunluğu problemin çözümü sürecinde nitel analizleri yeterince kullanmamaktadırlar.

Alan yazın incelendiğinde özel görelilik ilkesi ile ilgili yapılan araştırmaların azlığı dikkat çekmektedir. Sınırlı sayıda araştırmacı tarafından yapılan araştırmalarda özel görelilik ilkesi kapsamında yer alan zaman, referans çerçeveleri, kütle, yoğunluk ve uzunluk kısalması kavramlarının anlaşılmasına yönelik öğrencilerin karşılaştıkları güçlükler ve kavram yanlışları tespit edilmiştir (Özcan, 2009; Sezgin Selçuk, 2010; Scherr, 2001; Scher, Shafter & Vokos, 2002). Araştırmaların büyük bir kısmı Galileo göreliliği ile ilgilidir (Panse, Ramadas & Kumar, 1994; Ramadas, Barve & Kumar, 1996). Yapılan bu araştırmaların çoğunda kullanılan veri toplama araçları (çoktan seçmeli sorular veya açık uçlu sorular) öğrencilerin görüşleri ve akıl yürütme becerilerini ortaya koyabilecek nitelikte olmadıkları gibi etkili öğretim stratejilerinin gelişmesine de yardımcı olamamaktadır. Bu nedenle, yapılan bu çalışmada problem çözme görevlerinin yanı sıra uygulama sonunda, öğrencilerle de yarı yapılandırılmış görüşmeler düzenlenmiştir. Bu çalışma, özel görelilik ilkesinde öğrencilerin karşılaşılabilecekleri temel problemleri ele alarak bu problemlere yönelik problem çözme yaklaşımlarını ve konuyla ilgili kavramlara yaklaşımlarını ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Bu noktadan hareketle aşağıdaki araştırma sorusuna cevap aranmıştır.

Fizik öğretmeni adaylarının özel görelilik ilkesindeki uzunluk, görelî hız ve referans çerçeveleri kavramlarıyla ilgili problemleri çözerken kullandıkları çözüm yaklaşımları nelerdir?

Üniversite düzeyinde, fizik eğitiminde özel görelilik konusuyla ilgili yapılan çalışmaların azlığı göz önüne alındığında, çalışmanın bu yönde yapılacak araştırmalara kaynak olabileceği düşünülmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Katılımcılar

Çalışmada amaçlı örneklem kullanılmıştır. Amaçlı örneklemin kullanılması, zengin bilgiye sahip olan durumların derinlemesine çalışılmasına imkân sağlamaktadır. Böylece çalışmanın odaklandığı sorular daha iyi aydınlanacaktır (Patton, 2002). Bu amaçla, Ankara'da bulunan bir devlet üniversitesinde öğrenim gören ve özel görelilik ilkesi konularının anlatıldığı modern fizik dersini başarıyla tamamlamış 34 fizik öğretmeni adayı belirlenmiştir. Katılımcılar, yaşları 21–23 arasında değişen 21 kız, 13 erkek öğrenciden oluşmaktadır. Çalışmada görüşmelerden yapılan alıntılarda öğrencilerin isimleri yerine A ve B gibi harfler kullanılmıştır.

2.2. Problem Seçimi

Çalışmada özel görelilik ilkesindeki uzunluk, zaman ve referans çerçeveleri gibi temel kavramları içeren iki problem kullanılmıştır. Katılımcılara yöneltilen açık uçlu sorular, araştırmacı tarafından özel görelilikle ilgili ders kitapları taranarak hazırlanmıştır (Bernstein, Fishbane & Gasiorowicz, 2000; Ünlü vd, 2006). Kullanılan problemlerden birincisi özel görelilik ilkesindeki uzay-zaman kavramıyla ilgili konuları temel alırken ikinci problem daha önceki çalışmalarda bu konu kapsamında hiç kullanılmamış bir problem olan hareketli cisimlerin hacimlerindeki değişmeyi temel almaktadır. Her iki problemin seçiminde de alan eğitimi uzmanlarından görüş alınmış ve problemlerin zorluk düzeylerinin öğrencilerin bilgi seviyelerine uygun olmasına özen gösterilmiştir. Her iki uzman tarafından yapılan değerlendirmeler neticesinde, öğrenciler tarafından yanlış anlaşılabilir ifade bozuklukları düzeltilerek problemler hem bilimsel hem de anlatım açısından anlaşılabilir bir şekle sokulmuş ve uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Çalışmada kapsamında kullanılan problemler aşağıdaki gibidir.

