

Examining Knowledge Levels of Prospective Physics Teachers Related to Conductors at Electrostatic Equilibrium and Electric Field Lines Using the Drawing Method

**Tuğba Taşkın, Gazi Education Faculty, ORCID ID: 0000-0002-8738-0012,
Pervin Ünlü Yavaş, Gazi Education Faculty, ORCID ID: 0000-0002-1125-5821**

Abstract

The purpose of this study was to investigate knowledge levels of prospective physics teachers related to conductors at electrostatic equilibrium and electric field lines. The descriptive model was preferred in line with the purpose of the study. The study group consisted of 44 prospective physics teachers, 34 females and 10 males, who were educated in the Gazi Physics Education Program. The participants had previously learned the electric field lines in their courses. The research data was collected using a drawing scale consisting of 3 sections prepared by the researchers. The students then were asked to explain their drawings. The answers of the students were applied descriptive analysis. According to the findings obtained from the analysis, the most commonly reflected property of electric field lines was "electric field lines do not intersect", while the least commonly reflected property was "electric field lines are drawn frequently at the pointed ends". Also, the prospective teachers were observed to confuse the electric field lines with the concept of load. In the drawings, it was determined that the objects were drawn at random on the area lines without paying attention to their load. The knowledge of the students was not based on scientific foundations.

Keywords: *electrostatic equilibrium, electric field lines.*



Inönü University
Journal of the Faculty of Education
Vol 21, No 1, 2020
pp. 118-137
DOI: 10.17679/inuefd.457413

Article type:
Research article

Received : 05-09-2018
Accepted : 31-01-2020

Suggested Citation

Taşkın, T. & Ünlü Yavaş, P. (2020) Examining Knowledge Levels of Prospective Physics Teachers Related to Conductors at Electrostatic Equilibrium and Electric Field Lines Using the Drawing Method, *Inonu University Journal of the Faculty of Education*, 21(1), 118-137. DOI: 10.17679/inuefd.457413

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Since the physics course usually involves abstract concepts, concretization is a commonly used method to teach abstract concepts. Models are among the most effective tools in this sense. The electric field lines model, which was developed by Faraday, is used to teach the electric field. The concept of the electric field is essential to teach electricity and magnetism. The foundation to teach other subjects is built upon the concept of the electric field. Hence, it is important that students understand the electric field correctly. For this reason, there is a need for studies which investigate how students perceive electric field lines, which play an important role when teaching the electric field. In line with this need, the purpose of this study was to investigate knowledge levels of high school students related to conductors at electrostatic equilibrium and electric field lines. Studies in the literature usually focus on knowledge levels of students related to the electric field concept. In this study, on the other hand, the focus was on their knowledge levels related to electric field lines. The study was limited to conductors at electrostatic equilibrium.

Method

The descriptive model, which is used to reveal an existing situation or situations as is was selected as the research method to investigate knowledge levels of the students related to conductors at electrostatic equilibrium and electric field lines. The study group consisted of 44 prospective physics teachers, 34 females and 10 males, who were educated in the Gazi Physics Education Program. The participants had previously learned the electric field lines in their courses. A scale called "Electric Field Lines Drawing Scale" consisting of 3 sections prepared by the researchers was used for data collection. The 1st section of the scale gives four different objects at electrostatic equilibrium and asks students to draw electric field lines for these objects. The objects include a positively charged hollow conducting sphere (2A), a positively charged solid conducting sphere (2B), a negatively charged hollow conducting sphere (2C), and a positively charged hollow conducting teardrop-shaped (due to parts with different radius of curvature) object (2D). In the 3rd section of the scale, students are given drawings of electric field lines for two different objects at electrostatic equilibrium including various mistakes. Firstly, the scale asks students to determine whether or not the drawings contain mistakes and mark the relevant option accordingly, and if they decide that the drawings contain mistakes, state the reason why. The objects include a negatively charged hollow conducting semi-sphere (3A), and a positively charged conducting heart-shaped (due to parts with different radius of curvature) object (3B). The data was evaluated using the descriptive analysis method. Each item in the drawing scale was evaluated separately for the investigated property. When a drawing was found to reflect the desired property, it was given "1" point. At this stage, two experts scored the drawings separately, and then discussed on disagreements. After the scoring was given its final shape, the total score was determined for each property, and this total score was divided by the highest possible score to calculate the success rate for each property. In qualitative studies, concepts of credibility, transferability, consistency, and confirmability are used instead of validity and reliability. In order to ensure credibility, each property of electric field lines was researched through multiple items of the scale. The students were asked questions about their drawings in order to avoid misinterpretations and ensure confirmability. Data triangulation was employed in the study; findings obtained from the scale were supported by questions asked to the students. The student selection was performed according to certain criteria and processes were described in as much detail as possible to ensure transferability. The study data was coded separately by two experts, and the agreement level between the experts was checked for consistency. The following formula was used to this end: "Reliability = [Agreement / (Agreement + Disagreement)]". 100% agreement was achieved at the end of this process.

Findings & Conclusion

According to the findings, the most commonly reflected property by the prospective physics teachers was Property 5, "Electric field lines do not intersect.", with 81.82%. The success rate of the students was 61.74% for Property 1 (The electric field within the conductor is zero), 38.64% for Property 2 (Electric field lines are perpendicular to the surface), 56.82% for Property 3 (Electric field lines are drawn from (+) charge to (-) charge). The lowest success rate (18.75%) was seen for Property 4 (Electric field lines are denser at pointed ends of a conductor). The findings of the study showed that the prospective physics teachers knew certain properties of electric field lines; however, they were not able to make sense out of them. When asked to

explain their drawings, it was observed that the students knew that the electric field was zero within the conductor; however, they were not able to reflect this knowledge in their drawings. Also, the prospective teachers were observed to confuse the electric field lines with the concept of load. In the drawings, it was determined that the objects were drawn at random on the area lines without paying attention to their load. The knowledge of the students was not based on scientific foundations. The role of everyday language in incorrect explanations of the students regarding their drawings was evident in our study as well.

Fizik Öğretmen Adaylarının Elektrostatik Dengedeki İletkenler ve Elektrik Alan Çizgileri Konusundaki Bilgilerinin Çizim Yöntemiyle İncelenmesi

**Tuğba Taşkın, Gazi Eğitim Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-8738-0012,
Pervin Ünlü Yavaş, Gazi Eğitim Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1125-5821**

Öz

Bu çalışmada öğretmen adaylarının elektrostatik dengedeki iletkenler ve elektrik alan çizgileri konusundaki bilgilerini araştırmak amaçlanmıştır. Buna uygun olarak araştırmanın yöntemi için betimsel model seçilmiştir. Araştırmanın çalışma grubu, Gazi Fizik Öğretmenliği programında öğrenim gören, elektrik alan çizgileri konusunu derslerinde görmüş olan, 34'ü kadın, 10'u erkek, toplam 44 öğretmen adayından oluşmaktadır. Araştırmanın verileri, araştırmacılar tarafından hazırlanan, üç kısımdan oluşan Elektrik Alan Çizgileri Çizim Envanteri ile toplanmıştır. Ardından öğretmen adaylarından çizimlerini açıklamaları istenmiştir. Öğretmen adaylarından alınan cevaplar betimsel analize tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, öğretmen adayı çizimlerinin en fazla "elektrik alan çizgileri birbirini kesmez" özelliğini, en az ise "elektrik alan çizgilerinin sivri uçlarda sık çizilir" özelliğini yansıttığı görülmüştür. Ayrıca, öğretmen adaylarından elektrik alan kavramını elektrik akımı ile elektrik alan çizgilerini yük kavramı ile karıştırdıkları görülmüştür. Çizimlerde cisimlerin yüklerine dikkat etmeden alan çizgilerini rastgele çizdikleri belirlenmiştir. Buna ek olarak, öğretmen adaylarının sahip oldukları bilgilerin ise bilimsel temellere dayanmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrostatik denge, Elektrik alan çizgileri..



Inönü Üniversitesi
Eğitim Fakültesi Dergisi
Cilt 21, Sayı 1, 2020
ss. 118-137
DOI: 10.17679/inuefd.457413

Makale türü:
Araştırma makalesi

Gönderim Tarihi : 05-09-2018
Kabul Tarihi : 31.01.2020

Önerilen Atıf

Taşkın, T. & Ünlü Yavaş, P. (2020). Fizik Öğretmen Adaylarının Elektrostatik Dengedeki İletkenler ve Elektrik Alan Çizgileri Konusundaki Bilgilerinin Çizim Yöntemiyle İncelenmesi, *Inönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 118-137. DOI: 10.17679/inuefd.457413

GİRİŞ

Fizik dersinde problem çözme becerisi dersin olmazsa olmazı olarak kabul edilmektedir. Fakat öğrencinin problem çözme becerisi kazanmadan önce, belirli kavramları doğru olarak anlaması gereklidir (Hestenes, & Wells, 1992). Fizik dersi genellikle soyut konuların öğretimini konu aldığından, kavram öğretimi için sıklıkla soyut kavramları somutlaştırma yollarına başvurulur. Bu amaç için etkili yollardan biri modellerdir.

