



NWSA-Education Sciences
ISSN: 1306-3111/1308-7274
NWSA ID: 2015.10.2.1C0635

Status : Original Study
Received: January 2015
Accepted: April 2015

E-Journal of New World Sciences Academy

Ali Yıldız

Atatürk Üniversitesi, ayildiz@atauni.edu.tr, Erzurum-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2015.10.2.1C0635>

BOYUT ANALİZİ VE ÖĞRETİMİ

ÖZET

Bu çalışma, boyut analizinin öğretiminin; nasıl, ne tür örneklerle ve aktivitelerle daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebileceğini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın verileri, konuyla ilgili yayınlanmış kitap ve bilimsel makale gibi dokümanların, betimsel analiz yaklaşımına göre incelenmesiyle sağlanmıştır. İncelenen dokümanlara göre öğrenciler, sunuş yoluyla öğrendikleri konuların içeriğini kavrayabilmekte ve bu sebeple öğrenilecek konunun temel içeriğinin en son haliyle öğrenciye sunulması gerektiği ifade edilmektedir. Boyut analizinin öngörülen düzeyde öğrenilmesine katkıda bulunabilmek için sunuş yoluyla öğretim, öğrenme amaçlı yazma ile desteklenerek yedi aşamada gerçekleştirilebilecek bir yaklaşım önerilmiştir. Her aşamada neler yapılabileceği açıklanarak özellikle çalışmanın beşinci aşamasında verilen örneklerin; sunulan boyut analizi kavramının kurallarıyla birlikte kolay anlaşılmasını ve öğrenciler tarafından önceki bilgileriyle ilişkilendirilmesini sağlayacak nitelikte olduklarını ve bu nedenle onların kalıcı öğrenmenin gerçekleşmesine aracı olabileceği söylenebilir. Boyut analizinin öğretimi için önerilen yaklaşımın, fiziğin diğer soyut ve öğrenilmesi zor konularının öğretiminde de kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Temel Boyutlar, Boyut Analizi, Boyut Analizinin Öğretimi, Öğrenme Amaçlı Yazma, Doküman İncelemesi

DIMENSIONAL ANALYSIS AND ITS INSTRUCTION

ABSTRACT

This study was conducted to explore how to teach dimensional analysis effectively with what activities and examples. The data of the study were obtained from the documents such as books published on the topic and scientific articles examined using descriptive analysis. Regarding the documents analysed, students comprehend the content of the subject through lecturing and thus, it is stated that the essential content of the subject to be learnt should be presented to students with its final version. It is suggested that instruction through lecturing should be supported with writing to learn in order to make contributions to the instruction of dimensional analysis at an anticipated level, so an approach which will be performed in seven steps is recommended. What will be done in each step is explained and it can be stated that particularly the examples given in the fifth step of the study will be helpful to understand the dimensional concept presented easily with its rules and also they will enable students to make connections with their prior knowledge and therefore, they can be the means to realize permanent learning. It is anticipated that the approach recommended can be used to teach other abstract and difficult subjects of physics.

Keywords: Basic Dimensions, Dimensional Analysis, Instruction of Dimensional Analysis, Writing to Learn, Document Analysis



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Fizik, kimya ve mühendislikle ilgili tüm bilim dallarında yer alan bütün büyüklükleri ifade etmek için yedi temel büyüklük tanımlanmıştır. Her bir temel büyüklük fiziksel doğasına uygun bir temel boyutla temsil edilir. Mühendisliklerin farklı bilim dallarına yönelik hazırlanan ders kitapları ve benzeri dokümanlarda yedi temel büyüklük genelde yedi temel (ana) boyut olarak verilmektedir. Diğer bütün büyüklüklerin, yedi temel büyüklüklerden (boyutlardan) türetildiği ifade edilmektedir. O nedenle temel boyutların haricindeki tüm boyutlar türetilmiş ya da ikincil boyutlar olarak isimlendirilmektedir (Çengel ve Cimbala, 2008). Kabul gören yedi temel boyut; uzunluk, kütle, zaman, elektrik akımı, sıcaklık, madde miktarı (mol sayısı, parçacık sayısı) ve ışık şiddeti şeklinde sıralanmaktadır (LMTAθNC). Karşılaştığımız kuvvet, hız, momentum, frekans, hacim, iş, güç, elektrik yükü, elektriksel direnç, sığa, basınç, manyetik akı, indüktans ve entropi gibi diğer bütün büyüklükler; yedi temel boyuttan farklı birleşimlerinden ya da gruplarından türetilen büyüklüklerdir (Bueche ve Jerde, 2003). Dünyada ticaretin, bilimsel ve teknik bilgi transferinin, iletişimin, ulaşımın ve turizmin daha kolay yapılmasını sağlayacak, kısacası farklı ülkelerde yaşayan insanların birbirlerini daha kolay ve doğru anlamalarına katkıda bulunacak ortak birimlerin kullanılması gerekir. Kısaltması, SI olarak verilen Uluslararası Birim Sisteminde (Le Système International des Unités) yedi temel büyüklük için yedi standart birim kabul edilmiştir. Uzunluk için metre (m), kütle için kilogram (kg), zaman için saniye (s), elektrik akımı için amper (A), sıcaklık için kelvin (K), madde miktarı için mol (mol) ve ışık şiddeti için kandela (cd) standart birim olarak seçilmişlerdir.

Mekanikle ilgili bütün büyüklükler; uzunluk, kütle ve zaman temel boyutları ile ifade edilebilir. Uzunluk, kütle ve zaman temel boyutlarına sıcaklık temel boyutu eklenirse akışkanlar mekaniğiyle (LMTθ); uzunluk, kütle ve zaman temel boyutlarına elektrik akımı temel boyutu eklenirse elektrik ve manyetizmayla (LMTA) ilgili büyüklükleri ifade eden ya da türeten temel boyutlar takımı oluşur. Uzunluk, kütle, zaman, elektrik akımı temel boyutlarına sıcaklık temel boyutu eklenirse termodinamik (LMTAθ); uzunluk, kütle, zaman, elektrik akımı temel boyutlarına madde miktarı temel boyutu eklenirse atom ve molekül fiziği (LMTAN) bilim dalının büyüklüklerini ifade eden ya da türeten temel boyutlar takımı elde edilir (Koca, 1998; Çengel ve Cimbala, 2008).