Görelî Roket Problemi: A ve B roketleri birbirlerine doğru hareket etmektedir. Yerde durgun halde bulunan bir gözlemci A roketinin boyunu 500m, hızını 0.8c olarak ölçerken, B roketinin boyunu 1000m ve hızını da 0.6c olarak ölçmektedir. (a) Roketlerin birbirlerine göre olan hızlarını bulunuz? (b) Yerde durgun olan bir gözlemci $t=0$ anında roketlerin ön kısımlarının çakışık olduğunu tespit ediyor. Roketlerin arka kısımlarının çakışık olduğu bir anda yerdeki gözlemcinin saati kaç saniyeyi gösterir? (c: ışığın boşluktaki hızı, $3 \cdot 10^8 m/s$)

Hareketli Küre Problemi: Hareketsiz ve $R_0 = 4cm$ yarıçapına sahip bir kürenin hacmi V_0 olarak verilmektedir. $V=0.8c$ sabit hızla x – eksenı boyunca hareket eden referans sistemindeki durgun bir gözlemci kürenin hacmini kaç V_0 olarak ölçer? (c: ışığın boşluktaki hızı, $3 \cdot 10^8 m/s$)

2.3. Verilerin Toplanması

Nitel veriler, öğrencilerin problemlere yönelik yaptıkları çözümler ve yarı-yapılandırılmış görüşmeler (Maxwell, 1996) sonucunda toplanmıştır. 2008–2009 bahar akademik yılı sonunda yapılan bu uygulama sınıf ortamında gerçekleştirilmiş ve yaklaşık 35 dakika sürmüştür. Problemlerin çözümü için araştırmacı tarafından süre sınırlaması yapılmamasına rağmen katılımcıların tamamı cevaplarını bu süre içinde tamamlamışlardır. Öğrencilerin çözüm sürecinde ortaya koydukları yaklaşımları derinlemesine araştırabilmek için problemleri doğru çözen (3 öğrenci), kısmen doğru çözen (3 öğrenci) ve çözüm yapamayan veya yanlış çözen (3 öğrenci) öğrencilerden rasgele toplam dokuz öğrenci seçilerek görüşmeler yapılmıştır. Görüşme sürecinde, sorulan sorulara karşı tarafın rahat, dürüst ve doğru bir biçimde cevap vermesini sağlamak görüşmecinin temel görevidir (Yıldırım & Şimşek, 2006). Bu rahatlığın sağlanabilmesi için yapılan görüşmelerde sorular açık ve yalın bir dil kullanılarak sorulmuş; görüşmelerden elde edilen bilgilerin öğrencilerin gerçek isimleri ile birlikte kullanılmayacağı, görüşmelerle ilgili olarak öğrencilerin herhangi bir değerlendirmeye tabi tutulmayacağı, elde edilen verilerin konuyla ilgili akademik çalışmalar dışında kullanılmayacağı konusunda katılımcılar görüşme öncesinde bilgilendirilmişlerdir. Görüşmelerin tümü araştırmacı tarafından birebir olarak gerçekleştirilmiştir. Veri kaybını önlemek için görüşmeler ses kayıt cihazıyla kaydedilmiştir. Görüşmelerin ortama süresi 20–25 dakikadır.

2.4. Verilerin Analizi

Katılımcıların problemlere yönelik çözümleri ve görüşme yoluyla toplanan veriler nitel araştırma yöntemlerinden biri olan içerik analizi yöntemine göre analiz edilmiştir (Strauss & Corbin, 1990). Toplanan verilerin analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle görüşme kayıtları araştırmacı tarafından yazılı metne çevrilerek analiz edilmiş ve çözüm yaklaşımları sınıflandırılarak kodlamalar yapılmıştır. Bağımsız bir araştırmacı tarafından aynı veriler belirlenen bu kodlar ışığında tekrar analiz edilmiştir. İki araştırmacı tarafından yapılan bu analiz sonunda kodlayıcılar arası güvenilirlik katsayısı (Cohen-kappa) 0.802 olarak hesaplanmıştır ($p=0.00<0.05$). Bu kodlamalar yapılırken, problemlerin çözümüne yönelik öğrenciler tarafından kullanılan fiziksel gösterimler (çizimler) ve çözüm sürecinde yapılan değerlendirmeler göz önünde bulundurulmuştur. Daha sonra öğrencilerin problemlere yönelik çözümlerini içeren cevap kağıtları veri analizinin ilk aşamasında belirlenmiş kodlara göre analiz edilmiştir. Belirlenen bu kodların düzenlenmesiyle kategoriler oluşturulmuştur. Aynı veriler araştırmacı tarafından bir ay sonra tekrar analiz edilerek ilk analiz sonunda belirlenen kategorilerle ikinci analizde elde edilen kategoriler arasındaki uyum hesaplanmıştır. Yapılan iki analiz sonucunda belirlenen kodlar arasındaki uyum % 0.90 olarak hesaplanmıştır. Bu yolla yapılan analiz neticesinde üç farklı kategori oluşturulmuştur. Bunlar: (1) *Bilimsel yaklaşım*, (2) *Benzer problem yaklaşımı*, (3) *Formülde yerine koyma*.

3. BULGULAR

Çalışmaya katılan 34 öğrencinin problem çözümünde kullandıkları yaklaşımlar analiz edilerek üç kategori oluşturulmuştur (Tablo 1). Tablo 1’de tüm kategoriler, bu kategorilerin oluşturulmasında kullanılan kodlar ve her bir kategorideki öğrenci sayısı görülmektedir.