Bilimsel modeller, fiziksel olguları gözlenebilen örneklerle temsil etmek için kullanılan yapılandırılmış bilgi birimleridir (Hestenes, 1996). Başka bir deyişle, olguları açıklamak, örneklemek, öngörmek için mekanizma, nedensellik ya da işlev sunmak için organize edilmiş gösterimlerdir (Osbeck, & Nersessian, 2006; Schwarz et al. 2009). Elektrik alan konusunun öğretiminde Faraday tarafından geliştirilmiş bir model olan elektrik alan çizgilerinden faydalanılır. Feymann, derslerinde elektrik alan çizgilerini şu şekilde açıklar: "Bir alanı zihnimizde canlandırmak için birçok noktada, her biri o nokta için alanın şiddetini ve yönünü gösteren vektörler çizebiliriz. Bir adım ileriye giderek, bu vektörlere her yerde teğet olan çizgiler çizebiliriz. Böylece bu çizgileri takip ederek, alanın yönünü anlayabiliriz." (Feymann, Leighton, & Sands, 2016).

Elektrik alan kavramı, elektrik ve manyetizma konularının öğretilmesi için bir temel oluşturur. Diğer konuların öğretimi bu temel üzerine inşa edilir. Bu nedenle elektrik alan kavramının öğrenciler tarafından doğrulukla anlaşılması önemlidir. Bu konuda yapılmış olan çalışmalara bakıldığında, çalışmaların çoğunlukla elektrik alan kavramına yönelik kavram yanlışları üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Bilal, & Erol, 2009; Duit, 1993; Furió, & Guisasola, 1998; Planicic, 2006; Pocovi, 2007; Pocovi, & Finley, 2002; Saarelainen, Laaksonen, & Hirvonen, 2007; Törnkvist, Petterson, & Tranströmer, 1993; Viennot, & Raison, 1992). Pocovi ve Finley (2002), tarafından yapılan çalışma bulguları öğrencilerin alan çizgilerini gerçekte varmış gibi algıladıklarını ortaya koymuştur. Göze çarpan sonuçlardan bir diğeri, üniversite öğrencilerin yalıtkan cisimlerin içinde elektrik alanının varlığı konusunda kavram yanlışlarına sahip olmalarıdır. Öğrencilerin yalıtkan içindeki yükler hareket edemediği için yalıtkan içinde elektrik alanının sıfır olacağını düşündükleri belirlenmiştir (Viennot & Ramson, 1992). Bramente, Michelini ve Stefanel (2007), alanyazındaki çalışma bulgularından yola çıkarak öğrencilerin elektrik alan konusunun öğrenirken yaşadıkları zorlukları beş kategori altında toplamıştır. Bunlar; elektrik alanının tanımı, kaynağı, gösterimi, üst üste binmesi (superposition) ve elektrik alanda elektrik yükünün hareketidir.

Elektrik alanının tanımına yönelik belirlenen zorluklarda, elektrik alanının öğrenciler tarafından maddesel olarak algılandığı görülmüştür. Öğrencilerin elektrik alanının, hacme, güce ya da yoğunluğa sahip olduğunu düşündükleri görülmüştür (Bohigas, & Periago, 2010; Bradamante et al. 2006; Furió, & Guisasola, 1998; Martín, & Solbes 2001; Saarelainen et al. 2009). Öğrencilerinin elektrostatik konusunda yaptıkları açıklamalarda elektrik alan ve elektriksel kuvvet kavramlarını birbirinden ayıramadıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin kendilerine yöneltilen elektrik alanda yüklü parçacığın hareketi sorularını açıklarken alan kavramı yerine, daha ziyade elektriksel kuvvet kavramını kullanmaya meyilli oldukları görülmüştür (Bilal, & Erol, 2009; Furió, & Guisasola, 1998; Martín, & Solbes 2001). Benzer şekilde lise öğrencilerinin kondansatörün yüklenmesini açıklarken (Eylon, & Ganiel, 1990); lisans öğrencilerinin elektromanyetik indüksiyon olayını açıklarken (Thong, & Gunstone, 2008) elektrik alan kavramını kullanamadıkları belirlenmiştir.

Elektrik alan kavramının anlaşılmasında yük kavramı önemli bir yere sahiptir. Elektrik alanının kaynağına yönelik yaşanan zorluklarda, öğrencilerin bir noktada elektrik alanının varlığını o noktada bir elektrik yükünün bulunması ile ilişkilendirdikleri görülmüştür. Yükün olmadığı noktada elektrik alanının olmayacağını düşündükleri belirlenmiştir. (Bohigas, & Periago 2010; Furió, & Guisasola, 2001; Velazco, & Salinas, 2001). Öğrencilerin iletkenler üzerindeki yük dağılımını kısmen anladıkları, yalıtkanlar üzerindeki yük dağılımını neredeyse hiç anlamadıkları sonuçlarına ulaşılmıştır (Garza, & Zabala, 2010).

Elektrik alan gösterimine dair yaşanan zorluklar, konunun öğrenilmesinde yaşanan zorluklar için bir diğer kategori olarak belirlenmiştir. Bu kategoriye yönelik olarak, öğrencilerin cisimlerin yükünün işaretine bakmaksızın, elektrik alan çizgilerinin yönünü cisimden dışarı doğru çizdikleri görülmüştür (Garza, & Zabala, 2010). Bunun yanı sıra, öğrencilerin, sadece elektrik alan çizgilerinin çizildiği kısımlarda yüke bir kuvvet etki edeceği, çizgiler arasındaki boşluklarda elektrik alanının bulunmadığını düşündükleri görülmüştür (Bilal, & Erol 2009; Pocovi, & Finney 2002).

Elektrik alanının süperpozisyonu kategorisine ait yaşanan zorluklara bakıldığında, öğrencilerin elektrik alanının vektörel doğasını anlayamadıkları görülmektedir. Bu durum, birçok çalışmada elektrostatik konularının anlaşılmasında yaşanan zorlukların en önemli sebeplerinden biri olarak gösterilmiştir (Bradamente, Michelini, & Stefanel, 2007; Nguyen, & Meltzer, 2003; Povoci, & Finley, 2002; 2003; 2007; Saarelainen, Laaksonen, & Hirvonen, 2007;). Bunun sonucu olarak, öğrenciler, sisteme yeni bir pozitif yük eklendiğinde elektrik alanının değişmeyeceğini (Sandoval, & Mora 2009; Viennot, & Raison 1999); ancak negatif bir yük eklendiğinde alanın azalacağını düşünme eğilimindedirler (Sandoval, & Mora 2009).

Elektrik alanda yüklü cismin hareketi konusunda yaşanan zorluklara yönelik elde edilen çalışma bulguları, öğrencilerin bir elektrik alanda serbestçe hareket eden yükün yörüngesinin, yükün içinden geçen alan çizgileri yönünde olacağını göstermiştir (Pocovi, & Finney 2002; Törnkvist et al. 1993). Öğrencilerin düzgün bir elektrik alanındaki yüklü parçacıkların sabit bir hızda hareket edeceğini (Bilal, & Erol 2009; Sandoval, & Mora, 2009); alana zıt yönde hareket eden yüklü parçacıkların daha yavaş hareket edeceğini düşündükleri belirlenmiştir (Bilal, & Erol 2009).

Üniversite öğrencilerinin elektrik ve manyetizma konularındaki bilgilerini ölçmek için geliştirilmiş olan Elektrik ve Manyetizma Kavram Testi (The Conceptual Survey of Electricity and Magnetism) kullanılarak yapılan farklı araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların sonunda elde edilen ortak bulgular, öğrencilerin elektrik alan kavramını manyetizma kavramlarıyla karıştırdıkları, elektrik alan çizgilerini yanlış yorumladıkları olmuştur (Maloney, O'Kuma, Hieggelke, & Heuvelen, 2001; Planicic, 2006; Saarelainen, Laaksonen, & Hirvonen, 2007). Benzer şekilde, fen bilimleri (fizik ve kimya) öğretmenleri ile yapılan bir çalışmada da öğretmenlerin elektrik alan ve manyetik alan kavramlarını karıştırdıklarını ortaya konulmuştur (Hekkenberg, Lemmer, & Dekkers, 2015).

