

KESİT AKADEMİ DERGİSİ

ISSN: 2149-9225

The Journal of Kesit Academy

FİZİKSEL SABİTLERİN ÖĞRETİMİNİN
TARTIŞILMASI

DISCUSSION ON TEACHING PHYSICAL
CONSTANTS

Ali YILDIZ*




Makale Türü/ Article Information/ Информация о Статье: Araştırma Makalesi/ Research Article/ Научная Статья

Atıf / Citation / Цитата

Yıldız, A. (2021). Fiziksel Sabitlerin Öğretiminin Tartışılması. *Kesit Akademi Dergisi*, 7 (27), 378-385.

Yıldız, A. (2021). Discussion on Teaching Physical Constants. *The Journal of Kesit Academy*, 7 (27), 378-385.

 10.29228/kesit.51026

Geliş / Submitted / Отправлено: 22.04.2021

Kabul / Accepted / Принимать: 21.06.2021

Yayın /Published / Опубликованный: 25.06.2021

Bu makale İntihal.net tarafından taranmıştır. This article was checked by İntihal.net. Эта статья была проверена
Интихал.нет Bu makale Creative Commons lisansı altındadır. This article is under the Creative Commons license. Это
произведение доступно по лицензии Creative Commons.

*Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, ayildiz@atauni.edu.tr 

KESİT AKADEMİ DERGİSİ

ISSN: 2149-9225

The Journal of Kesit Academy

FİZİKSEL SABİTLERİN ÖĞRETİMİNİN TARTIŞILMASI*

DISCUSSION ON TEACHING PHYSICAL CONSTANTS

Prof. Dr. Ali YILDIZ

Öz: Çalışmanın amacı, Planck sabiti, ışığın boşlukta sürati ve elektron yükü gibi fiziksel sabitlerin öğretimini tartışmaktır. Çalışma, bir doküman incelemesidir. Bu nitel çalışmanın verileri, Planck sabiti (h), ışığın boşlukta sürati (c), elektron yükü (e) ve onların dâhil oldukları konular hakkında yayınlanmış bilimsel makaleler ve kitaplar gibi dokümanların incelenmesiyle sağlanmıştır. Bir fiziksel sabit, yer aldığı veya geçtiği ilgili konunun temel bir özelliği gibi düşünölmeli, öğretimi sürecinde önemi ve işlevi kavramsal olarak açıklanmalıdır. Fizik kitaplarında değeri üslü olarak verilen sabitlerin, konunun öğretimi esnasında en az bir kez ondalık sayı olarak veya günlük hayatta kullanılan haline uygun yazılması, öğrenciler üzerinde olumlu ve kalıcı etkiler bırakabilir. İncelenen dokümanlardan sağlanan bulgular, fizik derslerinde yapılan uygulama ve gözlemler, görölen örnekler, kazanılan deneyimler ve oluşun sezgiler doğrultusunda fiziksel sabitlerin öğretimleri sürecinde kolay ve doğru anlaşılmasının bazı koşulların sağlanmasıyla mümkün olabileceği iddia edilmiştir. Ortaya konulan koşulların, aynı zamanda bu çalışmanın önerileri olduğu belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fiziksel sabitler, Planck sabiti, ışığın boşlukta sürati, elektron yükü, doküman incelemesi.

Abstract: The purpose of the study is to discuss the teaching of physical constants such as Planck's constant, speed of light in vacuum, and electron charge. The study is a document review. The data of this qualitative study were obtained by examining documents such as Planck's constant (h), speed of light in space (c), electron charge (e) and published scientific articles and books on their subjects. A physical constant should be considered as a basic feature of the subject in which it is or is involved, and its importance and function in the teaching process should be explained conceptually. Writing the constants, whose values are given exponentially in physics textbooks, as a decimal at least once during the teaching of the subject or in

* "COPE-Dergi Editörleri İçin Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama İlkeleri" beyanları: Bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir. Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir. Statements of "COPE-Code of Conduct and Best Practices Guidelines for Journal Editors": No conflicts of interest were reported for this article. Ethics committee approval is not required for this article.

accordance with the daily life can have positive and lasting effects on students. In line with the findings obtained from the analyzed documents, the practices and observations made in physics lessons, the examples seen, the experiences gained and the intuitions formed, it has been claimed that the physical constants can be understood easily and correctly in the process of teaching physical constants by providing some conditions. It is stated that the conditions put forward are also the recommendations of this study.