Tablo 1: Öğrenciler Tarafından Geliştirilen Çözüm Yaklaşımları

Kategoriler	Alt Kategoriler (Kodlar)	Öğrenci Sayısı
Bilimsel yaklaşım	Problemin nitel analizi Çözüme yönelik plan oluşturma ve uygulama Çözümde kullanılacak kavramlara odaklanma Değerlendirme	12
Benzer problem yaklaşımı	Benzer örneklere dayalı analizler yapmak Problemdeki değişkenleri benzer örneklerdeki uyarlama Çözümde kullanılacak kavramlara odaklanma Değerlendirme	15
Formülde yerine koyma	Uygun denklem bulmaya dayalı nitel analiz Seçilen denklemin probleme uygunluğunu test etme Kavram ve değişkenleri belirleme	7

(1) *Bilimsel yaklaşım*

Bu yaklaşımı kullanan öğrenciler problemde yer alan fiziksel kavramları belirleyerek problemin nitel analizini yapmışlardır. Bu öğrenciler yaptıkları nitel analizi temel alan bir çözüm planı oluşturmuş, daha sonra çözümde kullanılacak olan gerekli değişkenleri yazmışlardır (Hareketli ve durgun referans çerçeveleri için uzunluk kısalması ve zaman genişlemesini veren dönüşüm denklemleri ve göreceli hız dönüşüm denklemleri). Böylece bu öğrenciler öncelikle problemde yer alan fiziksel kavramları temel alarak –sayısal çözümlere geçmeden– şekiller çizerek nitel saptamalar ve değerlendirmeler yapmışlardır (Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3).

Bu yaklaşımı kullanan öğrencilerin çoğunluğunun (12 öğrenciden 9’u) çözüm için gerekli olan bağıntılara aşına oldukları gözlenmiştir. Çünkü öğrenciler araştırmacı tarafından verilen ve problemin çözümünde gerekli olan bağıntıların yazılı olduğu notlara (formül kağıdı) gerek duymamışlardır.

Öğrencilerin bir kısmı (beş öğrenci) çözüm için problemle ilgili verileri kullanmalarına karşın işlem hatası veya kavramsal eksikliklerden kaynaklanan hatalar yüzünden doğru cevabı bulamamışlardır. Bunun en önemli nedeni çözüm sürecinde kullandıkları fiziksel gösterimleri (grafik çizme, problemi nitel ifadeye dönüştürme v.s.) yeterince etkili ve doğru kullanamamalarıdır.

$v_A = 0,8c$ $v_B = 0,6c$ a) Roketlerin birbirlerine göre hızları sorulduğu için ya A roketinde ya da B roketinde bir gözlemcinin olması gerekir.

$L_A = 500m$ $L_B = 1000m$

Roketlerin birbirlerine göre hızları v_R olarak alınırsa.

$$v_R = \frac{v_A + v_B}{1 + \frac{v_A v_B}{c^2}} = \frac{0,8c + 0,6c}{1 + \frac{0,8c \cdot 0,6c}{c^2}} = \frac{1,4c}{1,48} = 0,946c$$

Bulduğumuz bu sonuç mantıklıdır. Çünkü doğadaki en büyük hız ışık hızı olduğundan roketlerin birbirlerine göre olan hızı c 'den büyük çıkmıştır. Gözlemciyi A yerine B roketinde alsaydık sonuç değişmezdi. Yine $0,946c$ olurdu.

Şekil 1. Görelî Roket Probleminin “a” Şıkkı için Öğrenci Çözümü

b) $v_A = 0,8c$ $v_B = 0,6c$ Yüksek hızla hareket eden roketlerin boyları gözlemciye göre olduğundan daha kısa olacaktır. Öncelikle roket boylarını hesaplamak gerekir. Bu nedenle her roket için γ yı belirlemek gereklidir.

$L_A = 500m$ $L_B = 1000m$

Gözlemci

$t=0$

$$\gamma_A = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_A^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{0,36}} = \frac{5}{3} \rightarrow L_{A6} = \frac{L_A}{\gamma_A} = \frac{500m}{\frac{5}{3}} = 300m$$

$$\gamma_B = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_B^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{0,64}} = \frac{5}{4} \rightarrow L_{B6} = \frac{L_B}{\gamma_B} = \frac{1000m}{\frac{5}{4}} = 800m$$


Toplam = 1100m $t_{Gözlemci} = \frac{1100m}{(0,6c + 0,8c)} = \frac{1100m}{1,4c} = 261,9 \cdot 10^{-8} = 2,619 \cdot 10^{-6}s$

Şekil 2. Görelî Roket Probleminin “b” Şıkkı için Öğrenci Çözümü

Problemi çözebilmek için kullanılan fiziksel gösterimler doğru kullanıldıkları sürece sağladıkları görsel destek nedeniyle doğru çözüme ulaşmakta oldukça önemli bir yere sahiptirler

(Rosengrant, Heuvelen & Etkina 2006; Stylianou & Silver, 2004; Nunokawa, 2006). Problemi yanlış çözen beş öğrencinin de ortak noktaları fiziksel gösterimleri doğru kullanamamaları ve konuya yönelik kavramlarla ilgili güçlüklerle sahip olmalarıdır.