Mekanikte maddenin, ilişkilerin, süreçlerin, olayların tüm tanımlamaları ve ölçümleri, sonunda üç temel büyüklük olan uzunluk, kütle ve zaman ölçümüne indirgenerek verilebilir. Bu nedenle uzunluğun, kütle ve zamanın; birim sistemlerinin temeli olmalarının yanında ayrı bir önemleri ve üç temel boyutu belirleme özellikleri olduğu söylenebilir (Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2008). Uzunluk, kütle ve zamanı belirtmek için kullanılan semboller, sırasıyla L, M ve T'dir. Bir fiziksel büyüklüğün boyutu [] köşeli parantezi kullanılarak gösterilmektedir (Serway ve Beichner, 2002). Fiziksel bir büyüklüğün boyutu, [L], [M] ve [T] temel boyutlarının cebirsel bileşimi olarak düşünüldüğünde fiziksel büyüklük; [L^xM^yT^z] şeklinde gösterilebilir. Yazılan x, y ve z üstel değerleri boyutun derecesini (ya da kuvvetini) göstermektedirler. Üsler (x, y ve z) pozitif tamsayı, negatif tamsayı veya kesir şeklinde olabilir. Üslerin sıfır olması boyutsuzluğun kanıtı olarak görülmektedir. Eşitliklerde (denklemlerde) yer alan orantı katsayıları (1/2, 1/3, 2, ... gibi çarpanlar) boyutsuzdur (Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2008). Yapılan açıklamalardan sonra v hızının boyutu [v] = [L/T] = L/T = LT⁻¹ olarak yazılabilir.



Fizikle ilgili problemlerin çözümü yapılırken genelde son derece faydalı ve etkili işlem olduğuna inanılan boyut analizinin kullanılması önerilmektedir. Boyut analizi; her zaman, her durumda kullanılabilir ve denklemlerin ezberlenmesini de en aza indirgeyebilir (Serway ve Beichner, 2002). Boyut analizi, boyutların cebirsel büyüklükler olarak ele alınabileceği gerçeğini kullanır (Serway ve Beichner, 2002). Ağaçlar, balıklar ve yumurtalar yan yana ya da alt alta yazılarak toplanamaz veya kırk ağaçtan yirmi yumurta çıkarılamaz. Çünkü farklı nesnelere. Benzer şekilde toplanacak, çıkarılacak, karşılaştırılacak veya eşitlenecek büyüklüklerin de aynı boyuta sahip olmaları gerekir. Bir başka ifade ile sadece aynı boyuta sahip büyüklükler; toplanabilir, çıkarılabilir, karşılaştırılabilir ya da eşitlenebilir (Ertaş, 1984; Serway ve Beichner, 2002; Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2008).

Fiziksel büyüklükler arasındaki ilişkileri ifade eden herhangi bir denklem tutarlı boyutlara sahip olmalıdır. Kısacası bir eşitliğin her iki tarafı aynı boyuta sahip olmak zorundadır. Bu basit kuralla, bir denklemin doğru yazılıp yazılmadığı kontrol edilebileceği gibi yapılan hesaplamalar için bir denetim de sağlanabilir (Ertaş, 1984; Serway ve Beichner, 2002; Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2008).

Fiziksel büyüklükler arasında var olan (bilinen) ya da merak edilen ilişkileri ortaya çıkarmak boyutsal analizinin önemli bir uygulaması olarak görülmektedir. Bilindiği gibi bir basit sarkaç, l uzunluğunda burulmamış, hafif (kütlesi ihmal edilecek kadar küçük), uzamayan (uzunluğu sabit) bir telin ya da ipin ucunda asılı m kütleli küçük bir küreden oluşur. Basit sarkacın T periyodunun, sarkacın ucunda asılı olduğu telin l uzunluğuna, salınım hareketi yapan küçük kürenin m kütesine ve gözlemin yapıldığı yerdeki g yerçekimi ivmesine bağlı olduğu sezgisel olarak düşünülebilir. Bir orantı katsayısı (boyutsuz bir sayı) olarak k kabul edilirse basit sarkaç için periyot ifadesi, sezgisel olarak tahmin edilen büyüklükler cinsinden;

$$T \propto k l^x m^y g^z$$

şeklinde yazılabilir (\propto işareti, orantılıdır anlamında kullanılır).

Orantı katsayısı k 'nin en son eşitlikte tekrar yerine yazılması kaydıyla bir kenarda bekletilebileceğinin düşünülmesi kolaylık sağlar. Orantı katsayısı k 'nin boyutsuz olması en sonunda işleme dâhil edilmesini mümkün kılar.

Yerçekimi ivmesi g 'nin boyutu $[g] = L/T^2 = LT^{-2}$ ile verildiği bilinmektedir.

$$[T] \propto L^x M^y (LT^{-2})^z \rightarrow [T] \propto L^x M^y L^z T^{-2z}$$

$$[T] \propto L^{x+z} M^y T^{-2z}$$

$$T^1 L^0 M^0 = L^{x+z} M^y T^{-2z}$$

$$(L^0 = 1 \text{ ve } M^0 = 1 \text{ olduğu bilinmektedir})$$

Bir eşitliğin her iki tarafında var olan aynı cins temel büyüklüklerin üsleri eşit olmalıdır. Bu kural gereği,

$$x+z=0, y=0 \text{ ve } 1=-2z$$

eşitlikleri görülebilir. Yazılan basit eşitliklerden üslerin değerleri, $y=0$, $z=-1/2$ ve $x=1/2$ olarak bulunur. Değerleri hesaplanan üslerden y 'nin sıfır olarak ($y=0$) bulunması sarkacın periyodunun sarkaç maddesinin kütesine bağlı olmadığını gösterir. Yani basit sarkaçla ilgili yazılacak formülde veya eşitlikte kütle (m) yer almamalıdır.

$$[T] \propto L^x L^z T^{-2z} \rightarrow [T] \propto L^x \frac{L^z}{T^{2z}} \rightarrow [T] \propto L^x \left(\frac{L}{T^2}\right)^z \rightarrow [T] \propto L^x (LT^{-2})^z$$

Bulunan x ve z değerleri son orantıda yerlerine yazılabilir.

$$T \propto L^{1/2} (LT^{-2})^{-1/2} \rightarrow T \propto \sqrt{L} 1/\sqrt{LT^{-2}} \rightarrow T \propto \sqrt{\ell} 1/\sqrt{g} \rightarrow T \propto \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Elde edilen son orantı basit sarkacın periyodunun; sarkacın uzunluğuna, yerçekimi ivmesine nasıl bağlı olduğunu ve sarkacın kütlesine bağlı olmadığını açıklar.