Key Words: Physical constants, Planck's constant, speed of light in vacuum, electron charge, document review.

GİRİŞ

Kütle çekim sabiti, Coulomb sabiti, Boşluğun elektriksel geçirgenliği, Boşluğun manyetik geçirgenliği, Elektron yükü, Elektron kütlesi, Proton kütlesi, Nötron kütlesi, Avagadro sabiti, Işığın boşlukta sürati, Planck sabiti, Boltzmann sabiti gibi fizikte yer alan birçok evrensel değişmez bulunmaktadır (Halliday, Resnick & Walker, 2014; Mazur, 2016; Serway & Beichner, 2010; Young, Freedman & Ford, 2010). Belirtilen değişmezler arasında bulunan Planck sabitinin, ışığın boşlukta süratının ve elektron yükü sabitinin ilgili olduğu konuyla birlikte ele alınmasının ve öğretimi sürecine dair bazı iddiaların tartışılmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Sayısal değeri bazı sabitlere göre çok küçük olan Planck sabiti ($h = 6,62 \times 10^{-34}$ Joule · saniye), başlangıçta kuantum fiziğinin ortaya çıkışının tetikleyicisi veya başlangıcı sayılan ve siyah cismin ışınmasının açıklanması çalışmaları için 14 Aralık 1900'de ortaya konan eşitlikte yer almıştır. Planck değişiminin, 1900-1930 yılları arasında neredeyse kuantum fiziğiyle ilgili ortaya konan her denklem, eşitlik ve bağıntıda bulunması onun kuantum fiziğinin bir vazgeçilmezi olduğunu göstermiştir (Yıldız, 2015). Kara cismin ışınmasının açıklanmasından doksan yıl sonra çok daha teknolojik araçlarla yapılan ölçmelerde (1990'da COBE uydusu ile Büyük Patlamadan geriye kalan ışınımın tetkiki sürecinde) elde edilen değerlerin başlangıçta ortaya konan açıklamalarla mükemmel düzeyde uyum sağlaması Max Planck'ın kavrayışının çok derin (McEvoy ve Zarate, 2014) ve tutarlı olduğunu kanıtlamıştır. Deney sonucu aynı zamanda Planck'ın, "h" için uygun gördüğü sayısal değer ne kadar doğru olduğunu, o çok isabetli öngörünün h'yi ileriye dönük ve kalıcı bir parametre yaptığını göstermiştir (Yıldız, 2015).

Planck sabitinin sayısal değerinin çok küçük ancak sıfırdan farklı olmasının ($h \neq 0$) önemli olduğu, sıfır olması durumunda bir ateşin önünde veya yakınında oturmanın dahi mümkün olamayacağı ve bugün var olandan farklı bir evrenin varlığının tartışma konusu olabileceği iddia edilmiştir (McEvoy ve Zarate, 2014). Yıldırım (2012), $E = hf$ denklemi sadece bir enerji paketi ile bir dalga frekansı arasındaki ilişkiyi belirleyen bir eşitliği değil aynı zamanda fen bilimlerinde, yeni bir devrimin temel taşı olarak algılanması gerektiğini belirtmiştir. Denklemde E enerjisi, f ışınımın frekansını, h ise "Planck değişmezi" denilen sayıyı göstermektedir. Planck sabiti (h), herhangi bir ışınımın enerjisinin o ışınımın dalga frekansına oranını temsil etmektedir ($h = E/f$). Planck sabiti (h) gibi doğanın diğer bir temel değişmezi ışığın boşlukta

sürati olan “c” sabitidir ($c = 3 \times 10^8$ m/s).