Hareketsiz sistemi S olarak alıp hareketli sistemde S' olarakatabilirsiniz.



Durgun Sistem x Hareketli Sistem x'

Durgun Hacim $V_0 = \frac{4}{3} \pi R_0^3$

S' sistemindeki gözlemci küreyi ters yönde hareketli görür. Lorentz dönüşümüne göre hareket yönündeki yarıçapı azalması gerekir. Böylece kürenin hacmi azalacaktır.

$$R_x = R_0, \quad R_y' = \frac{R_0}{\gamma} = \frac{R_0}{\sqrt{1 - (0.8c)^2/c^2}} = \frac{R_0}{\sqrt{1 - 0.64}} = \frac{R_0}{0.8} = 1.25 R_0$$

S' sistemine göre kürenin hacmi,

$$V_0' = \frac{4}{3} \pi R_0'^2 \cdot R_0' = \frac{4}{3} \pi R_0^2 \cdot \frac{0.8}{0.6} R_0 = 0.8 \pi R_0^3$$

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi R_0^3 = \frac{4}{3} \frac{V_0'}{0.8} = \frac{V_0'}{0.6} \rightarrow \boxed{V_0 = 0.6 V_0'}$$

Hareketli kürenin hacminin azalmış olduğunu görüyorsunuz.

Şekil 3. Hareketli Küre Problemi için Öğrenci Çözüm Örneği

Fiziksel gösterimleri doğru kullanan öğrencilerden bir kısmı (yedi öğrenciden üçü) çözüm için gerekli olan denklemleri doğru kullanarak sonuca ulaşmışlardır. Ancak diğer dört öğrenci referans çerçeveleri ile ilgili grafikleri doğru oluşturmalarına karşın problem için uygun denklem seçiminde başarısız olmuşlardır. Ters ve düz Lorentz dönüşümlerinin tamamı araştırmacı tarafından formül kağıdında karışık olarak verildiği için bu öğrenciler, problemin nitel analizi ve oluşturulan fiziksel gösterimlere uygun denklem seçiminde yanılığa düşmüşlerdir. Bu öğrenciler, problemin çözümü için gerekli olan kavramların birleştirilmesi, kullanılması ve kullanmak istedikleri denklemin probleme uygun hale getirilmesi noktasında güçlük yaşamışlardır. Bu güçlüklerin en önemli kısmını, problemdeki değişkenler ile fiziksel kavramlar arasındaki ilişkiyi doğru kuramamak oluşturmaktadır (örneğin, hangi referans çerçevesinde zaman genişlemesinin olacağı, hareketli ve durgun referans sistemlerinin seçimine bağlı olarak gözlemcinin hangi çerçevede bulunacağı gibi). Örneğin hareketli küre probleminde, katılımcılar ölçümü yapan gözlemcinin mi yoksa kürenin mi hareketli olacağına karar verememişlerdir. Aslında probleme hangi açıdan bakarsak bakalım, doğru dönüşümleri kullanırsak ve referans çerçevesini doğru seçersek problemin çözümü oldukça kolay hale gelmektedir. Ancak öğrenciler problem çözme yaklaşımlarının ilk iki basamağını eksiksiz yerine getiremedikleri için çözüm aşamasında oldukça zorlanmışlardır. Bu durumun bir sonucu olarak, bu öğrenciler çözüm neticesinde elde ettikleri sonuçları doğru değerlendirme yoluna gidememişlerdir. Değerlendirme aşamasında hatalı çözümü fark eden öğrenciler, problemi tekrar okuyarak çözüm için uygulanan

basamakları kontrol etmişlerdir. Bu aşamada öğrencilerin bir kısmı yapılan işlem hatalarını düzeltirken bir kısmı da çözüm için oluşturulan nitel analizi ve gerekli denklem ve kavramları gözden geçirmişlerdir. Hatalı çözümün nedeninin yanlış referans çerçevesi seçmek veya hatalı nitel analize dayalı çözüm planı oluşturmak olduğunu fark eden öğrenciler o anda gerekli düzeltmeleri yapmışlardır.

(2) Benzer problem yaklaşım

Bu kategoride bulunan öğrenciler, her iki problem ile ilgili çözümleri yaparken “uzunluğun göreliliği” ve “yüksek hızlarda zamanın yavaşlaması” gibi problemlerde kullandıkları çözümlerin benzerini uygulayarak çözüme ulaşmaya çalışmışlardır. Problemin çözümü için gerekli olan matematiksel ifadeleri ve değişkenleri derste veya önceden çözdükleri benzer problemdeki durumlara uyarlamaya çalışmışlardır. Bu öğrenciler problemin nitel analizini yapamadıkları için çözümü gerçekleştirecek bir planda ortaya koyamamışlardır. Bu nedenle verilen değişkenlere dayalı bir çözüm stratejisi geliştirememişlerdir. Görüşmeler sırasında yapılan derinlemesine sorgulamalarda öğrenciler çözüm süreci boyunca zamanlarının büyük bir kısmını benzer problemlerde kullandıkları denklemleri ve kullanım biçimlerini hatırlamaya çalışarak geçirmişlerdir. Görüşmelerden yapılan alıntılar, söz konusu bu durumu en iyi şekilde ortaya koyacak niteliktedir.