Öğrencilerin elektrik alan konusunu öğrenmelerinde yaşadıkları zorlukların nedeninin araştırıldığı çalışmalarda, öğrencilerin bu soyut kavramı algılamakta zorluk çekmeleri olduğu belirtilmiştir. Öğrencilerin yeterli matematik bilgisine ve temel fizik kavramlarına hakim olmamaları gösterilmiştir (Dunn, & Barbanel, 2000; Furió, & Guisasola, 1997). Coulomb yasasının öğrenilmesi için öğretmen tarafından Newton kanunlarının iyi anlaşıldığından emin olunması ve gerekli bağlantılarının kurulması durumunda yaşanan birçok zorluğun giderileceği belirtilmiştir (Furió, & Guisasola, 1998). Bu konuda yaşanan zorluklardan öğrenciyi sorumlu tutmak yerine, öğretmenlerin elektrik alan konusunu doğru yöntemlerle öğretmedikleri için konunun anlaşılmadığını belirleyen araştırmalar da mevcuttur (Furió, Guisasola, Almudi, & Cebeio, 2002). Bazı çalışmalarda ise sorumlu olarak, birikimli doğrusal bir yaklaşım yerine, teorinin geliştirilmesi sırasında ortaya çıkan farklı formülasyonları gözardı eden ders kitapları ve öğretim programları gösterilmiştir (Guisasola, 1997; Stockmayer, & Treagust, 1994; Strube, 1988).

Elektrik alan konusunun anlaşılması, elektrik ve manyetizma konularının öğrenilmesi için önem taşımaktadır. Elektrik alan kavramı iyi anlaşılmadığı takdirde öğrencilerin diğer konularda da zorlandıkları görülmüştür. Öğretmenlerle yapılan bir çalışmada elektrik alan kavramının elektrik alan çizgileri yardımıyla öğretildiğinde öğrenciler için elektrik alanın neye benzediğine dair bir resim oluşturduğu belirlenmiştir. Alan kavramı, alan çizgileri yardımıyla tanıtıldığında Newton mekaniğinde öğrendikleri kurallar ile parçacıklar arasında daha kolay bağlantı kurdukları belirlenmiştir (Melo-Niño, Cañada, & Mellado, 2017). Bu nedenle elektrik alan konusunun öğretiminde önemli rol oynayan elektrik alan çizgilerinin öğrenciler tarafından nasıl anlaşıldığının incelendiği çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaca yönelik olarak, bu çalışmada, lise öğrencilerinin elektrostatik dengedeki iletkenlerin özellikleri ve elektrik alan çizgilerine yönelik bilgilerini araştırmak amaçlanmıştır. Alanyazındaki çalışmalar incelendiğinde, genel olarak öğrencilerin elektrik alan kavramına yönelik bilgilerinin üzerine araştırmalar yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise öğrencilerin elektrik alan çizgilerinin özelliklerine yönelik bilgileri araştırılmıştır. Araştırma elektrostatik dengedeki iletkenler ile sınırlandırılmıştır.

Çoktan seçmeli sorular mantıksal süreci ve kavramsal problemlerin kaynağını açıklamakta yetersiz kalabilir. Yazılı açık uçlu sorular daha etkili olmakla birlikte nicel olarak değerlendirilmesi zor ve zaman zaman öznel olmaktadır (Özay, & Öztaş, 2003). Çizim yöntemi ile öğrencide gizli kalmış bilgi ve inanışlar kelimelere bağımlı kalmadan ortaya çıkarılmaktadır (Ayas, 2006). Sorulara cevap vermeyi sevmeyen, düşüncelerini sözlü olarak ifade etmekte güçlük çeken öğrencilerin kendilerini kısıtlı hissetmelerini önler (Rennie, & Jarvis, 1995; White, & Gunstone, 1992) Öğrencilerin çizimleri düşünce ve duygularına bir pencere açarak, zihinlerinin görüntüsünü verir (Thomas, & Silk, 1990).

Öğrencilerin bir konudaki bilgi düzeylerini, sahip oldukları kavram yanlışlarını, zaman içindeki kavramsal değişimlerini çizim yöntemi kullanarak belirleyen araştırmalar bulunmaktadır (Köse, 2009; White, & Gunstone, 1992; Prokop, & Fancovicová, 2006; Reiss, & Tunnicliffe 2001; Reiss, Tunnicliffe, Andersen, & Bartoszeck et al., 2002; Rennie, & Jarvis, 1995; Şahin, İpek, & Ayas, 2008; Uzunkavak, 2009). Hatta Acar ve Tarhan (2008), öğrencilerin, bilgiyi kullanma becerilerini çizim yöntemi ile diğer ölçüm araçlarına göre daha açık ortaya çıkarılabildiğini göstermiştir. Bu nedenle bu araştırma için çizim yöntemi seçilmiştir. Öğretmen adaylarına elektrostatik dengede bulunan farklı şekillere sahip iletken cisimler verilerek elektrik alan çizgilerini çizmeleri istenmiştir.

YÖNTEM

Araştırmanın yöntemi olarak, öğretmen adaylarının elektrostatik dengedeki iletkenler ve elektrik alan çizgileri konusundaki bilgilerini araştırmak için, nitel araştırma yöntemlerinden betimsel araştırma modeli seçilmiştir.

Betimsel araştırma modeli, nitel çalışmalarda, verilen bir durumun olabildiğince tam ve dikkatli bir şekilde tanımlanmasında kullanılmaktadır (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Aygün, Karadeniz, & Demirel, 2013). Genel olarak incelenen bireylerin özelliklerini ya da durumları olduğu gibi ortaya koymak amacıyla kullanılan, elde edilen bulguların betimsel istatistiki sonuçlar halinde sunulduğu bir araştırma yöntemidir (Işık, 2011; McMillan, & Shumacher, 2010; Sönmez, & Alacapınar, 2011). Betimsel modelin kullanıldığı çalışmalarda araştırmaya konu olan olay, birey ya da nesne kendi koşulları içinde, gerçekçi ve bütüncül biçimde, dışarıdan müdahale olmaksızın olduğu gibi tanımlanmaya çalışılır. "Nedir?, Ne ile ilgilidir?, Nelerden oluşmaktadır?" benzeri sorulara cevap aranır (Çepni, 2010; Karasar, 2004; Yıldırım, & Şimşek, 2008).

Çalışma Grubu

Çalışma grubu belirlenirken, çalışma grubunda yer alacak öğretmen adaylarında "Elektrik" dersini almış olma koşulu aranmıştır. Çalışma grubunda yer alan öğretmen adayları, bu derste elektrostatik denge kavramını görmüş, çeşitli cisimler için çizilmiş elektrik alan çizgilerini incelemiştir. Araştırmanın çalışma grubu, Gazi Fizik öğretmenliği programında öğrenim gören (yaş aralığı = 18-27; yaş ortalaması = 21), 34'ü kadın, 10'u erkek, toplam 44 öğretmen adayından oluşmaktadır. Çalışma grubuna ait bilgiler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1

Çalışma grubunun özellikleri

Sınıf düzeyi	Kadın	Erkek	Toplam
2. sınıf	6	7	13
3. sınıf	15	1	16
4. sınıf	13	2	15
Toplam	34	10	44

Çalışma grubunda yer alan tüm öğretmen adayları elektrik alan çizgileri konusunu 2. sınıfta görmüş, şekilleri farklı cisimler için elektrik alan çizgilerini çizmiştir. Tüm öğretmen adayları bu dersi aynı öğretim üyesinden almıştır. Derslerinde aynı konular anlatılmış, aynı soru örnekleri çözülmüş, aynı çizimler yapılmıştır. Farklı sınıf düzeylerindeki öğretmen adayları arasında bu açıdan bir farklılık bulunmamaktadır.

Veri Toplama Aracı

Veri toplama aracı olarak Elektrik Alan Çizgileri Çizim Envanteri (EAÇÇE) kullanılmıştır. EAÇÇE, araştırmacılar tarafından hazırlanan, 3 kısımdan oluşan bir envanterdir ve ekte sunulmuştur. Öncelikle EAÇÇE'nde yer alacak, öğretmen adaylarından elektrik alan çizgilerinin çizilmesi istenecek şekiller belirlenmiştir. Şekillerin uygunluğu için 2 fizik eğitimi uzmanından görüş alınmıştır.

EAÇÇE'nin başında öğretmen adaylarına demografik bilgileri sorulmuştur. 1. kısımda öğretmen adaylarına "elektrostatik dengede olan yüklü iletkenlerin özelliklerini yazınız" şeklinde açık uçlu soru yöneltilmiş ve bildiklerini yazmaları beklenmiştir.

2. kısımda, elektrostatik dengede olduğu belirtilen dört farklı cisim verilmiş ve öğretmen adaylarından bu cisimler için elektrik alan çizgilerini çizmeleri istenmiştir. Bu cisimler sırasıyla (2A) pozitif yüklü içi boş iletken küre, (2B) pozitif yüklü içi dolu iletken küre, (2C) negatif yüklü içi boş iletken küre, (2D) (eğrilik yarıçapı farklı olan kısımlara sahip olduğundan) pozitif yüklü içi boş iletken damla şekilli cisim olmuştur.