Fen bilimleri öğretmen adaylarının, “ $c = 3 \times 10^8$ m/s” sabitiyle ilgili görüşlerini ortaya çıkarmak için yapılan bir nitel araştırmada (Yıldız, 2014) verilere, görüş formu ve doküman incelemesi gibi iki ayrı yoldan ulaşıldığı ifade edilmiştir. İlkinde eğitim fakültesi fen bilgisi öğretmenliği lisans programı üçüncü sınıfında öğrenim gören; 45 öğretmen adayının, “c” sabitiyle ilgili görüşlerini; eksik bilgidен, hatadan ve tahminden ayırt ederek geçerli ve güvenilir bir şekilde tespit etmek için üç aşamalı bir sorunun yer aldığı bir görüş formu kullanılmıştır. Diğer veriler; liselerin tüm sınıflarında ders kitabı olarak kullanılan fizik kitapları, ÖSYM’nin LYS’de sorduğu sorular, lisans programlarında yer alan fizik dersleri için hazırlanan ulusal ve uluslararası düzeyde kullanılan kaynak kitaplar gibi yazılı dokümanların incelenmesiyle sağlanmıştır. Araştırmaya katılan 45 fen bilimleri öğretmen adayının 42’si (%93,3’ü), “c” sabiti için “ışık hızı” adlandırması yapmıştır. Işık hızı adlandırması yapan 42 öğretmen adayının 38’i (%84,5) yazdıkları göreceli gerekçelerle cevaplarını desteklemiştir. Çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının ortaya çıkan görüşleri, onların “ $c = 3 \times 10^8$ m/s” sabitiyle ilgili yüksek oranda (%75,6) bir kavram yanılgısına sahip olduklarını göstermiştir. Ayrıca lise dokuzuncu, onuncu, on birinci ve on ikinci sınıf fizik kitaplarında, ÖSYM’nin LYS’de sorduğu sorularda, lisans programlarında yer alan fizik derslerinde öğretmen adaylarının yararlanmalarına yönelik hazırlanan ulusal düzeydeki kitaplarda “c” sabiti için “ışık hızı” gibi doğru olmayan bir adlandırma yapılmıştır. Uluslararası düzeyde kullanılan kaynak kitapların orijinalinde “Speed of light in vacuum” şeklinde adlandırılan “c” sabitinin, genelde Türkçeye “vakumda ışık hızı” veya “boşlukta ışık hızı” olarak tercüme edildiği ve bu hatalı çevirinin “c” sabiti ile ilgili yüksek oranda görülen kavram yanılgısının sebeplerinden biri olabileceği düşünülmektedir.

Fiziksel sabitlerin yer aldığı listeye bakıldığında göze çarpan diğer bir temel sabit elektron yüküdür. Elektron yükü (e); ortaokulda, lisede ve lisans programlarında “elektrik yükü ve özellikleri” konusu kapsamında karşılaşılan veya haberdar olunan bir değişmez olmasına rağmen öğrencilerin kavramsal olarak sıkıntılar yaşadığı temel bir doğa sabitidir. Çalışma grubunu ilköğretim matematik öğretmenliği lisans programı ikinci sınıfında öğrenim gören 45 öğretmen adayının oluşturduğu bir araştırmada (Yıldız, 2016) veriler, katılımcıların elektrik yükü ve özellikleri konusunu anlama düzeylerini tespit etmek için hazırlanan dört açık uçlu sorunun yer aldığı bir görüş formu kullanılarak toplanmıştır. Çalışmaya katılan öğretmen adaylarının, % 22,1’i bir cismin elektrik yükü ile yüklü olmasını, % 62,1’i uygun durumdaki nötr bir cismin elektrik yüklü bir cisim tarafından çekilebileceğini, % 60,0’ı elektrik yüküyle yüklü bir cismin topraklanmasını ve % 86,7’si elektrik yükünün kuantumlu olmasını açıklayamamıştır. Araştırmada çalışma grubuna elektrik yükü ve özellikleri konusunun ilköğretimde, ortaöğretimde ve üniversitede anlatılan temel bir konu olmasına rağmen öğretmen adaylarının konuyu anlamalarının istenilen düzeyde olmadığı çalışmanın bulgularına bakılarak görülebileceği ifade edilmiştir. Aynı araştırmada öğretmen adaylarının araştırmanın sorularına yazılı olarak verdikleri cevapların dikkatli incelenmesi sonucunda genelde elektrostatik kavramsal olarak onların zihinlerinde doğru ve anlamlı bir şekilde yapılandırılmadığının söylenebileceği ifade edilmiştir.