Öğrenci A: *Bir çubuğun boyunda meydana gelen kısalmaya benzer bir şeyler yapacağız ama tam olarak hatırlayamadım. Çünkü aynı formülleri [Lorentz dönüşümleri] kullanıyorduk sanki... Denklemlerin zaman kısımlarıyla işimiz olmuyordu (yüksek hızlarda meydana gelen zaman genişlemesinden bahsediliyor), ama küreyi hangi sistemde (referans çerçevesinde) düşünmek gerekiyor tam karar veremedim. Soruyu kafamda tam olarak canlandıramadım.*

Öğrenci B: *Roket sorusu özel görelilikteki eş zamanlılık problemleriyle aynı gibi görünüyor. Çünkü roketteki gözlemciye ve yerde durgun olan gözlemciye göre zaman farklı işleyecektir (ölçülecektir). Roketlerin olduğu sistemi hareketli referans siteminde meydana gelen olaylar olarak düşündüm ve denklemlerimi bu problemlerde kullandığımız gibi seçtim.*

Bu alıntıdan da görüldüğü gibi, problemin nitel analizinden yoksun bir çözüm öğrencilerin zihinlerindeki benzer problem algoritmalarının uygulanmasının ötesine geçememiştir. Verilen problemleri bu yaklaşımla çözmeye çalışan bazı öğrenciler, çözüm sürecinde problemlerdeki kavramlara yoğunlaşmak yerine benzer problem arayışına girdiklerinden dolayı soruları analitik olarak çözememişlerdir. Buna karşın öğrencilerden bazıları benzer problem çözümündeki süreçleri izleyerek doğru çözüme ulaşmışlardır. Ancak yapılan bu saptamalar başka problemlere dayandırıldığı için öğrenciler problemi anlamaya çalışmaktan ziyade sonucun doğru olup olmamasıyla ilgilenmek durumunda kalmışlardır. Görüşme sırasında araştırmacı tarafından problemin çözümü ile ilgili sorulan her sorudan sonra öğrenciler çözüm yaklaşımını değiştirme yoluna gitmişlerdir.

(3) Formülde yerine koyma

Bu kategoride bulunan öğrencilerin bir kısmı (yedi öğrenciden beşi) problemlerle ilgili nitel analiz ve çözüm planı oluşturamazken, bir kısmı da (yedi öğrenciden ikisi) yanlış veya problemle ilgili olmayan yaklaşımlar ve fiziksel gösterimler kullanarak çözüm üretmeye çalışmışlardır. Yedi öğrenciden beşi problemde verilen değişkenlere uygun formülleri yazarak problemi çözmek için denemeler yapmışlardır. Bu nedenle hem görüşmelerden hem de uygulamalardan elde edilen verilerin analizi ile elde edilen kodlamalar “formülde yerine koyma” adlı kategori altında toplanmıştır. Görüşmelerden yapılan bir alıntı aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı (A): *Yaptığın çözümü kısaca anlatır mısın?*

Öğrenci (Ö): *Tamam... Öncelikle hareketli küre sorusunu ele alalım. Kürenin hareket yönündeki yarıçapında bir değişme olacağı için uzunluk ile ilgili formülü kullandım. Problemde kürenin durgun haldeki hacmi verilmiş. R_x deki (kürenin x -ekseni doğrultusundaki yarıçapı) kısalmayı veren bağıntıyı formül kağıdından bakarak çözümlü yaptım.*

A: Peki, gözlemci hangi referans çerçevesinde bulunuyor?

Ö: Durgun olanda tabii ki...(düşünüyor). Küre hareket ettiği için (gözlemciyi) durgun olan referans sisteminde almak gerekiyor. Bu nedenle de ters Lorentz dönüşümlerini kullanmam gerekiyor (başlangıçta yazmış olduğu denklemi ters Lorentz dönüşümü olan denklemle değiştirdi).

A: Bu durumda kürenin hacmi artıyor mu azalıyor mu, ne dersin?

Ö: Bu denkleme göre azalması gerekiyor, çünkü bu yöndeki (x -ekseni doğrultusundaki yarıçap) yarıçap azalması lazım.