En son orantı ($T \propto \sqrt{\frac{l}{g}}$), T için yapılan ölçümleri doğrulayan; karekökün ($\sqrt{\frac{l}{g}}$) çarpıldığı boyutsuz "k" katsayısını vermez. Değeri bilinmeyen k orantı katsayısını bulmak için T'nin deneyle ölçülmüş değerinden faydalanılır. Basit sarkaç için yapılan birçok deneyde orantı katsayısının, $k=2\pi$ olduğu görülmüştür (Ertaş, 1984; Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2008).

$$T = k \sqrt{\frac{l}{g}} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Böylece çok bilindik bir denklem olan bir basit sarkacın periyodunun, hangi büyüklüklere ve nasıl bağlı olduğu boyut analizi yapılarak araştırılabileceği görülebilir. Aynı zamanda T için yazılan ifadenin (eşitliğin) doğruluğu, boyut analizi yaklaşımı ile kontrol edilebilir.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Bir eşitliğin doğru olması için her iki tarafının aynı temel boyuta sahip olması gerekir. Basit sarkacın periyodu için yazılan eşitliğin sol tarafı zaman boyutundadır. Sağ tarafının da zaman boyutunda olduğu gösterildiğinde denklemin doğruluğunun kontrol edilmesi gerçekleşir.

Eşitliği, boyut açısından kontrol etmek için denklemdeki yerçekimi ivmesinin (g) temel boyutunu L/T^2 (veya LT^{-2}) ve uzunluk boyutunu L olarak yerine yazalım. Kısacası basit sarkacın periyot denkleminin boyutsal şekli,

$$T = \sqrt{\frac{L}{LT^{-2}}} \text{ olarak yazılabilir.}$$

Uzunluk temel boyutunu gösteren L'ler sadeleşir.

$$T = \sqrt{\frac{1}{T^{-2}}} \rightarrow T = \sqrt{T^2} \rightarrow T = T$$

Her iki tarafın aynı temel boyuta sahip (zaman boyutunda) olduğu ortaya çıkarılır. Geline nokta basit sarkacın periyot ifadesi için yazılan eşitliğin doğruluğunun boyut analizi ile kontrol edilebileceği görülebilir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Boyut analizi, soyut ve üslü sayılarla ilgili kuralların bilinmesini (cebirsal bir alt yapıyı) gerektirdiğinden öğrencilerin öğrenme sürecinde zorlanabileceği bir konu veya kavram olabilir. Yapılan çalışmalar (Arons, 1990; Berg ve Brouwer, 1991; Yıldız, Büyükkasap, Erkol ve Dikel, 2007; Davarcıoğlu, 2009; Misić, Najdanović-Lukić ve Nesic, 2010; Yıldız, Büyükkasap ve Günel, 2011; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b; Yıldız, 2014b) genelde fiziğin soyut konularının öğretiminde başarının ve anlama düzeylerinin istenilen seviyede olmadığını göstermektedir. Benzer olumsuzlukların; boyut analizinin, öğrenilmesinde de yaşanabileceği öngörüldüğünden konunun öğretiminin daha önce belirsizlik ilkesi (Yıldız, 2014c) için önerilen bir yaklaşımla yapılması faydalı görülmektedir. Çalışma, boyut analizi kavramının öğretiminin; nasıl, ne tür örneklerle ve aktivitelerle daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebileceğini araştırmak amacıyla yapılmıştır.



3. YÖNTEM (METHOD)

Boyut analiziyle ilgili bu nitel çalışmanın verileri, konuyla ilgili yayınlanmış kitap ve bilimsel makale gibi dokümanların incelenmesiyle sağlanmıştır. Genelde nitel bir araştırmanın bulguları; görüşme, gözlem ve dokümanlarla toplanan verilerden oluşmaktadır (Merriam, 2013). Nitel araştırmalarda doküman incelemesi tek başına bir veri toplama yöntemi olarak kullanılabilir. Doküman incelemesi, araştırılması hedeflenen olaylar veya olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin analizini kapsar (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Araştırmacılar, görüşme ve gözlemlerle veri toplamak için deneklerin ya da katılımcıların iş birliğine ve uygun zamanlarının olmasına ihtiyaç duyarlar. Belgelerin incelenmesi, genelde istenilen herhangi bir zaman diliminde yapılabildiği ve engelleyici bir durumları olmadığı için araştırmacılara önemli derecede kolaylık sağlar. Veri toplamak için yapılan görüşmeler sırasında katılımcıların bir kısmı, araştırmacının varlığından veya kayıt için kullanılan cihazlardan dolayı rahatsız olabilir. Ama dokümanlar için bu tarz bir dezavantaj yoktur. Dokümanların incelenmesi, genelde ulaşılması fazla zaman almadağı, ucuz ve kolay olduğu için gözlem ve görüşmelere tercih edilmektedir. Kütüphanelerde bulunan her bir kitap, her bir dergi ve makale becerikli ve hayal dünyası geniş olan bir araştırmacı için hazır bilgi ve veri kaynağıdır (Merriam, 2013).

Resmi kayıtlar (doğum, ölüm, evlenme, polis, çeşitli kurum ve program kayıtları, nüfus sayımları; mahkeme kararları, noter belgeleri, anlaşmalar), mektuplar, günlükler, anılar, yaşam öyküleri, romanlar, şiirler, şarkılar-türküler, yazıtlar, fermanlar, toplantı kayıtları, gelişim raporları, gazeteler, makaleler, dergiler ve kitaplar gibi yazılı belgeler ile resimler, slaytlar, filmler, videolar, pullar, giyim-kuşam, araç-gereçler gibi görseller yaygın olan dokümanlar olarak nitelendirilmektedir (Sönmez ve Alacapınar, 2011; Yıldırım ve Şimşek, 2011; Merriam, 2013; Ekiz, 2013). Her türlü dokümana değil, araştırılan problem için gerekli ve birinci el olan belgelere öncelik verilmelidir (Sönmez ve Alacapınar, 2011; Keskin ve Yaman, 2014). Araştırmacıların (Yıldırım ve Şimşek, 2011) belirttiği gibi konusunun uzmanı kişiler tarafından gözden geçirilmiş, orijinalliği kontrol edilmiş, düzenlenmiş, organize edilmiş pek çok doküman (köşe yazıları, ders kitapları, örgütsel dokümanlar, yıllık raporlar, bilimsel çalışma raporları, makaleler, vb.) veri kaynağı olabilir ve bu dokümanların kullanılması nitel araştırmanın geçerliğini ve güvenilirliğini artırabilir.