Mazur (2015)’a göre fizik konularının öğretiminde öğrencilerin sorabilecekleri sorular cevaplanacak tarzda kavramsal olarak konunun temelini oluşturan ana fikirlere odaklanmalı, denklemlere ve formüllere başvurulmadan büyük resim inşa edilmelidir. Bu fikirden hareketle

bir fiziksel sabit ilgili olduğu konunun temel bir özelliği veya parçası gibi ele alınmalı, önemi ve işlevi kavramsal olarak açıklanmalıdır. Çalışmada Planck sabiti (h), ışığın boşlukta sürati (c) ve elektron yükü (e) gibi fiziksel sabitlerin ilgili oldukları konuların temel bir bileşeni gibi görülmek, kavramsal olarak ele alınmaları ve öğretimlerinin bu doğrultuda tartışılması öngörülmektedir.

Çalışmanın amacı

Çalışmanın amacı, Planck sabiti (h), ışığın boşlukta sürati (c) ve elektron yükü (e) gibi fiziksel sabitlerin öğretimine tartışmaktır.

YÖNTEM

Çalışma, bir doküman incelemesidir. Bu nitel çalışmanın verileri, Planck sabiti (h), ışığın boşlukta sürati (c), elektron yükü (e) ve onların dâhil oldukları konular hakkında yayınlanmış bilimsel makaleler ve kitaplar gibi dokümanların incelenmesiyle sağlanmıştır. Merriam (2013)'a göre genelde bir nitel araştırmanın bulguları; gerçekleştirilen görüşmeler, yapılan gözlemler ve incelenen dokümanlar neticesinde ulaşılan verilerden sağlanabilir. Dokümanların incelenmesi, ulaşılması bakımından genelde fazla zaman almadığı, ekonomik ve kolay olduğu için gözlem ve görüşmelere tercih edilmektedir. Araştırmacılara (Yıldırım ve Şimşek, 2018) göre konusunun uzmanı kişiler tarafından gözden geçirilmiş, orijinalliği kontrol edilmiş, düzenlenmiş, organize edilmiş; köşe yazıları, ders kitapları, örgütsel dokümanlar, bilimsel çalışma raporları ve makaleler gibi dokümanlar veri kaynağı olabilir. Ve bu dokümanların kullanılması nitel araştırmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini artırabilir. Çalışmada ilgili dokümanlar, betimsel analiz yaklaşımına göre incelenmiştir.

BULGULAR

Bir fiziksel sabit, yer aldığı veya geçtiği ilgili konunun temel bir özelliği gibi düşünülmesi, öğretim sürecinde önemi ve işlevi kavramsal olarak açıklanmalıdır. Değeri üslü olarak verilen sabitin, konunun öğretimi esnasında en az bir kez ondalık sayı olarak yazılması, öğrenenler üzerinde olumlu ve kalıcı etkiler bırakabilir.

Planck sabitinin $h = 6,62 \times 10^{-34}$ Joule · saniye olan değeri üslü olarak verildikten hemen sonra “ $h = 0,00662 \text{ j} \cdot \text{s}$ ” şeklinde yazılması bir slayttın veya tahtanın bir satırını boydan boya kaplayacağı için dikkat çekebilir ve gerçekten ne kadar küçük bir sayı olduğu görülebilir. Ondalık olarak yazılan değere bakarak “Planck sabiti (h), bu kadar küçük mü?”, “Bu kadar küçük değeri olan bir sabit, nasıl bir işleve sahiptir?” sorularını soran, cevaplarını düşünen ve kafa yoran öğrenciler olabilir. Bir elektromanyetik dalğanın (ışığın) frekansının “ $h = 0,00662 \text{ j} \cdot \text{s}$ ” değeri ile çarpılması o elektromanyetik dalğanın enerjisini hesaplamayı sağlar, $E = hf$. Başka bir ifadeyle bir ışık kaynağından çıkan bir fotonun (elektro manyetik dalga paketinin) enerjisi “h” ile hesaplanır. Planck sabitinin bu kadar küçük bir değere sahip olması, elektro manyetik dalgaların frekansının genelde çok büyük olduğunu mu kanıtlar? Bireyin düşünerek kendi zihninde “evet, kanıtlar” cevabına ulaşması ve kavramsal olarak ifade etmeye çalışması, doğru anlaması bakımından önemlidir. Öğrencinin aynı zamanda Planck sabiti ile bir elektro manyetik dalğanın enerjisini hesaplamasının ne kadar kolay olduğunu düşünmesi ve görmesi beklenen etkiyi oluşturan bir diğer bileşeni sürece katar. Planck sabiti gibi bir fiziksel sabitin üslü yazılmasının akabinde