Bu yaklaşımı sergileyen öğrenciler, problem üzerinde yeterli muhakeme yapmazsınız uygun olduğuna inandığı bir denklemi seçerek çözüm işlemine başlamışlardır. Çözüm sonunda buldukları sayısal değerleri değerlendirmeksizin sonucu doğru olarak kabul etmişlerdir. Çözümün doğru olduğuna inanmalarının altında yatan düşünce ise “aksi durumda seçilen denklem düşündüğümüzden çok farklı sonuçlar verirdi veya bir sonuca ulaşamazdık” olmuştur.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma, fizik öğretmeni adaylarının özel görelilik ilkesindeki uzunluk, zaman ve referans çerçeveleri kavramlarıyla ilgili problemleri çözerken kullandıkları çözüm yaklaşımlarını ortaya koyan nitel bir araştırmadır. Araştırma sonuçlarına göre öğrencilerin özel görelilik konusuyla ilgili problemlerin çözümüne yönelik geliştirdikleri yaklaşımlar üç kategori altında toplanmıştır. Bu kategorilerden yalnızca ilki, öğrencilerin kavramları kullanım biçimleri ve matematiksel muhakemeler açısından problem çözüme stratejilerinin eksiksiz kullanımı olarak değerlendirilebilir. Diğer iki kategoriden “benzer problem yaklaşımı” kategorisi, benzer problem durumları kullanılarak yapılan çözüm yaklaşımını yansıtmaktadır. Üçüncü kategoride ise öğrenciler, araştırmacı tarafından verilen formül kağıdındaki denklemlerin problemlerde yer alan değişkenlere uygunluğunu test ederek çözüm oluşturmaya çalışmışlardır.

Birinci kategoride, öğrenciler problemleri çözerken Tablo 1’de verilen dört aşamayı sırasıyla uygulayarak çözümü gerçekleştirmişlerdir. Bu aşamalardan ilkinde öğrenciler tarafından problemin nitel analizi yapılmış, değişkenler belirlenmiş ve grafikler çizilerek problemin fiziksel gösterimleri oluşturulmuştur. Daha sonra öğrenciler belirledikleri değişkenleri ve oluşturdukları fiziksel gösterimleri çözüm için nasıl kullanacaklarını tasarlamışlardır (çözüm planı oluşturma ve uygulama). Bu kategoride bulunan öğrencilerin tamamı problemin çözümüne şekil çizerek başlama ihtiyacı hissetmişlerdir. Öğrencilerin problemin çözümüne bu şekilde başlamalarının en önemli nedeni soruyu daha iyi anlamak ve özetlemek şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca problemin çözümü için geliştirilen yaklaşımdaki hataları kolayca görebilmek ve yaptıklarını kontrol etmek için oluşturdukları fiziksel gösterimlere (grafik ve çizilen şekiller) zaman zaman geri dönmüşlerdir. Yapılan birçok araştırma, problemi çözebilmek için kullanılan fiziksel gösterimlerin doğru kullanılması öğrencilere görsel destek sağladığı için doğru çözüme ulaşmakta oldukça önemli bir yere sahip olduğunu göstermiştir (Rosengrant, Heuvelen & Etkina 2006; Stylianou & Silver, 2004; Nunokawa, 2006). Van Heuvelen (1991), uzmanların (fizikçilerin) problemlerin çözümü sürecinde yaptıkları gibi, öncelikle problem durumunun nitel olarak analiz edildikten sonra şekil ve grafiksel gösterimlerin kullanılmasıyla çözüme ulaşılması gerektiğini belirtmiştir. Walsh, Howard ve Bowe (2007) ise öğrencilerle uzmanlar arasındaki problem çözüm yaklaşımlarındaki en önemli farkın uzmanların problem durumunu gösteren fiziksel gösterimleri daha sık ve etkili kullanmaları olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca göze çarpan diğer önemli bir fark ise, kullanılacak denklemlerden ziyade uzmanların öncelikle problemle ilgili kavramlara yönelmeleridir.

Meltzer (2005) tarafından yapılan başka bir araştırmada, problemlerin çözümünde nitel analizlerin önemli bir etken olduğu ve öğrencilerin bu görsel ifadelerin kullanılmasında oldukça zorlandıkları tespit edilmiştir. Bu duruma benzer bir tespit yaptığımız araştırmada ortaya çıkmıştır. Birinci kategoride problemi yanlış çözen beş öğrencinin çözümü incelendiğinde konuya yönelik yetersiz bilginin yanı sıra fiziksel gösterimleri doğru kullanamamalarının etkisi olduğu görülmektedir. İşlem hatalarından kaynaklanan yanlış çözümler dışındaki diğer çözümlerde öğrenciler tarafından oluşturulan fiziksel gösterimler problemi daha da karmaşık duruma getirmiş ve bunun neticesinden

istenilen sonuçlara ulaşılamamıştır. Rosengrant, Heuvelen ve Etkina (2006) tarafından yapılan bir araştırmada, öğrencilerin bir problemin çözümüne ilişkin çizdikleri diyagramların doğruluğunun problemin çözülme olasılığını artırdığına vurgu yapılmaktadır. Doğru sonuca ulaşan öğrenciler çözüm sürecinde oluşturdukları fiziksel gösterimleri inceleyerek, probleme uygun fiziksel gösterim kullanıp kullanmadıklarını kontrol etmişlerdir.