3. kısımda, elektrostatik dengede olduğu belirtilen iki farklı cisim için elektrik alan çizgileri için hatalar içeren çizimler verilmiştir. Öncelikle öğretmen adaylarından, bu çizimlerin doğru ya da yanlış olduğuna dair ilgili seçeneği işaretlemeleri, eğer yanlış seçeneği işaretlemişlerse yanlışlığın sebebini yazmaları istenmiştir. Bu çizimler sırasıyla (3A) negatif yüklü iletken içi boş yarım daire şeklindeki cisim ve (3B) (eğrilik yarıçapı farklı olan kısımlara sahip olduğundan) pozitif yüklü iletken kalp şeklindeki cisim olmuştur.

Verilerin analizi

Verilerin analizinde betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Betimsel analiz, çeşitli veri toplama teknikleri ile elde edilmiş verilerin düzenlenmesini ve yorumlanmasını içeren bir nitel veri analiz türüdür (Yıldırım, & Şimşek, 2008). Başka bir deyişle, nitel çözümlenmelerde yer alan kelimelere, ifadelere, diyalogların yapısına ve özelliklerine, kullanılan sembolik anlatımlara ve benzetmelere dayanarak tanımlayıcı bir analiz yapılması olarak da tanımlanabilir (Kümbetoğlu, 2005). Bu analiz türünde veriler, daha önceden belirlenmiş temalara göre sınıflandırılır, özetlenir ve yorumlanır. Bulgular arasında neden-sonuç ilişkisi kurulur ve doğrudan alıntılarla okuyucuya sunulur (Yıldırım & Şimşek, 2008).

EAÇÇE’nde bulunan her madde, araştırılan özellikler bakımından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bir çizimde aranan bir özelliğe rastlandığında, bu özellik için "1" puan verilmiştir. Bu aşamada iki uzman birbirinden bağımsız olarak puanlama yapmış, daha sonra görüş ayrılıkları üzerine tartışılmıştır. Son hali verilen puanlamanın ardından her özellik için toplam puan hesaplanmış, bu toplam puan alınabilecek en yüksek puana bölünerek her özelliğe ait başarı oranı hesaplanmıştır. Araştırmanın konusunu oluşturan bu özellikler ve EAÇÇE’nin hangi kısmında araştırıldığına dair bilgiler Tablo 1’de özetlenmiştir.

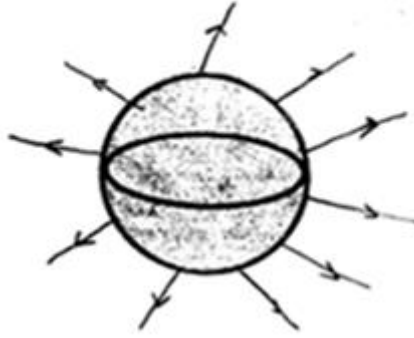
Tablo 2

Elektrostatik dengedeki iletkenler ve elektrik alan çizgilerinin özelliklerine ait özelliklerin EAÇÇE maddelerine göre dağılımı

Özellik No	Özellik	Özelliğin bulunduğu kısımlar	Alınabilecek en yüksek puan
1	İletkenin içinde elektrik alan sıfırdır.	1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A	6
2	Elektrik alan çizgileri yüzeye diktir.	1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B	7
3	Elektrik alan çizgileri (+) yükten çıkıp (-) yükte son bulmalıdır.	1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A	6
4	Elektrik alan çizgileri iletkenin sivri uçlarında sık olur.	1, 2D, 3A, 3B	4
5	Elektrik alan çizgileri birbirini kesmez.	1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3B	6

Puanlamanın nasıl yapıldığı örnek olarak Ö1 kodlu öğretmen adayının, EAÇÇE’nin 2B maddesi için yaptığı Şekil 1’de görülen çizim üzerinden aldığı puanlar Tablo 3’te verilmiştir.

B. Pozitif yüklü içi dolu iletken küre



Şekil1

Ö1 kodlu öğretmen adayının çizimi

Tablo 3

Puanlama örneği

Öz. No	Özellik	Alınan puan
1	İletkenin içinde elektrik alan sıfırdır	1
2	Elektrik alan çizgileri yüzeye dik çizilir	0
3	Elektrik alan çizgilerinin (+) yükten çıkıp (-) yükte son bulmalıdır	1
5	Elektrik alan çizgileri birbirini kesmez	1

Ö1 kodlu öğretmen adayı, çiziminde kürenin içinde elektrik alan çizgileri çizmediği için 1 numaralı özellikten 1 puan; çizgilerin yüzeye dik çizimine dikkat etmediğinden 2 numaralı özellikten 0 puan; çizgileri pozitif yüklü cisimden çıkacak şekilde çizerek yönünü doğru belirttiğinden 3 numaralı özellikten 1 puan ve çizgileri kesiştirmeden çizdiğinden 5 numaralı özellikten 1 puan almıştır.

Verilerin toplanmasında ikinci adım olarak, her aşama için hatalı çizim yapan öğretmen adaylarına çizimleri ile ilgili sorular yöneltilmiştir. Çizimden kaynaklanacak yanlış değerlendirmelerin önüne geçmek çizimlerinde görülen özellikler öğretmen adaylarına teyit ettirilmiştir. Alanyazında karşılaşılmayan çizimleri yapan öğretmen adaylarına yaptıkları çizimin nedeni sorularak, çizimler anlaşılmasına çalışılmıştır. Öğretmen adaylarından alınan cevaplar betimsel analize tabi tutulmuş, gruplanarak bulgular kısmında sunulmuştur.

Geçerlik-Güvenilirlik

Nitel araştırmalarda geçerlik, araştırılan olgunun olduğu biçimiyle ve olabildiğince yansız olarak ortaya konulması anlamına gelmektedir ve geçerlik kavramına karşılık, inandırıcılık ve tutarlılık kavramları kullanılmaktadır (Kirk, & Miller, 1986; Yıldırım, & Şimşek, 2008). İç geçerliğe karşılık gelen inandırıcılığın sağlanmasında çeşitleme, uzman incelemesi, katılımcı teyidi, derin odaklı veri toplama, uzun süreli etkileşim yöntemleri kullanılabilir (Yıldırım, & Şimşek, 2008). Bu çalışmada inandırıcılığın sağlanması için; elektrik alan çizgilerine ait her özellik EAÇÇE’nde en az dört madde ile araştırılmıştır (Tablo 2). Öğretmen adaylarının çizimlerini yanlış yorumlamanın önüne geçmek amacıyla öğretmen adaylarına çizimleri hakkında sorular sorulmuş, çizimleri teyit ettirilmiştir. Çizimden ya da çizme yeteneğinden kaynaklanabilecek durumların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ardından öğretmen adaylarına ek sorular yöneltilerek, toplanan veriler derinleştirilmeye çalışılmıştır. Böylelikle veri çeşitlenmesine gidilmiş, öğretmen adaylarına sorulan sorularla çizimlerden elde edilen bulgular desteklenmiştir. Öğretmen adaylarıyla iletişim kuran araştırmacıların, çalışma öncesinde de öğretmen adaylarının birçok dersine girmiş olması uzun süreli etkileşim halinde olmalarını sağlamıştır. Böylelikle öğretmen adaylarının güven ortamı içerisinde samimi yanıtlar vermeleri çalışmanın geçerliğinde etkili olmuştur.

Çalışmada iç güvenilirlik için LeComte ve Gomez (1982) tarafından önerilen önlemler alınmıştır (Yıldırım, & Şimşek, 2008). İlk olarak elde edilen veriler, bulgular kısmında herhangi bir yorum katılmadan, doğrudan alıntılarla sunulmuştur. İkinci olarak bulgular, iki uzman tarafından birbirinden bağımsız olarak kodlanmış, aralarındaki uyuma bakılmıştır. “Güvenilirlik = görüş birliği / (görüş birliği + görüş ayrılığı) formülü kullanılmıştır (Miles & Huberman, 1994). Bu işlemin sonucunda tutarlılık ölçütünün %100 uyum ile sağlandığı görülmüştür. Dış güvenilirlik için ise katılımcıların özellikleri, kullanılan ölçme aracı, puanlama ve analiz süreçleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Veriler, talep edildiğinde sunulabilecek şekilde arşivlenmiştir. Böylelikle benzer süreçleri izlemek isteyen araştırmacıların karşılaştırılabilir sonuçlara ulaşabilmeleri için teyit edilebilirlik ölçütü yerine getirilmeye çalışılmıştır.