ondalık olarak verilmesi öğrencilerin zekâlarını kullanarak, var olan ilişkileri düşünmelerini, sorgulamalarını, sorulara bilimsel cevaplar bulmalarını ve nicelikler arası ilişkileri kavramsal olarak doğru ifade etmelerini sağlayarak onları derse, konuya veya öğrenmeye hazırlayabilir.

Öğrenciler genelde Planck sabiti ile ilk kez lise eğitimlerini aldıkları yıllarda karşılaşır. Doğal olarak lise öğrencilerinin üslü sayıları veya sayıların üslü gösterimini biliyor olmaları gerekir. Ancak sayıların öğrenme süreci düşünüldüğünde ondalık gösterim üslü gösterime nazaran daha erken yaşlarda yapılmaktadır. Bir dokümanda (Rancière, 2015) belirtildiği gibi bireyler, ana dilin öğrenildiği döneme yakın yaşlarda daha kalıcı öğrenmeler gerçekleştirebilir. O nedenle Planck sabitinin ondalık gösterimi daha etkili olabilir. Yani bir fiziksel sabitin değerinin ondalık gösterimi, üslü gösterimine nazaran öğrencilerin daha anlamlı ve doğru çıkarımlar yapmalarına ve asıl işlevini anlamalarına neden olabilir.

Işığın boşlukta sürati, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 'dir. Bu değer doğada bilinen, ölçülen ve rastlanılan en büyük sürattir. Bu büyüklükte sürate sahip olan başka bir parçacık veya nesne bilinmemektedir. Işığın adına foton denilen enerji paketlerinden yani elektromanyetik dalgalardan oluştuğu bilinmektedir. Gama ışınları (γ), x ışınları, mor ötesi ışınlar, görünür ışık, kızıl ötesi ışınlar, mikro dalgalar ve radyo dalgaları şeklinde enerjileri esas alınarak büyükten küçüğe doğru yapılan bir sıralamada yer alan dalgaların hepsi elektromanyetik dalgalardır (Halliday, Resnick ve Walker, 2015; Mazur, 2016). Her bir elektromanyetik dalganın enerjisi, frekansı ve dalga boyu farklıdır ancak hepsinin boşlukta sürati aynıdır, yani "c" sabitidir. Işığın boşlukta sürati olan "c" değeri bir elektromanyetik dalganın frekansı (f) ile dalga boyunun (λ) çarpımına eşittir ($c = f\lambda$). Boşluk için $f_{mor}\lambda_{mor} = f_x\lambda_x = f_\gamma\lambda_\gamma = c$ eşitliği yazılabilir. Yani bir elektromanyetik dalganın frekansı ile dalga boyunun çarpımı daima sabittir ve bu sabit değer $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 'dir. Işığın boşlukta süratini üslü şekilde verdikten hemen sonra "c = 300 000 000 m/s" olarak yazmak öğrenciler açısından daha etkili ve anlaşılır olabilir.