Çalışmada; boyut analizi, boyut analizinin kuralları, uygulamaları ve yararları gibi bilgileri içeren kitaplar ve fizik konularıyla ilgili yapılmış bilimsel çalışmalar, betimsel analiz yaklaşımına göre incelenmiştir. Bir doküman incelemesi; dokümanlara ulaşma, orijinalliğin kontrol edilmesi, dokümanları anlama, veriyi analiz etme ve veriyi kullanma gibi beş aşamadan oluşur (Forster, 1995; akt.: Yıldırım ve Şimşek, 2011). Yapılan bir nitel çalışmada (Yıldız, 2012a), incelenen belgelerin; doküman incelemesinin belirtilen beş aşamasının ilk üç aşamasını kendiliğinden sağlamaları (bu çalışmada olduğu gibi) doküman incelemesi araştırmaları için önemli bir avantaj olarak nitelendirilmiştir.

4. BULGULAR VE YORUMLAR (FINDINGS AND REVIEWS)

Kavramların, ilkelerin, olguların, yasaların, sayılıtların, hipotezlerin, kuramların ve paradigmaların her biri; bilimsel bilgiyi oluşturan bileşenler olarak nitelenmektedir (Çepni, 2012). Kavramlar; olguları, objeleri, olayları, düşünceleri ve canlıları benzerliklerine göre gruplandırdığımızda bu gruplara verdiğimiz adlardır. Deneyimleri



sonucunda iki veya daha fazla varlık ortak özelliklerine göre bir arada gruplanarak diğer varlıklardan ayırt edilir ve bu grup zihnimizde bir düşünce birimi olarak yer eder. Bu düşünce birimini ifade etmek için kullandığımız sözcük ya da sözcükler birer kavramdır (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1997). De Cecco (1968), kavramı benzer özelliklere sahip olay, fikir ve objeler grubuna verilen ortak isim olarak tanımlamıştır. Aynı yazar kavramların yaşadığımız çevrenin karmaşıklığını azaltarak çevremizdeki ve dünyadaki objeleri tanınamıza yardımcı olduğunu belirtmektedir (Akt.: Erden ve Akman, 2012). Ülgen (2001) ise genel anlamda kavramı, insan zihninde anlaşılan, farklı obje ve olguların değişebilen ortak özelliklerini temsil eden bir bilgi formu olarak tanımlamaktadır.

Genelde bir kavram verilmeden önce kavramın; adı, tanımı, örnekleri, örnek olmayanları ve kritik örnekleri belirlenir. Bir kavramı diğer kavramlardan ayırt eden ve tüm örneklerinde bulunan özelliklerine kritik özellikler denir. Verilecek ilk örnek kavramın tüm özelliklerine sahip olmalıdır. Çünkü en iyi örneğin seçilmesinin, kavram öğretiminde başarıyı artırdığı düşünülmektedir (Erden ve Akman, 2012). Sunuş yoluyla öğretimin, daha az zaman alması, soyut konuların öğretiminde kavramların veya büyüklüklerin ve onların aralarındaki ilişkilerin öğrenilmesinde kolaylık sağlayıcı olduğu düşünüldüğünden tercih edildiği ifade edilmektedir (Erden ve Akman, 2012). Öğrencinin konu içeriğini kavramasını öncelikle sunuş yoluyla yapılan öğrenme sağlar (Ausubel, 1968; akt.: Altun, 2011). Öğrenilecek konunun başlıca içeriği öğrenciye son haliyle sunulur. Öğrenciden beklenen, konuyu anlaması ve kendi bilişsel yapısına katmasıdır. Böylece, öğrenci bilgiyi daha sonraki bir zamanda ya da süreçte üretmede, ilgili başka kavramları öğrenmede ve problemleri çözmeye kullanabilir (Schunk, 2009; akt.: Altun, 2011).

Yapılan çalışmalar (Piaget, 1947; akt.: Borghi, De Ambrosis ve Massara, 1993; Gagliardi, Gallina, Guidino ve Piscitelli, 1989; McDermott, 1990), başta lise ve üniversitedekiler olmak üzere genelde her düzeydeki öğrencilerin hız kavramını anlamakta zorluklar yaşadıklarını belirtmektedir. Arons (1990) ise hız gibi yaygın bazı nicelikleri anlamakta daha üst sınıflardaki öğrencilerin dahi zorlandıklarını vurgulamıştır. Bir başka çalışmanın (Yıldız, Büyükkasap, Erkol ve Dikel, 2007) örneğini oluşturan fen bilimleri öğretmen adaylarının, skaler ve vektörel büyüklüklerin temel özelliklerini, hızın bilimsel tanımını, sabit hızı, hız ile sürat arasındaki ilişkiyi anlamada zorluklar yaşadıkları; hızın sadece büyüklüğünün değişmemesi durumunda hızın sabit kaldığı şeklinde değerlendirildiği, doğrultu veya yöndeki değişimin hızı değiştirmede düşüncelerine sahip oldukları belirtilmiştir. Aynı çalışmada, öğrencilerin büyük oranda (%50,9) düzgün dairesel harekette hızın sabit kaldığını ve bu hareketin ivmesiz olduğunu ifade ederek büyük yanlışlıklar yaşadıkları görülmüştür.