BULGULAR

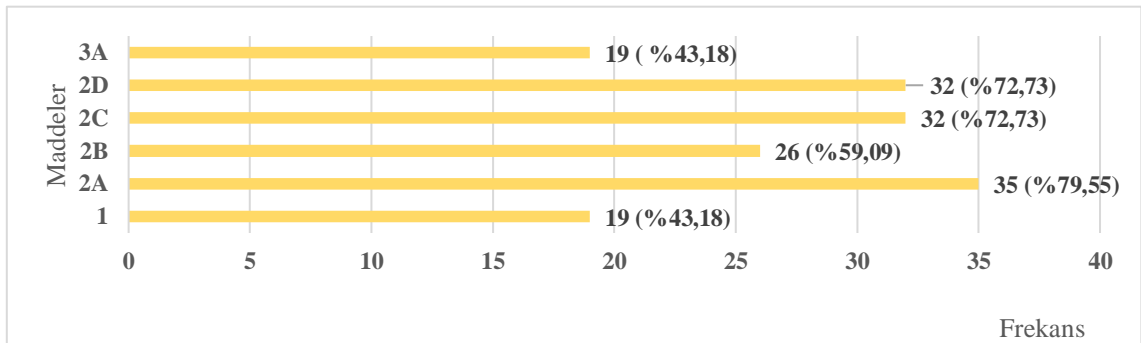
Araştırmadan elde edilen veriler, araştırmanın kapsamını oluşturan ve Tablo 1’de verilen elektrostatik dengedeki iletkenlerin ve elektrik alan çizgilerinin 5 özelliğine göre incelenmiştir. EAÇÇE’nden ve öğretmen adaylarının çizimleri hakkındaki görüşlerinden elde edilen veriler sayısal dağılımlar şeklinde düzenlenmiştir. İncelenen özellikler ile ilgili nitel bulgular, öğretmen adaylarının çizimleri ve görüşlerinden doğrudan alıntılar yapılarak yorumlanmıştır.

İletkenin İçinde Elektrik Alan Sıfırdır Özelliğine (Özellik 1) Yönelik Bulgular

Bu özellik EAÇÇE’nin üç kısmında toplam 6 madde ile araştırılmıştır. Bu özellik için öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı Grafik 1’de görülmektedir.

Grafik 1

İletkenin içinde elektrik alanın sıfır olması özelliği için öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı

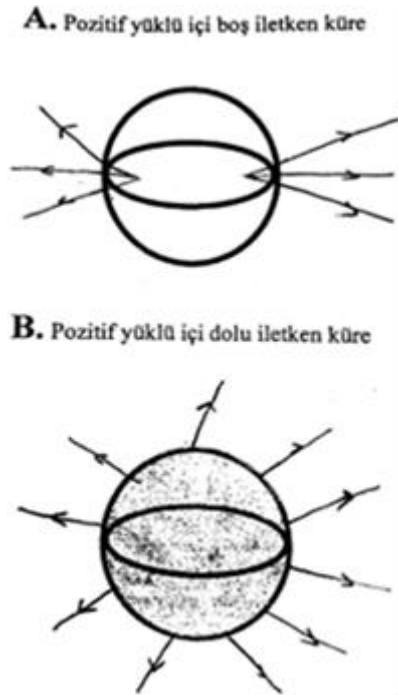


Grafik 1’de görüldüğü üzere, madde 1’de elektrostatik dengedeki iletkenlerin özellikleri sorulduğunda öğretmen adaylarının 19’u (%43,18) iletkenin içinde elektrik alanın sıfır olduğunu belirtmiştir. Öğretmen adaylarının 2.

kısmında farklı cisimler için (2A, 2B, 2C, 2D) yaptıkları elektrik alan çizimlerinden, elektrostatik dengedeki iletkenin içinde elektrik alanın sıfır olma özelliğini en fazla ($f=35$; %79,55) pozitif yüklü içi boş iletken küre (2A) için kullandıkları görülmektedir. Çizimlerde doğru cevabın en az verildiği madde negatif yüklü iletken içi boş yarım daire şeklindeki cisim (3A) olmuştur ($f=19$; %43,18). Özellik 1 için EAÇÇE'den alınan toplam puan 163, başarı oranı %61,74 olmuştur.

Grafik 1'den, 2A ve 2B maddelerinin doğru cevap yüzdelerinin farklı olduğu görülmektedir. Oysaki her iki madde için de çizimlerin aynı olması beklenmektedir. Ancak, 2A maddesinin (pozitif yüklü içi boş iletken küre) doğru cevap yüzdesi 2B maddesine (pozitif yüklü içi dolu iletken küre) göre daha yüksektir. Yani, 2A'ye doğru cevap veren öğretmen adaylarından bazıları 2B'de doğru cevap verememiştir. Tam tersi bir durum Ö11 kodlu öğretmen adayının çiziminde (Şekil 2) görülmektedir. Bu öğretmen adayı A ve C için aynı çizimi yapmış, B'de ise beklenen çizimi yapmıştır. Öğretmen adayına çizimi sorulduğunda "iletkenin içinde elektrik alan sıfırdır" ifadesini kullanmıştır. İki çizim arasındaki farkı ise şöyle açıklamıştır:

"A'da kürenin içi boş. İçi boş olduğu için, elektrik alan birbirini iter, sadece kenarlarda bulunur. B'deki kürenin içi dolu olduğu için birbirinden fazla etkilenmez, kürenin etrafına homojen dağılır."

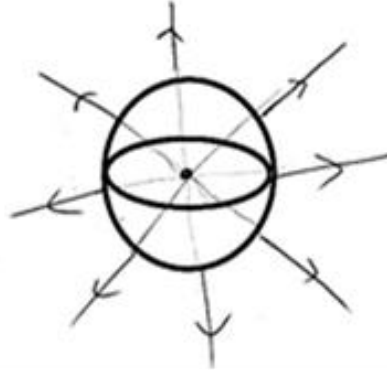


Şekil 2

Ö11 kodlu öğretmen adayının çizimi

Şekil 3'te çizimi görülen Ö9 kodlu öğretmen adayının ise elektrik alan çizgilerini kürenin içinde de devam ettirdiği görülmektedir. Bu öğretmen adayı ise çizimini "elektrik alan çizgileri kütle merkezinden geçer ve burada birleşir" şeklinde açıklamıştır. Bu öğretmen adaylarının doğruya çok yakın çizim yapmış olmasına rağmen, yaptığı açıklamalarda bilimsel olmayan bir yaklaşım gözlenmektedir.

A. Pozitif yüklü içi boş iletken küre



Şekil 3

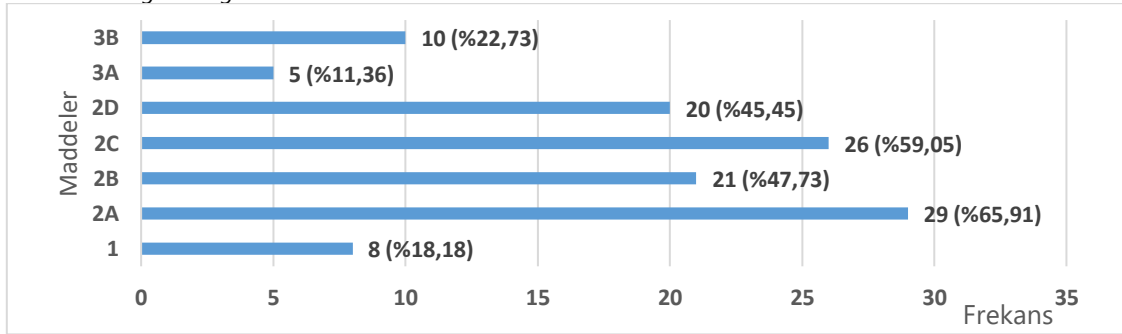
Ö9 kodlu öğretmen adayının çizimi

Elektrik Alan Çizgileri Yüzeye Diktir Özelliğine (Özellik 2) Yönelik Bulgular

Bu özellik EAÇÇE'nde 7 madde ile araştırılmıştır. Öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı Grafik 2'de sunulmuştur.

Grafik 2

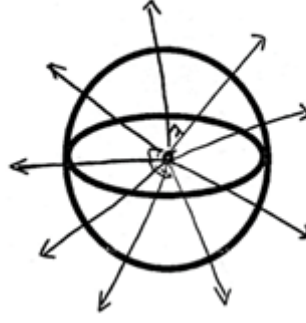
Elektrik alan çizgileri yüzeye dik çizilmesi özelliği için öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı



Grafik 2'de görüldüğü üzere, elektrostatik dengedeki iletkenlerin özellikleri sorulduğunda (Madde 1) öğretmen adaylarının sadece 8'i (%18,18) iletkenin içinde elektrik alan çizgilerinin yüzeye dik çizilmesi gerektiğini söylemiştir. Yapılan çizimlerde en yüksek başarı ($f=29$; %65,91), 2A maddesinde (pozitif yüklü içi boş iletken küre), en düşük başarı ise ($f=20$; %45,45) 2D (pozitif yüklü içi boş iletken damla şekilli cisim) maddesinde görülmüştür. Verilen yanlış çizimlerde öğretmen adaylarının 5'i (%11,36)'i 3A maddesi (negatif yüklü iletken içi boş yarım daire şeklindeki cisim) için "elektrik alan çizgileri yüzeye dik çizilmeliydi" ifadesini kullanmıştır. 3B maddesi (pozitif yüklü iletken kalp şeklindeki cisim) için ise 10 öğretmen adayı (%22,73) alan çizgilerinin yüzeye dik çizilmiş olması gerektiğini söylemiştir. EAÇÇE'nin tamamı için Özellik 2'ye ait toplam başarı puanı 119, başarı oranı %38,64 olarak bulunmuştur.