Elektronun yükü, Robert Millikan (1868-1953) ve çalışma arkadaşları tarafından 1909 ile 1917 yılları arasında yapılan birçok deney sonucunda $e = 1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb olarak ölçülmüştür (Bueche & Jerde, 2000; James, 2015). Yüksüz (nötr) bir cam çubuk, bir ipek parçasına sürtüldüğünde cam çubuktan ipek parçasına bir miktar elektron geçişi olur ve cam çubuk pozitif (+) elektrik yükü ile yüklenir. Nötr bir plastik çubuk bir kürk parçasına sürtüldüğünde, kürkten plastiğe bir miktar elektron geçişi olur ve plastik çubuk negatif (-) elektrik yükü ile yüklenir (Young, Freedman & Ford, 2010). Genelde iki cisim etkileştiğinde biri elektron verir diğeri elektron alır, elektron kaybeden pozitif, elektronları alan negatif elektrik yükü ile yüklenir. Cisimlerin elektrik yükü ile yüklenmesinde etkin olan durum elektron alış-verişidir. Pozitif yük protonun, negatif yük elektronun sahip olduğu elektrik yüküdür. Proton ve elektron aynı büyüklükte elektrik yüküne ($e = 1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb) sahiptir. Doğada bulunan en küçük elektrik yükü, bir elektronun sahip olduğu yüküdür. Dolayısıyla elektronun yükü "temel yük" olarak kabul edilir. Doğada elektrik yükünün (Q) daima temel yük birimi olan elektron yükünün (e) tam katları halinde bulunması ($Q = ne$, $n = 1, 2, 3, \dots$) elektrik yükünün "kuantumlu" olması olarak tanımlanır (Serway ve Beichner, 2000). Yani yüklü herhangi bir cismin üzerindeki elektrik yükünün (Q), elektron yükünün ($e = 1,6 \times 10^{-19}$ C) küsuratlı (rasyonel) katlarına (2,5e, 14,8e, 51,7e, ...) değil, tam katlarına (2e, 10e, 53e, 95e, ...) eşit miktarda bulunması elektrik yükünün kuantumlu olması özelliğidir. Elektrik yükü ve özellikleri konusunun doğal akışı içerisinde

elektron yükü (e) üslü olarak verildikten sonra " $e = 0,00000000000000000016 C$ " şeklinde ondalık yazılması faydalı olabilir. Doğal olarak hiçbir fiziksel sabitin değerinin ezberlenmesine gerek olmadığı belirtilmelidir.

Genelde her fizik sabitinin bilim insanlarının biyografileri gibi bir ortaya çıkış öyküsü vardır. İhtiyaç durumunda bu öykü hakkında konuşulması değişmez öğrenenlerin veya muhatapların zihinlerinde doğru ve hak ettiği düzeyde yer etmesini destekleyebilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Fiziksel sabitlerin, fizik kitaplarında yer alan çizelgelerde veya tablolarda sunulan değerleri genelde üslü olarak verilmektedir. Bir fizik probleminin çözümünde bir sabitin üslü halinin kullanılması işlem yapma kolaylığı sağlayabilir. Ancak günlük hayatta sayıların üslü yazılmış halleri karşımıza pek çıkmamaktadır. Satın alınan bir ürünün bedeli, alınan bir hizmetin karşılığı, bir restoran ücreti, çalışanların maaşları, ödenecek bir vergi borcu, bir muhasebe kaydı, bir banka havalesi gibi işlemlerde 2×10^4 TL şeklinde yazılmış bir sayı ile değil, 20 000 TL şeklinde yazılmış sayı ile karşılaşılmaktadır. O nedenle fiziksel sabitlerin değerlerinin günlük hayatta kullanılan sayılara uygun tarzda en az bir kere verilmesi veya yazılması sabitlerin kavramsal olarak doğru anlaşılması için önemli bir avantaj olabilir.

İncelenen dokümanlardan sağlanan bulgular, fizik derslerinde yapılan uygulama ve gözlemler, görülen örnekler, kazanılan deneyimler ve oluşan sezgiler doğrultusunda fiziksel sabitlerin öğretimleri sürecinde kolay ve doğru anlaşılmasının aşağıda belirtilen koşulların sağlanmasıyla mümkün olabileceği iddia edilmektedir. Ortaya konulan koşullar, aynı zamanda bu çalışmanın önerileridir.

1) Bir fiziksel sabit, ezberlenmesi gerekmeyen bir sayısal değer olmakla birlikte konunun temel bir özelliği veya bileşeni gibi algılanmalı, konu bütünlüğü içinde ele alınmalı, önemi ve işlevi kavramsal olarak açıklanmalıdır.