Öğretmen adaylarının dairesel hareketi anlama düzeylerini belirlemek için yapılan bir araştırmaya (Yıldız, Büyükkasap ve Günel, 2011) katılan deneklerin, sürat kavramı ile hız kavramını tam olarak anlayamadıklarını çoğu zaman sürat yerine hızı kullandıkları görülmüştür. Çalışmada mekanik dersi almış öğretmen adaylarının, %35,6'sının düzgün dairesel hareketin bilimsel tanımını yapamaması, radyal ve teğetsel ivmenin yazılması beklenen dört özelliğinin hiçbir aday tarafından yazılmamış olması, radyal ve teğetsel ivmeyle ilgili soruların, %17,8 oranında cevapsız bırakılması öğretmen adaylarının dairesel hareketi anlama düzeylerinin istenilen seviyede olmadığını göstermiştir. Aynı çalışmada öğrencilerin genelde skaler ve vektörel büyüklüklerin temel özelliklerini tam olarak öğrenemediklerini ve bu



durumun, muhtemelen, öğrencilerin diğer fizik konularını anlamalarında zorluklar yaşamalarına neden olabileceği ifade edilmiştir.

Fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim gören 45 öğretmen adayının katıldığı bir çalışmada (Yıldız, 2014b), 42 öğretmen adayı; " $c=3.10^8\text{m/s}$ " sabiti için "ışık hızı" adlandırması yapmıştır. Işık hızı adlandırması yapan 42 öğretmen adayının 38'i (%84,5) "doğru çünkü hep böyle gördük, öğrendik ve kaynaklarda böyle geçiyor", "doğru" ve "doğru adlandırma" gibi gerekçelerle cevaplarını desteklemiştir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının, " $c=3.10^8\text{m/s}$ " sabitiyle ilgili ortaya çıkan görüşleri onların sadece yüksek oranda (%75,6) bir kavram yanılığısına sahip olmadıklarını aynı zamanda hız ve sürat kavramlarını yeterince ayırt edemediklerini ve bilmediklerini göstermektedir (Yıldız, 2014b).

Compton olayı, fotoelektrik olayı, belirsizlik ilkesi ve özel rölativite kuramı gibi konularla ilgili yapılan yarı deneysel çalışmaların (Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b) bulguları, öğretmen adaylarının; araştırılan konuları anlama düzeylerinin zayıf kaldığını ve deney grubundaki öğretmen adaylarının gerçekleştirdiği öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin (mektup ve özet) ilgili konuları öğrenmelerinde etkili olduğunu, deney ve kontrol grubunun sınıfta sonuçlarının ise nitel ve nicel olarak karşılaştırılmasıyla varılan sonucun ve yapılan sınavdaki başarı yüzdelerinin, deney grubunun lehine olduğunu göstermiştir. Gerçekleştirdikleri öğrenme amaçlı yazma etkinlikleriyle ilgili düşünceleri, sınıfta birlikte yöneltilen ek sorularla, yazılı olarak alınan öğrencilerin; %87,5'i Compton olayını, %91,7'si fotoelektrik olayını, %91,4'ü belirsizlik ilkesini ve %87,2'si özel rölativite kuramını anladıklarını ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin bu konuları öğrenmelerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Öğrencilerde, kavramsal değişimi kolaylaştırarak gerçekleştiren (Mason ve Boscolo, 2000), bilginin uzun süreli kalıcılığını sağlayan (Klein, 2000; Rivard ve Straw, 2000), öğrenciyi merkeze alarak, onu bilginin keşfedicisi ve yapılandırıcısı konumuna getiren öğrenme amaçlı yazma aktivitelerini kullanmak faydalı olacaktır (Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b). Doküman olarak incelenen araştırmaların bulguları, öğrenme amaçlı yazma etkinliklerinin boyut analizinin öğretiminde de kullanılabileceğini göstermektedir.

Boyut analizinin öğretimi, Yıldız (2014c) tarafından belirsizlik ilkesinin öğretimi için önerilen aşamalar takip edilerek gerçekleştirilebilir.

- I. İlk aşama, öğrencilerin kazanımlardan ve yapılacak işlemlerden haberdar edilerek öğrenmeye hazırlanması aşamasıdır (Erden ve Akman, 2012). Öğrencilerin, yeni konuya ilgilerini çekmek ve konuyla ilgili onlarda merak uyandırmak için bazı açıklamalar yapılabilir, tartışmaları için bir takım sorular sorulabilir. Boyut analizinin faydaları hakkında konuşulabilir. Yıldız'ın (2014c), belirttiği gibi kısacası öğrenci, sunulacak konudan ve öneminden, sağlanacak kazanımlardan bir şekilde haberdar edilir. "Size göre bir denklemin (eşitliğin, formülün) doğru yazılıp yazılmadığı nasıl kontrol edilebilir?" şeklinde düzenlenen açık uçlu bir sorunun birinci aşamada istenenleri kısmen sağlayabileceği öngörülmektedir.
- II. Öğrencilere, boyut analiziyle ilgili temel büyüklükler (boyutlar), kurallar, işaretler, semboller ve sabitler ($L, M, T, \theta, A, N, C, [], \alpha, L^0 = 1, L^x L^y = L^{x+y}, k, k=2\pi$ veya $k=1/2$) hakkında gerekli açıklamalar ya da hatırlatmalar yapılır.

- III. Yedi temel büyüklüğün (ana boyutun) isimleri, onları belirtmek için kullanılan sembolleri (LMTAӨNC) ve SI birim sisteminde her bir büyüklük için kabul edilen standart birimleri tahtaya yazılarak gerekli açıklamalar yapılır.
- IV. Yedi temel (ana) boyutun farklı birleşimleriyle oluşan boyut takımlarıyla temel büyüklüklerin haricindeki büyüklüklerin nasıl türetildiği, hız ve ivme büyüklüklerinin temel boyutlar cinsinden nasıl ifade edilebileceği açıklanabilir.
- V. Bilinen ya da karşılaşılan bir denklemin doğruluğu boyut analizi ile kontrol edilebileceği gösterilebilir. Basit sarkacın periyodu ($T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$) ve ilk hızsız düzgün hızlanan (sabit ivmeli) bir hareketlinin t saniyede aldığı yol ($x = \frac{1}{2}at^2$) için yazılan eşitliklerin doğruluğu kontrol edilebilir. Fiziksel büyüklükler arasında mevcut olan ilişkileri ortaya çıkarmak için boyut analizinin kullanılabileceği vurgulanarak düzgün dairesel hareket için radyal ivme ifadesinin hangi büyüklüklere nasıl bağlı olduğunu gösteren örnek çözülebilir. Yeşilyaprak (2014), sunuş yoluyla öğretimde anlatım ve konuşmaya verildiği kadar bol örnek kullanılmasına da ağırlık verilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Örnek: 1

- Kuvvet,
- İş (Enerji),
- Basınç,
- Elektrik potansiyel farkı,
- Elektriksel direnç,
- Sığa ve
- Manyetik alan şiddeti gibi türetilmiş büyüklükleri, temel büyüklükler cinsinden ifade ediniz?