Öğretmen adaylarının sadece 3'ü çizimlerinde diklik işareti kullanmıştır. 8 öğretmen adayı ise, çizimleri sorulduğunda elektrik alan çizgilerinin yüzeye dik olduğunu ancak çizimlerine yansıtamadıklarını söylemişlerdir. Yapılan ilginç çizimlerden bazıları aşağıda verilmiştir. Örneğin, Ö24 kodlu öğretmen adayı Şekil 4'teki çizimi yapmış, çizimi sorulduğunda da elektrik alan çizgilerinin dik olduğunu belirtmiştir. Ancak bunu "elektrik alan çizgileri birbirine diktir" şeklinde anladığı görülmüştür.

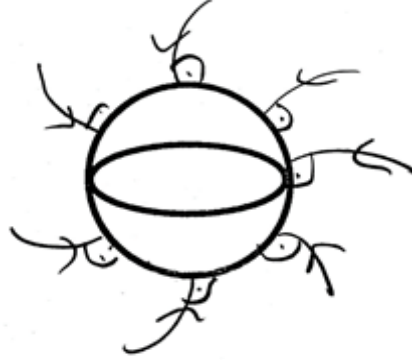
A. Pozitif yüklü içi boş iletken küre



Şekil 4
Ö24 kodlu öğretmen adayının çizimi

4 öğretmen adayının elektrik alan çizgilerini saat yönünde kıvrarak çizdiği dikkati çekmiştir. Envanteri farklı sınıflarda cevapladıklarından, birbirlerinden görme ihtimali bulunmamaktadır. Bunlardan biri olan Ö8 kodlu öğretmen adayının çizimine bakıldığında, elektrik alan çizgileri ile yüzey arasında diklik işareti kullandığı, ancak elektrik alan çizgilerinin kıvrılmış olduğu görülmektedir (Şekil 5). Bu öğretmen adayı çizimini açıklarken elektrik alan çizgilerinin yüzeye dik olduğunu vurgulamış, kıvrılmayı ise "Cisim küre şeklinde. Geometrik şekllenden dolayı elektrik alan çizgilerini saat yönünde çizdim. Kare olsaydı düz çizerdim" şeklinde açıklamıştır.

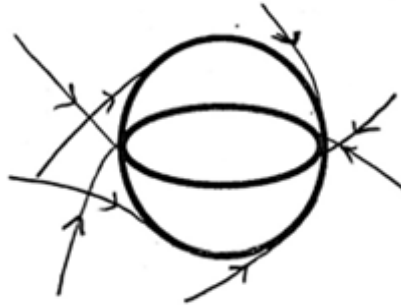
C. Negatif yüklü içi boş iletken küre



Şekil 5
Ö8 kodlu öğretmen adayının çizimi

Başka bir ilginç çizime Ö10 kodlu öğretmen adayında rastlanmıştır (Şekil 6). Bu öğretmen adayının çiziminde de elektrik alan çizgilerinin yüzeye teğet olduğu dikkati çekmiştir. Ö10 kodlu öğretmen adayı da çizimini şu şekilde açıklamıştır: "Yüzey küre olduğu için bu şekilde çizdim. Elektrik alan çizgileri cismin yüzeyine bağlı olarak şekil alır çünkü. Yüzeye uyumlu olacak şekilde çizmeye çalıştım."

C. Negatif yüklü içi boş iletken küre



Şekil 6
Ö10 kodlu öğretmen adayının çizimi

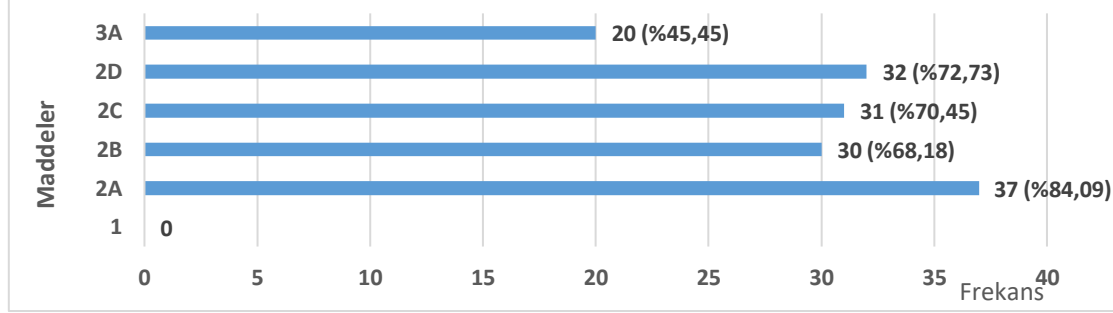
Bu ifadelerden, öğretmen adaylarının elektrik alan çizgilerinin cismin yüzeyine dik çizilmesi gerektiği konusunda eksik bilgiye sahip oldukları anlaşılmaktadır. Aynı zamanda, bazı öğretmen adaylarının cismin geometrik şekli ile elektrik alan çizgileri arasında bağlantı kurdukları görülmüştür.

Elektrik Alan Çizgileri (+) Yükten Çıkıp (-) Yükte Son Bulmalıdır Özelliğine (Özellik 3) Yönelik Bulgular

Elektrik alan çizgilerinin yönüne ait özellik EAÇÇE'nde her üç aşamada, toplam 6 madde ile aranmıştır. Öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı Grafik 3 'te görülmektedir.

Grafik 3

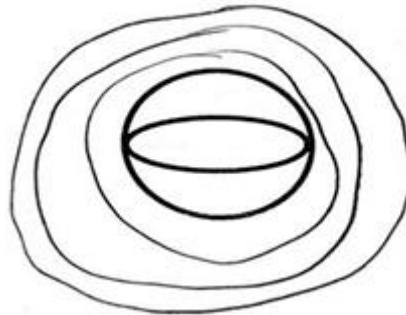
Elektrik alan çizgilerinin yönü için öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı



Grafik 3'te görüldüğü üzere, madde 1'de öğretmen adaylarının hiçbirinin elektrik alan çizgilerinin hangi yönde çizilmesi gerektiğine dair bir ifade kullanmadığı görülmüştür. En fazla (f=37; %84,09) 2A maddesinde (pozitif yüklü içi boş iletken küre) elektrik alan çizgilerinin yönünü doğru olarak çizmişlerdir. Bununla birlikte 2B maddesi (pozitif yüklü içi dolu iletken küre) için elektrik alan çizgilerinin yönünü doğru çizen sayısı 30 (%68,18) olmuştur. 2C maddesi (negatif yüklü içi boş iletken küre) için 31 öğretmen adayı (%70,45) doğru çizmiştir. 3A maddesindeki (negatif yüklü iletken içi boş yarım daire şeklindeki cisim) yanlış çizimde ise öğretmen adaylarının 20'si (%45,45) çizgilerin yönünün yanlış olduğunu belirtmiştir. EAÇÇE'nin tamamı için Özellik 3'e ait toplam başarı puanı 150, başarı oranı %56,82 olarak bulunmuştur.

Öğretmen adaylarının çizimleri bu özelliğe göre değerlendirildiğinde çeşitli hatalara rastlanmıştır. Örneğin 2 öğretmen adayı elektrik alan çizgilerini yüzeyi saran iç içe çemberler şeklinde çizmiştir. Bunlarda Ö44 kodlu öğretmen adayının yaptığı çizim Şekil 7'da görülmektedir. Bu öğretmen adayından yaptığı çizimi açıklaması istendiğinde Şekil 6'daki çizimi yapan Ö10 kodlu öğretmen adayına benzer şekilde bir açıklama yapmıştır: Ö44: "Elektrik alan çizgileri yüzeyi sarar. Cisim küre olduğu için yüzeyin etrafına küreler olarak çizdim."

C. Negatif yüklü içi boş iletken küre



Şekil 7

Ö44 kodlu öğretmen adayının çizimi

Ö8, Ö10 ve Ö44 kodlu öğretmen adaylarının kullandığı bu ifadeler, öğretmen adaylarının elektrik alan çizgileri ile cisimlerin şekilleri arasında bir ilişki kurduğunu göstermektedir. Bu bilgi, elektrik alan hesaplamada kullanılan Gauss yüzeyini akla getirmektedir. Öğretmen adaylarının elektrik alan çizgilerini, Gauss yüzeyi ile karıştırdıkları düşünülmektedir.