2) Genelde her fizik sabitinin bilim insanlarının biyografileri gibi bir ortaya çıkış öyküsü vardır. İhtiyaç durumunda bu öykü hakkında konuşulması, değişmez öğrenenlerin veya muhatapların zihinlerinde doğru ve hak ettiği düzeyde yer etmesini destekleyebilir.

3) Bir fiziksel sabitin değerinin fizik kitaplarında olduğu gibi üslü gösteriminin derste verilmesinin akabinde ondalık veya günlük hayatta kullanılan haline uygun yazılması, öğrencilerin daha anlamlı ve doğru çıkarımlar yapmalarına ve asıl işlevini anlamalarına yarayabilir. Ayrıca fiziksel sabitin değerinin ondalık veya bol sıfırlı olarak verilmesi, öğrencilerin dikkatini çekerek onları zekâlarını kullanmaya yöneltebilir. Zekânın etkin kullanıldığı bu süreç, öğrencilerin var olan ilişkileri düşünmelerine, keşfetmelerine, sorgulamalarına, sorulara bilimsel cevaplar bulmalarına ve nicelikler arası ilişkileri kavramsal olarak doğru ifade etmelerine sebep olabilir; onları derse, konuya veya öğrenmeye hazırlayabilir.

KAYNAKÇA

- Bueche, F. J. and Jerde, D. A. (2000). *Principles of Physics-2*, Sixth Edition (Çev., Edi.: K. Çolakoğlu). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Halliday, D., Resnick, R., ve Walker, J., (2014). *Fundamentals of Physics-2*, 9th Edition (Çev.: Bülent Akınoğlu ve Murat Alev). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Halliday, D., Resnick, R., ve Walker, J., (2015). *Fundamentals of Physics-3*, 9th Edition (Çev.: Bülent Akınoğlu ve Murat Alev). Ankara: Palme Yayıncılık.
- James, I. (2015). *Remarkable Physicists from Galileo to Yukawa* (Çev.: Sibel Erduman), 2. Basım. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Mazur, E. (2015). *Principles and Practice Physics-1*, 1th Edition (Çev. Edi.: Abdullah Verçin ve Ali Ulvi Yılmaz). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danış. Tic. Ltd. Şti.
- Mazur, E. (2016). *Principles and Practice of Physics-2*, 1th Edition (Çev. Edi.: Abdullah Verçin ve Ali Ulvi Yılmaz). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danış. Tic. Ltd. Şti.
- McEvoy, J. P. ve Zarate, O. (2014). *Quantum Theory*, 2007 Baskısından Çeviri (Çev.: Nedim Çatlı), İstanbul: NTV Yayınları.
- Merriam, S. B. (2013). *Qualitative Research A Guide to Design and Implementation* (Tran., Ed.: S. Turan). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Lmt. Şti.
- Rancière, J. (2015). *Cahil Hoca* (Çev.: Savaş Kılıç). İstanbul: Metis Yayınları.
- Serway, R.A. ve Beichner, R.J., (2010). *Fen ve Mühendislik İçin Fizik-1*, Beşinci Baskıdan Çeviri (Çev., Edi.: Kemal Çolakoğlu). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Yıldırım, C. (2012). *Bilimin Öncüleri*, 4. Baskı. İstanbul: Bilim ve Gelecek Kitaplığı.
- Yıldırım, A. ve Şimsek, H. (2018). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, On birinci Baskı. Ankara: Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A. Ş.
- Yıldız, A. (2014). Öğretmen adaylarının "C=3.10⁸ m/s" sabitiyle ilgili görüşleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 28 Autumn II, 28, 13-21. Doi:10.9761/JASSS2474
- Yıldız, A. (2015). Planck sabiti ve kuantum fiziği için önemi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Yıl: 3, Sayı: 19, 56-62.
- Yıldız, A. (2016). Discussion on the prospective teachers' understanding level of electric charge. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, Special Issue for INTE 2016, 731-736.
- Young, H. D. ve Freedman, R. A. & Ford, A. L. (2010). *Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics*, 12th Edition (Çev. edi.: Hilmi Ünlü). İstanbul: Pearson Education Yayıncılık Ltd. Şti.