Çözüm: 1

- Newton'un ikinci hareket yasasına göre kuvvet için "F = ma" eşitliği yazılabilir.
[m] = M ve [a] = L/T² oldukları bilindiğinden kuvvet,
[F] = ML/T² = MLT⁻² olarak ifade edilebilir.
- Sabit bir kuvvetin yaptığı iş, kuvvet vektörü (F) ile yerdeğiştirme vektörünün (Δx) skaler çarpımı olarak tanımlanır. Kuvvet ile yerdeğiştirme aynı yönlü ise sabit kuvvetin yaptığı iş, sadece kuvvetin büyüklüğü ile yerdeğiştirmenin çarpımına eşit olur ($\cos 0^\circ = 1$).
İş (Enerji) = w = F.Δx = F Δx cos0⁰ = F Δx
[w] = MLT⁻²L → [w] = ML²T⁻² = ML²/T²
- Basınç, birim yüzeye dik etkiyen kuvvet olarak tanımlanabilir. Ya da katı bir cismin ağırlığından dolayı üzerinde durduğu yüzeye uyguladığı basınç, cismin ağırlığının temas eden yüzeyine oranı olarak yazılabilir. Basınç= Ağırlık/Yüzey alanı (P = G/S).
[P] = [F] / [S] = MLT⁻²/L² = ML⁻¹T⁻² = M/LT²
- Elektriksel potansiyel (ΔV), birim yük başına düşen enerji ya da yapılan iş olarak tanımlanır (ΔV = w/q, q = iΔt).
[ΔV] = ML²T⁻²/AT = ML²A⁻¹T⁻³ = ML²/AT³
- Ohm Yasasına göre bir iletkenin direnci, onun uçları arasındaki potansiyel farkı (ΔV) ile üzerinden geçen akım şiddeti (I) cinsinden R = ΔV/I olarak yazılabilir.
[R] = ML²A⁻¹T⁻³/A = ML²/A² T³



- f) Sığa (kapasitans), elektrik yükünün (Q) potansiyel farkına oranı olarak tanımlanabilir.
Bir kondansatörün sığası (C), plakalarından biri üzerindeki elektrik yükünün (Q), plakaları arasındaki potansiyel farkına (ΔV) oranı olarak verilebilir ($C = Q/\Delta V$).
 $[C] = AT/ML^2A^{-1}T^{-3} = M^{-1}L^{-2}A^2T^4 = A^2T^4/ML^2$
- g) **B** manyetik alanında bulunan düz bir telden i akımı geçiyorsa telin ℓ uzunluğundaki kısmına etkiyen manyetik kuvvetin büyüklüğü, $F = Bi\ell \sin\alpha$ eşitliği ile verilir. Düz tel, **B** alanına dik olarak konulmuş ise manyetik kuvvet maksimum olur ($\sin 90^\circ = 1$ olduğundan). $F = Bi\ell \rightarrow B = F/i\ell$
 $[B] = MLT^{-2}/AL = M/AT^2$

Örnek: 2

Araştırmacı (meraklı) bir öğrencinin, r yarıçaplı yatay dairesel bir pistte aynı büyüklükte bir hızla aynı yönde hareket eden bir otomobilin hareketini gözlemiş olduğunu düşünelim. Öğrencinin, otomobilin ivmesinin; yörüngenin yarıçapına ve hızın büyüklüğüne bağlı olarak değiştiği kanaatine varmış olduğunu varsayalım. Orantı katsayısı k olmak üzere otomobilin ivmesi ile hızının büyüklüğü ve yörüngenin yarıçapı arasında nasıl bir ilişki olduğunu boyut analizini kullanarak açıklayınız?

Çözüm: 2

Verilere göre k boyutsuz orantı katsayısı olmak üzere ivme için $a = kv^x r^y$ ($a \propto kv^x r^y$) eşitliği yazılabilir. Boyutsuz orantı katsayısı (k) en son aşamada yerine yazılmak üzere bekletilebilir.

$$a = v^x r^y$$

Denklemin sol tarafının yani ivmenin boyutunun $[a] = LT^{-2}$ olduğu bilinmektedir. Yarıçapın $[r] = L$ uzunluk ve hızın türetilmiş bir büyüklük olarak $[v] = L/T$ boyutlarına sahip oldukları anımsanarak yerlerine yazılması gerekir.

$$LT^{-2} = (L/T)^x L^y \rightarrow LT^{-2} = L^x T^{-x} L^y \rightarrow LT^{-2} = L^{x+y} T^{-x}$$

Bir eşitliğin her iki tarafında var olan aynı cins temel büyüklüklerin üsleri eşit olmalıdır. Bu kural gereği, $x=2$ ve $x+y=1$ oldukları görülebilir.

Bulunan değer ($x=2$) yerine yazılırsa

$$2+y=1 \rightarrow y=-1 \text{ olarak bulunur.}$$

$$a = v^2 r^{-1} \rightarrow a = kv^2/r$$

Düzgün dairesel hareket için radyal ivmenin $a_r = v^2/r$ olarak türetilbildiği hatırlanıyorsa veya ivmenin değeri deneysel olarak ölçülüyorsa $k=1$ olduğu görülebilir. Böylece otomobilin ivmesi (radyal ivmesi) için $a_r = v^2/r$ eşitliğine ulaşılır.

Örnek: 3

Bir doğru boyunca ilk hızsız düzgün hızlanan (sabit ivmeli) bir hareketlinin t zamanda aldığı yol için yazılan eşitliğin ($x = \frac{1}{2}at^2$) doğruluğunu boyut analizi ile kontrol ediniz?