Ö36 kodlu öğretmen adayının ise, elektrik alan çizgilerini yüzeyin sadece bir kısmına, hem yüzeyden içeri hem de dışarı doğru çizdiği görülmektedir (Şekil 8). Bu öğretmen adayı "cismin tüm yüzeyinde aynı çizimin geçerli olduğunu, sadece bir kısmında gösterdiğini" söylemiş ve çizimini şöyle açıklamıştır.

D. Pozitif yüklü içi boş iletken cisim



Şekil 8

Ö36 kodlu öğretmen adayının çizimi

Ö10: "İletken olduğu için yükler her yerine dağılır. Pozitif yükler dış yüzeyde toplanır, negatif yükler iç yüzeyde toplanır. Birbirlerine kuvvet uygularlar."

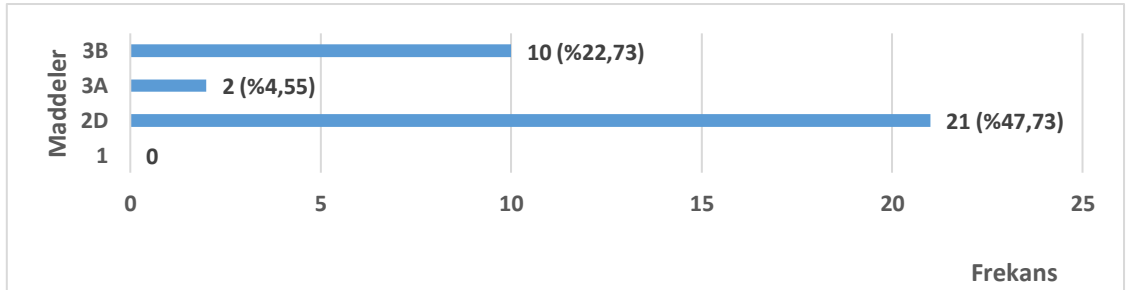
Öğretmen adayının bu açıklaması, elektrik alan çizgilerini elektrik yükü ile karıştırdığını göstermektedir. Ayrıca pozitif yüklü iletken kürelere yönelik yapılan çizimler karşılaştırıldığında 9 öğretmen adayının 2A maddesinde (pozitif yüklü içi boş iletken küre) elektrik alan çizgilerini cisimden dışarı çıkacak şekilde gösterdiği halde, 2B maddesinde (pozitif yüklü içi dolu iletken küre) ters yönde çizdiği görülmüştür. 2 öğretmen adayı ise, tam tersi şekilde 2B'de doğru, 2A'da yanlış yönlü çizim yapmıştır. Pozitif ve negatif yüklü küreler için yapılan çizimlere bakıldığında ise, öncekinden farklı 6 öğretmen adayının 2A'da doğru yönde çizim yapmışken, 2C'de elektrik alan çizgilerinin yönünü yanlış çizdiği görülmüştür. Buradan öğretmen adaylarının elektrik alan çizgilerinin yönlerini cisimlerin yüklerini dikkate almadan çizdikleri anlaşılmaktadır.

Elektrik Alan Çizgileri İletkenin Sivri Uçlarında Sık Olur Özelliğine (Özellik 4) Yönelik Bulgular

Elektrik alan çizgilerin sivri uçlarda toplanması özelliği EAÇÇE'nin her üç aşamada, toplam 4 madde ile aranmıştır. Öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı Grafik 4'te görülmektedir.

Grafik 4

Elektrik alan çizgilerinin sivri uçlarda toplanması için öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı

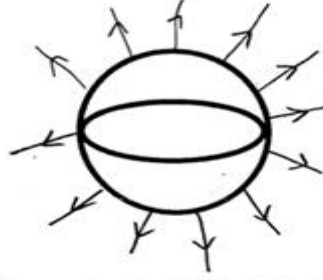


Grafik 4'te görüldüğü üzere, madde 1'de öğretmen adaylarının hiçbirinin elektrik alan çizgilerinin sivri uçlarda toplandığını söylemedikleri görülmektedir. 2D maddesi (pozitif yüklü içi boş iletken damla şekilli cisim) için öğretmen adaylarının 21'i (%47,73) doğru çizim yapmışlardır. 3A maddesindeki (negatif yüklü iletken içi boş yarım daire şeklindeki cisim) çizim için sadece 2 öğretmen adayı (%4,55), 3B maddesindeki çizim için ise 10 öğretmen adayı (%22,73) sivri uçlara daha fazla çizgi çizilmesi gerektiğini belirtmiştir. Özellik 4 için EAÇÇE'nden elde edilen toplam başarı puanı 33, başarı oranı %18,75 olmuştur.

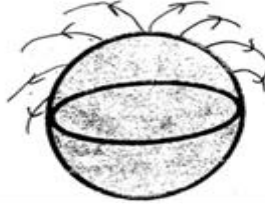
Yapılan çizimlere bakıldığında, Ö12 kodlu öğretmen adayının içi boş cisimler için elektrik alan çizgilerini homojen dağılmış olarak çizdiği halde, içi dolu cisim için kürenin üst yüzeyine toplanmış olarak çizdiği görülmüştür (Şekil 9). Çiziminin sebebi sorulduğunda şu açıklamayı yapmıştır:

Ö12: "Diğerlerinin içi boş, elektrik alan çizgisi serbestçe dağılabilir. Ama içi dolu olunca ağır olduğu için alt kısmına inemez, sadece üstte olur, aşağıya doğru eğilir."

A. Pozitif yüklü içi boş iletken küre



B. Pozitif yüklü içi dolu iletken küre



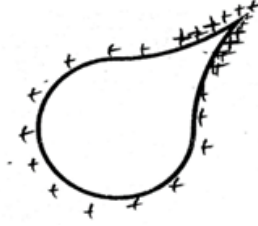
Şekil 9

Ö12 kodlu öğretmen adayının çizimi

Öğretmen adaylarının yaptığı ilginç çizimlerden bir diğeri Şekil 10'da görülmektedir. Öğretmen adaylarından 4'ü cisimlerin yüzeyine elektrik alan çizgileri yerine pozitif ya da negatif yük çizmişlerdir. Çizimlerinin sebebi sorulduğunda Ö16 kodlu öğretmen adayı şu açıklamayı yapmıştır:

Ö16: "Sadece tek yük var, mesela A'da (+) yük var. Bunu çekecek yük yok. O yüzden elektrik alanı oluşturacak yük yok. Bu yüzden de çizgi olmaz. Bu durumlarda ok çizilmemeli."

D. Pozitif yüklü içi boş iletken cisim



Şekil 10

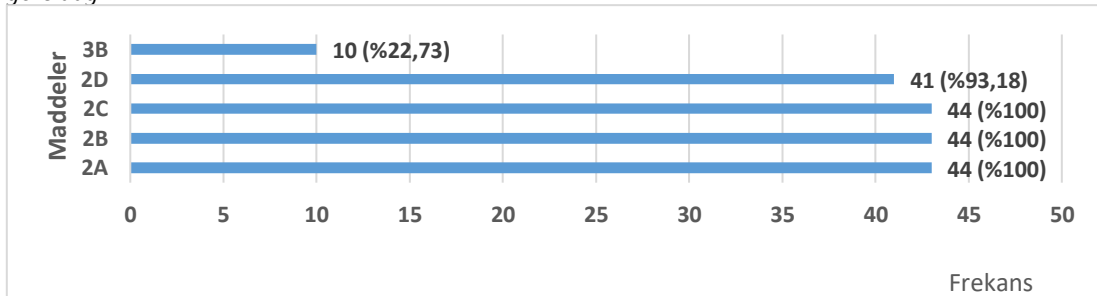
Ö16 kodlu öğretmen adayının çizimi

Elektrik Alan Çizgileri Birbirini Kesmez Özelliğine (Özellik 5) Yönelik Bulgular

Elektrik alan çizgilerinin birbirini kesmemesi, EAÇÇE'nde toplam 5 madde ile aranmıştır. 2. aşamada yapılan çizimlerde bu özelliğin kullanılmasına dikkat edilmiştir. Öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı Grafik 5'te görülmektedir.