Yapılan bu çalışma ile katılımcıların büyük bir kısmının problem çözme yaklaşımlarının bilimsel ve stratejik çözüm yaklaşımı olmadığı sonucuna ulaşılabilir. Özellikle ikinci ve üçüncü kategorideki öğrencilerin, derste çözümü yapılan problemlere benzetme yoluna giderek problemi çözmek ve/veya deneme yanılma yoluyla probleme uygun denklemi bulmak şeklinde bir çözüm yaklaşımı geliştirdikleri tespit edilmiştir. Bu çalışma neticesinde elde edilen kategorilerin, araştırma dışında kalan diğer öğrenciler içinde genellenmesi gibi bir sonucun çıkarılması söz konusu değildir. Ancak araştırma bulgularıyla yukarıda değinilen ilgili alan yazın arasındaki paralellik ve benzerlikler, öğrencilerin değişik konularla ilgili problemlerin çözümünde ortaya koydukları problem çözme yaklaşımlarını temel hatlarıyla yansıtıcı niteliktedir.

Yapılan bu araştırmaya benzer araştırmalar daha geniş öğrenci grupları veya değişik sınıf düzeylerindeki öğrencilerle yapılabilir. Bu sayede öğrencilerin üniversite eğitimi süresince değişik konularda problem çözme yaklaşımlarındaki değişimler tespit edilebilir. Aynı şekilde özel görelilik ilkesiyle ilgili problem tabanlı öğrenme yöntemini veya görsel öğelerle desteklenmiş öğrenme ortamlarını temel alan değişik etkinlikler hazırlanarak, bu öğrenme ortamlarının öğrencilerin problem çözme yaklaşımlarının gelişimine katkıları araştırılabilir. Ayrıca fizik derslerinin amaçlarından belki de en önemlisi, bilgi ve birikimlerini gündelik yaşama taşıyabilen ve analitik düşünme becerisini kazanmış bireyler yetiştirmek olduğu için, yapılan araştırmaların, öğrencilerin problem çözme yeteneklerinin geliştirilmesine yönelik artması oldukça faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Bernstein, J., Fishbane, P.M., & Gasiorowicz, S. (2000). *Modern Physics*, Prentice-Hall, USA.
- Bruning, R. H., Schraw, G. J. & Roning, R.R. (1995). *Cognitive Psychology and Instruction* (2ndEd.). Prentice-Hall:New Jersey
- Davies, S.P. (2000). Memory and planning processes in solutions to well-structured problems. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53A(3), 896–927.
- Hammouri, H. A. M. (2003). An Investigation of Undergraduates' Transformational Problem Solving Strategies: cognitive/metacognitive processes as predictors of holistic/analytic strategies. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 28(6).
- Heler, P. & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60, 637–644.
- Heller, P., Keith, R. & Anderson, S. (1991). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics* 60, 627–636.
- Heron, P. & Meltzer, D. (2005) The future of physics education research: Intellectual challenges and practical concerns. *American Journal of Physics*, 73, 390–394.
- Hoellwarth, C., Moelter, M. J. & Knight, R. D. (2005). A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms. *American Journal of Physics* 73, 459–462.
- Hsu, L., Brewster, E., Foster, T. M. & Harper, K. A. (2004). Resource Letter RPS-1: Research in problem solving. *American Journal of Physics*, 12, 1147–1156.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional Design Models for Well-Structured and Ill-Structured Problem-Solving Learning Outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45, 1, 65–94.
- Kim E. & Pak, S. J. (2001). Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *American Journal of Physics*, 70, 759–765.
- Leonard, W. J., Dufresne, R. J. & Mestre, J. P. (1996). Using qualitative strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems. *American Journal of Physics*, 64, 1495–1503.
- Malloy, C. & Jones, M. (1998). An investigation of African American students' mathematical problem solving, *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(2), 143–164.
- Maloney, D. P. (1994). Research on problem solving: Physics. In D. L. Gabel (eds). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York, NY, USA: Macmillan.