Çözüm: 3

Bir eşitliğin doğru olması için her iki tarafının aynı temel boyuta sahip olması gerekir. İlk hızsız sabit ivmeli hareketli için yazılan eşitliğin ($x = \frac{1}{2}at^2$) sol tarafı uzunluk boyutundadır. Sağ tarafının da uzunluk boyutunda olduğu gösterildiğinde denklemin doğru yazıldığı kanıtlanmış olur. Eşitliği boyut açısından kontrol etmek için denklemdaki ivmenin (a) boyutu L/T^2 (veya LT^{-2}) ve zaman (t^2)



boyutu T^2 olarak yerine yazılabilir. Kısacası ilk hızsız sabit ivmeli hareketli için yol denkleminin boyutsal şekli,

$$L = \frac{1}{2} L T^{-2} T^2$$

olarak ele alınabilir.

$T^{-2} T^2 = T^0 = 1$ ve 1/2 orantı sabiti ($k=1/2$) boyutsuz olduğundan

$$L = L$$

her iki tarafın aynı temel boyuta sahip (uzunluk boyutunda) olduğu ortaya çıkar. Böylece ilk hızsız sabit ivmeli bir hareketli için yazılan yol denkleminin doğruluğu boyut analizi ile kontrol edilebileceği görülebilir.

VI. Boyut analiziyle ilgili iyi örnekler ve problemler önce öğretmen tarafından açık, net ve kolay anlaşılır bir tarzda çözülür. Akabinde öğrencilerden boyut analizinin uygulamalarıyla ilgili farklı örnek ve problemleri çözmeleri istenir.

VII. Son aşamada, öğrenme amaçlı yazma aktiviteleri (mektup, özet, günlük, poster, makale,...) kullanılabilir. Bu aşamada öğrenme amaçlı yazma aktivitesi olarak mektubun kullanılmasının, özellikle mektubu etkili kılan koşulların sağlanmasıyla (Yıldız, 2014a), boyut analizinin kurallarının, uygulamalarının ve sağladığı avantajların öğrenciler tarafından kalıcı ve anlamlı bir şekilde öğrenilmesine büyük katkılarda bulunabileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Yapılan çalışma, yedi temel boyut, temel boyut takımları, türetilmiş büyüklükler, boyut analizinin temel kuralları, boyut analizinin uygulamaları ve sağladığı yararları nasıl daha kolay anlaşılır ve daha kalıcı bir şekilde öğretilebileceğini araştırmak için yapılmıştır. Sunuş yoluyla öğretim modeli ile öğrenme amaçlı yazmanın (Klein, 2000; Rivard ve Straw, 2000; Mason ve Boscolo, 2000; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b; Yıldız, 2014a) birlikte kullanılması sonucu yedi aşamada gerçekleştirilebilecek bir yaklaşım önerilmiştir (Yıldız, 2014c). Yıldız (2014c) tarafından belirsizlik ilkesinin öğretimi için önerilen yaklaşımın, boyut analizi kavramının temel kuralları, boyut analizinin uygulamaları ve sağladığı yararların öğretiminde de istenen başarıyı sağlayabileceği düşünülmektedir. Çünkü ilkelerin öğretimi ile kavramların öğretimi çok benzerlikler göstermektedir (Erden ve Akman, 2012; Yıldız, 2014c). Araştırmada önerilen örneklerin kısmen bilinen, basit ve kolay anlaşılır olmasına çalışılmıştır. Örneklerin, öğrencilerin ortaöğretimde karşılaştıkları ve muhtemelen anımsayabilecekleri eşitliklere (Newton'un ikinci hareket yasası, düzgün dairesel hareket için radyal ivme ifadesi,...) dayalı kurulması, önceki bilgileriyle ilişkilendirilmesi kalıcı öğrenmenin sağlanmasına aracı olabileceği sanılmaktadır.

Öğretmen adaylarının katıldığı bazı yarı deneysel çalışmaların (Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b) bulguları dikkat çekicidir. Gerçekleştirdikleri öğrenme amaçlı yazma etkinlikleriyle ilgili düşünceleri, sınıfta birlikte yöneltilen ek sorularla, yazılı olarak alınan öğrencilerin; %87,5'i Compton olayını, %91,7'si fotoelektrik olayını, %91,4'ü belirsizlik ilkesini ve %87,2'si özel rölativite kuramını anladıklarını ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin bu konuları öğrenmelerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin modern fiziğin soyut konularını öğrenmelerinde etkili olduğu düşüncesini belirten öğretmen adaylarının oranlarının, yüksek olması (%87,5; %91,7; %91,4 ve %87,2) gerçeğine dayanarak, öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin;

modern fiziğin konuları gibi boyut analizinin de kolay öğrenilmesini sağlayacak özellikte oldukları söylenebilir. Yıldız (2014a) tarafından yapılan "öğrenme amaçlı yazma aktivitesi olarak mektup ve etkili kullanımı" adlı çalışmada önerilen koşulların sağlanmasıyla birlikte yedinci aşamada aslına uygun bir şekilde gerçekleştirilecek yazma aktivitesinin (mektubun), boyut analizi kavramının ve kurallarının öğrenilmesine katkıda bulunarak başarı yüzdesini artırabileceği sanılmaktadır.

Çalışma için incelenen bazı dokümanlar (Arons, 1990; Berg ve Brouwer, 1991; Klein, 2000; Rivard ve Straw, 2000; Mason ve Boscolo, 2000; Serway ve Beichner, 2002; Yıldız, Büyükkasap, Erkol ve Dikel, 2007; Yıldız, Büyükkasap ve Günel, 2011; Erden ve Akman, 2012; Yıldız, 2012b; Yıldız, 2014a; 2014b, 2014c), bulgular ve yorum kısmında önerilen yedi aşamaya bağlı kalınması ve gereğinin yapılması durumunda boyut analizinin öğretiminin başarılı bir düzeyde gerçekleşebileceğini göstermektedir. Kavramların, bilimsel bilgi türlerinden biri olması (Çepni, 2012) onların öğretimini fen alanları özellikle fizik için önemli kılmaktadır. Yapılan çalışmanın neticesinde daha önce belirsizlik ilkesinin öğretimi için ortaya konan yaklaşımın (Yıldız, 2014c), mekanik ve fiziğin diğer bilim dallarının konularının öğretimi için de kullanılabilir nitelikte olduğu öngörülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Arons, A.B., (1990). A Guide to Introductory Physics Teaching. John Wiley, New York.
- Altun, S., (2011). Öğretim Stratejileri ve Sınıflamalar. S. FER (Ed). Öğrenme Öğretme Kuram ve Yaklaşımları (169-184), Ankara: Anı Yayıncılık.
- Berg, T. and Brouwer, W., (1991). Teacher Awareness of Student Alternate conceptions about rotational motion and gravity. Journal of Research in Science Teaching, 28(1), 3-18, Canada.
- Borghi, L., De Ambrosis, A., and Massara, C.I., (1993). Understanding average speed: a study on students aged 11 to 12 years. Physics Education. 28, 33-38.
- Bueche, F.J. and Jerde, D.A., (2003). Fizik İlkeleri-I (Çev. Ed.: K. Çolakoğlu), Düzeltilmiş ikinci Türkçe Baskı. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Çengel, Y. and Cimbala, J.M., (2008). Akışkanlar Mekaniği. Birinci Baskıdan Çeviri (Çev. Ed.: Tahsin Engin), İzmir: İzmir Güven Kitapevi.
- Çepni, S., (2012). Bilim, Fen, Teknoloji Kavramlarının Eğitim Programlarına Yansımaları. S. Çepni (Ed). Kuramdan Uygulamaya Fen Ve Teknoloji Öğretimi (1-32), Ankara: Pegem Akademi.
- Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, F., (1997). Fizik Öğretimi. YÖK / Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi. Ankara: YÖK Tarafından Yayımlanmıştır.
- Davarcıoğlu, B., (2009). Fiziksel Büyüklüklerin Karakterizasyonu Üzerine Bir Analiz. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 2(2), 57-61.
- Ekiz, D., (2013). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Erden, M. ve Akman, Y., (2012). Gelişim ve Öğrenme, 20. Baskı. Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- Ertaş, İ., (1984). Denel Fizik Dersleri, Cilt: 1, Dördüncü baskı. İzmir: Barış Yayınları.

- Fishbane, P.M., Gasiorowicz, S., and Thornton, S.T., (2008). Temel Fizik, Cilt 1, Üçüncü baskı (Çev. Ed.: Ü. Türkoğulları). Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- Gagliardi, M., Gallina, G., Guidino, P. and Piscitelli, S., (1989). Forze, Deformazioni, Movimento. Emme Ed., Torino.
- Keskin, Y. ve Yaman, E., (2014). İlköğretim Sosyal Bilgiler Programı ve Ders Kitaplarında Yeni Bir Paradigma: Çokkültürlü Eğitim. Turkish Studies, 9 (2), 933-960.
- Klein, P.D., (2000). Elementary Students' Strategies for Writing-to-Learn Science. Cognition and Instruction, 18, 317-348.
- Koca, M., (1998). Akışkanlar Mekaniği (242 s).Ankara: Palme Yayıncılık.
- Mason, L. and Boscolo, P., (2000). Writing and Conceptual Change. What changes? Instructional Science, 28, 199-226, Printed in the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mcdermott, L.C., (1990). Research and Computer-Based Instruction: Opportunity for Interaction. American Journal of Physics, 58, 452.
- Merriam, S.B., (2013). Nitel Araştırma: Desen ve Uygulama İçin Bir Rehber (Çev. Ed.: S. Turan). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Lmt. Şti.
- Misic, T., Najdanovic-Lukic, M. and Nesic, L., (2010). Dimensional Analysis in Physics and the Buckingham Theorem. European Journal of Physics, 31, 893-906. Doi:10.1088/0143-0807/31/4/019
- Rivard, P.L. and Straw, B.S., (2000). The Effect of Talk and Writing on Learning Science: An Exploratory Study. Science Education, 84, 566-593.
- Serway, R.A. and Beichner, R.J., (2002). Fen ve Mühendislik İçin Fizik-1, Beşinci Baskıdan Çeviri, Çev. ed.: Kemal Çolakoğlu. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sönmez, V. ve Alacapınar, F.G., (2011). Örneklendirilmiş bilimsel araştırma yöntemleri. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Ülgen, G., (2001). Kavram Geliştirme. Ankara: Pegem A Yayınları.
- Yeşilyaprak, B. ve Uçar, E., (2014). Öğrenmeden Öğretime. B. Yeşilyaprak (Ed). Eğitim Psikolojisi (309-368), 11. Baskı. Ankara: Pegem Akademi.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H., (2011). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, A., Büyükkasap, E., Erkol, M. ve Dikel, S., (2007). Fen Bilgisi Öğrencilerinin, Hız, Sabit Hız, Sürat ve Yer Değiştirme Kavramlarını Anlama Düzeyleri. Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi, 9(2), 1-12.
- Yıldız, A., Büyükkasap, E. and Günel, M., (2011). Öğretmen Adaylarının Dairesel Hareketi Anlama Düzeyleri. Journal of Qafqaz University: Philology and Pedagogy, 32, 97-103.
- Yıldız, A., (2012a). Letter as a Writing to Learn Activity and the Addressee. Mevlana International Journal of Education, 2(2), 1-10.
- Yıldız, A., (2012b). Prospective Teachers' Comprehension Levels of Special Relativity Theory and the Effect of Writing for Learning on Achievement. Australian Journal of Teacher Education, 37(12), 15-28. DOI:10.14221/ajte.2012v37n12.1.



-
- Yıldız, A., (2014b). Öğretmen Adaylarının " $C=3.10^8$ m/s" Sabitiyle İlgili Görüşleri. *The Journal Of Academic Social Science Studies*, 28 Autumn II, 28, 13-21. DOI:10.9761/JASSS2474.
 - Yıldız, A., (2014a). Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitesi Olarak Mektup ve Etkili Kullanımı. *Turkish Studies*, 9(5), 2097-2104. DOI:10.7827/TurkishStudies.6979.
 - Yıldız, A., (2014c). Belirsizlik İlkesi ve Öğretimi. *Turkish Studies*, 9(11), 603-612. DOI:10.7827/TurkishStudies.7359.
 - Yıldız, A. ve Büyükkasap, E., (2011a). Öğretmen Adaylarının Compton Olayını Anlama Düzeyleri Ve Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitelerinin Akademik Başarıya Etkisi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 1643-1664.
 - Yıldız, A. ve Büyükkasap, E., (2011b). Öğretmen Adaylarının Fotoelektrik Olayını Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Başarıya Etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 11 (4), 2259- 2274.
 - Yıldız, A. ve Büyükkasap, E., (2011c). Öğretmen Adaylarının Belirsizlik İlkesini Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Akademik Başarıya Etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 8(4),134-148.