- Maxwell, J.A.(1996). *Qualitative research design: an interactive approach*. London: Sage Publications.
- Mazur, E. (1992). Qualitative vs. quantitative thinking: Are we teaching the right thing? *Opt. Photonics News* 3, 38–39.
- Meltzer, D. (2005). Relation between students problem solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73, 463–478.
- Nunokawa, K. (2006). Using drawings and generating information in mathematical Problem solving processes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(3), 33–54.
- Özcan, Ö., (2009). *Kuantum mekaniği ve görelilik öğreniminde karşılaşılan kavramsal ve matematiksel zorlukların araştırılması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Panse, S., Ramadas, J., & Kumar, A. (1994). Alternative conceptions in Galilean relativity: Frames of reference. *International Journal of Science Education*, 16(1), 63–82.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*, Sage Publication: USA
- Póyla, G.(1997). *Nasıl Çözmeli?*. (Çev. F. Halatçı). İstanbul: Sistem Yayıncılık. (Özgün kitap 1945’de yayımlanmıştır.)
- Ramadas, J., Barve, S. & Kumar, A.(1996). Alternative conceptions in Galilean relativity: Inertial and non – inertial observers. *International Journal of Science Education*, 18(5), 615–630.
- Reed, S. K. (2007). *Cognition: Theory and application*. USA: Thomson Wadsworth
- Reif F. & Heller, J. I. (1982). Knowledge structure and problem solving in physics. *Educ. Psychol.* 17, 102–127.
- Rosengrant, D., Heuvelen, A. V. & Etkina, E. (2006). “Case Study: Students’ Use of Multiple Representations in Problem Solving.” Paper presented at Physic Education Research Conference.
- Scherr, R. E., Shaffer P. S., & Vokos, S. (2001). Student understanding of time in special relativity: Simultaneity and reference frames. *American Journal of Physics*, 69 (S1), 24–35.
- Scherr, R., Schaffer, P. & Vokos, S., (2002). The challenge of changing deeply held student beliefs about the relativity of simultaneity. *American Journal of Physics*, 70, 1238–48.
- Scherr, R. E., (2001). An investigation of student understanding of basic concepts in special relativity, PhD Thesis University of Washington
- Sezgin Selçuk, G., (2011). Addressing pre-service teachers' understandings and difficulties with some core concepts in the special theory of relativity. *European Journal of Physics*, 32(1), 1-13.
- Strauss, A. L & Corbin, J. (1990). Basic of qualitative research: *Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Stylianou, D. A. & Silver, E. A. (2004). The role of visual representations in advanced mathematical problem solving: An examination of expert- novice similarities and differences. *Mahtematical Thinking and Learning*, 6(4), 353–387.
- Thacker, B., Kim, E., Trefz, K. & Lea, S. M. (1994). Comparing problem solving performance of physics students in inquiry-based and traditional introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 62, 627–633.
- Ünlü P, İnceç, S K, Budak M G ve Avcı D. E. (2006). *Fizik 4 (Modern Fizik)*, Ankara: Anı Yayıncılık.
- Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59, 891–897.
- Walsh, L. N., Howard, R. G., & Bowe, B. (2007). Phenomenographic study of students’ problem solving approaches in physics. *Phys. Rev. Spec.Top. Phys. Educ. Res.* 3, 1–12.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, (6.Baskı), Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Extended Abstract

Qualitative studies are of great importance in understanding “how” phenomena happen. Taking cue from here, the following research question was tried to be answered in order to put forth the solutions to the twin paradox problem:

“What are the pre-service physics teachers’ problem solving approaches to the problems included the conceptions of length, time and reference frames in special theory of relativity?”

The data was collected through semi structured interviews and through problem solving tasks and was analyzed by using qualitative research method. Under the light of the answers given to the questions, ten students were selected, and semi-structured interviews were done. The open-ended questions directed towards the participants were prepared by the researcher by scanning the literature and textbooks related to special theory of relativity. The questions were prepared open-ended in order to bring forth the opinions of pre-service physics teachers and in order to enable them to think more elaborately. These open-ended questions were evaluated by a group of two experts who have had academic studies in this field. Taking into consideration the views of the experts, some questions were

re-organized and were applied to the participants. In determining the students to be selected for the interview, purposeful sampling method, which is one of the sampling methods used in qualitative researches, was used (Yıldırım ve Şimşek, 2006). The questions of the interview were prepared in such a way that they would include the basic concepts of special theory of relativity and that they would be appropriate to the knowledge levels of students. Throughout the interview, it is the main responsibility of the researcher to make sure the participants answer the questions in a relaxed environment, and in an honest and correct way. In order to provide this, the questions were asked in an open and simple language; and the participants were informed beforehand that their real names would not be revealed, that they would not be subject to any evaluation concerning the interview, and that the data obtained from the interview would not be used for anything other than academic purposes. In order to prevent data-loss and to sustain data reliability, interviews were video recorded.

By analyzing the approaches used by the 34 participants, categories were made in a hierarchical manner. These are (1) Scientific approach, (2) Same problem approach, (3) Plug-and-chug. According to the results of the study, the solution approaches of students towards the special theory of relativity problems were collected under three categories. Only in the first one of these categories the approaches of students and their conceptual or mathematical reasoning can be considered as scientific. Among the other three, the “same problem approach” represents a solution approach that uses likening the problem to a similar one. In the third category, the students evaluated the problem by stating what formulas or type of formula will be used to solve the problem.

When the solutions of five students who had solved the problem incorrectly in the first category were examined, it was seen that in addition to an insufficient knowledge of the subject, there was also a lack of correct use of physical representations. In all solutions apart from the incorrect solutions which were the result of calculation errors, physical representations constructed by the students made the problem more complex, and as a result, students could not reach the intended solutions. According to the study conducted by the researchers Rosengrant, Heuvelen and Etkina (2006), it was emphasized that the correctness of the diagrams which students draw for the solution of the problem increases the possibility of solving the problem correctly. Students who solved the problem correctly returned to the question several times during the solution process, and they checked whether they used the appropriate physical representations.

With this study, it can be concluded that a great majority of the participant do not have a scientific or strategic solution approach. Especially the students in the second and the third categories were seen to have developed a solution approach which includes solving the problem through finding a similar equation that seems to match the current problem and/or through trial and error. It is not possible to extend the categories obtained through this study to the students who are out of the scope of this study. However, the parallelism and the similarities between the literature on the aforementioned area and the research findings are reflective of the problem solving approaches of students towards various problems. We think that this study might be a source material to other studies supposed to be done in the future, since the insufficient investigation was taken into consideration at undergraduate level related to the special theory of relativity.