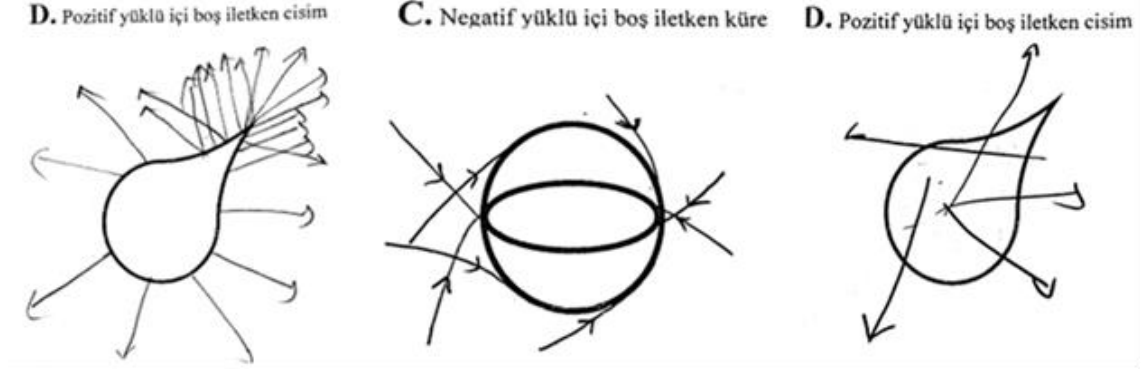
Grafik 5

Elektrik alan çizgileri birbirini kesmemesi için öğretmen adaylarının aldıkları puanların EAÇÇE maddelerine göre dağılımı



Grafik 5'te görüldüğü üzere, öğretmen adaylarının 2A, 2B ve 2C maddeleri için yaptıkları çizimlerde elektrik alan çizgilerini kesiktirmeden çizmişlerdir. Buna rağmen 2D maddesinde (pozitif yüklü içi boş iletken damla

şekli cisim) 3 öğretmen adayının elektrik alan çizgilerini kesiştirdiği görülmüştür. 3B maddesinde (pozitif yüklü iletken kalp şeklindeki cisim) ise öğrencilerin 10'u (%22,73) elektrik alan çizgilerinin kesiştiğini fark etmiş ve bunun hatalı olduğunu belirtmiştir. Bu özelliğe ait toplam başarı puanı 180, başarı oranı %81,82 olmuştur.



Şekil 11
Sırasıyla Ö19, Ö10 ve Ö39 kodlu öğretmen adaylarının çizimleri

Elektrik alan çizgilerini kesişir şekilde çizen öğretmen adaylarının çizimleri Şekil 11'de görülmektedir. Bu öğretmen adaylarına çizimleri sorulduğunda, elektrik alan çizgilerinin kesişmemesi gerektiğini bilmediklerini gösteren ifadeler kullanmışlardır.

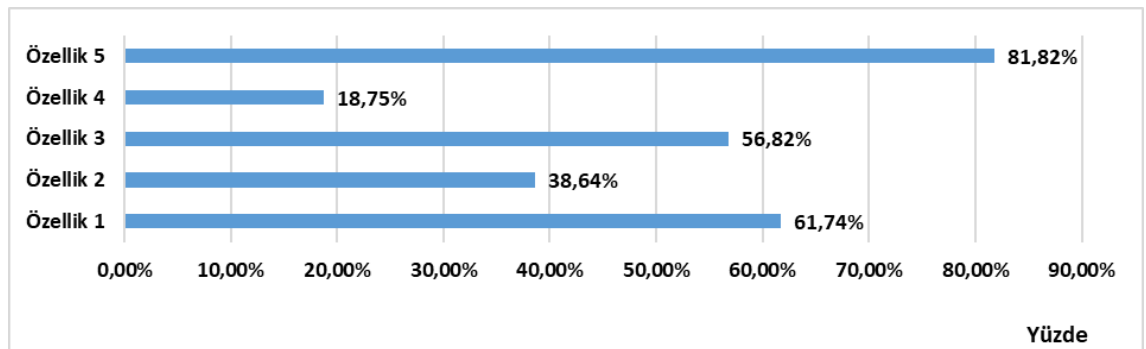
Ö19: "Geniş kısımlarda tamam ama dar kısımda mecburen kesişmek zorunda, başka türlü çizilemez."

Ö10: "Hiç kesişen çizim görmediğimi hatırlıyorum ama bunun kural olduğunu bilmiyordum."

Ö39: "Kesişmez diye bir şey hatırlıyorum ama bu çizimler için geçerli olduğunu düşünmemiştim."

Genel olarak bakıldığında elektrik alan çizgilerinin özelliklerine dair elde edilen başarı yüzdesi ortalamaları Grafik 6'da görülmektedir. Buna göre, EAÇÇE ile yapılan çizimlerin, Öğretmen adaylarının en fazla (%81,82) "elektrik alan çizgileri birbirini kesmez" özelliğini (Özellik 5) yansıttığı görülmüştür. Öğretmen adayları %61,74 oranında çizimlerinde, verilen elektrostatik dengedeki iletkenlerin içinde elektrik alanın sıfır olacağı şekilde (Özellik 1); %56,82 oranında elektrik alan çizgilerinin yönü doğru olacak şekilde (Özellik 3); %38,64 oranında elektrik alan çizgileri yüzeye dik olacak şekilde (Özellik 2) çizimler yapmışlardır. En az görülen özellik ise (%18,75) elektrik alan çizgilerinin sivri uçlarda sık çizilmesi (Özellik 4) olmuştur.

Grafik 6
Öğretmen adaylarının aldıkları puanların özelliklere göre dağılımı



TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öğretmen adaylarının elektrostatik dengedeki iletkenler ve elektrik alan çizgileri konusundaki bilgilerini araştırmak amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, öğretmen adaylarının çizimlerinde en fazla

elektrik alan çizgileri birbirini kesmemesi özelliğine yer verdikleri görülmüştür. Çizimlerde en az görülen özellik ise elektrik alan çizgilerinin sivri uçlarda sık çizilmesi olmuştur.

Araştırma bulgularında dikkati çeken bir nokta da, madde 1’de öğrencilere yöneltilen “elektrostatik dengedeki iletkenlerin özelliklerini yazınız.” sorusunun başarısının her özellik için düşük oluşudur. Buna rağmen öğrencilerin, çizimlerinde, madde 1’de yazmadıkları özelliklere de yer verdikleri görülmüştür. Bu durum, alanyazında belirtilen, çizim yönteminin bilgilerin açığa çıkarılmasında yazmaktan daha etkili olduğu, yazarak ifade etmekte güçlük çeken öğrencilerin kendilerini daha rahat ifade edebildiği bulgularına bir örnek oluşturmuştur (Ayas, 2006; Rennie, & Jarvis, 1995; Thomas, & Silk, 1990; White, & Gunstone, 1992).

Araştırma bulguları, öğretmen adaylarının bazılarının elektrik alan çizgilerinin özelliklerini bildiğini ancak yanlış yorumladığını göstermektedir. Örneğin, öğretmen adaylarının büyük bir kısmı çizimlerinde iletkenin için elektrik alan sıfır olacak şekilde çizim yapmıştır. Çizimlerini açıklamaları istendiğinde ise, bunun nedeni kütle merkezi ya da boşluk-doluluk gibi farklı kavramlarla açıklamışlardır. Öğretmen adayları, farklı çizimlerle elektrik alan çizgilerini verilen cisimlerin yüzeyinin farklı kısımlarında göstermeye çalışmışlardır. Bu durumun, iletkenin içerisinde elektrik alanın neden sıfır olduğunu bilmediklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Garza ve Zabala (2010) da çalışmalarında öğrencilerin iletken cisimler üzerindeki yük dağılımını anlamakta zorlandıklarını belirlemiştir.

Elektrik alan çizgilerinin gösterimi incelendiğinde bazı öğretmen adaylarının elektrik alan çizgileri yerine yük dağılımı kullandıkları görülmüştür. Hatta 2 öğretmen adayı, çizimini yük kavramı ile açıklamıştır. Elde edilen bu bulgu, alanyazında bulunan, öğrencilerin elektrik alan kavramını yük kavramı ile karıştırdıklarını gösteren çalışma bulgularıyla uyum göstermektedir (Hekkenberg, Lemmer, & Dekkers, 2015; Maloney, O’Kuma, Hieggelke, & Heuvelen, 2001; Planicic, 2006; Saarelainen, Laaksonen, & Hirvonen, 2007). Öğretmen adaylarının biri, elektrik alan çizgileri için kullanılan ok gösterimi için cismin yakınında ikinci bir yüke ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir. Bu ifadeden öğretmen adaylarının “sonsuzdaki yük” kavramını bilmedikleri, elektrik alan çizgilerini sonlandırmak için yakınında yüklü bir cisme ihtiyaç duydukları anlaşılmaktadır. Bunun nedeni, elektrik alanın kaynağı olarak yükün algılanması, öğretmen adaylarının yükün olmadığı noktada elektrik alanın olmayacağını düşünmeleri ile açıklanabilir (Bohigas, & Periago 2010; Furió, & Guisasola, 2001; Velazco, & Salinas, 2001). Chabay ve Sherwood (2000), yük kavramı anlaşılmadan alan kavramının anlaşılmasının mümkün olmadığını belirtmiştir. Buna göre çalışmanın tüm aşamalarında yapılan hatalı çizimlerin yük kavramının doğru olarak anlaşılmasından kaynaklandığı sonucuna ulaşılabılır. Öğrencilerin, yük ile elektrik alan arasında bağlantı kuramadıkları görülmüştür. Elektrik alanın elektrik yüklerinden kaynaklandığı bilgisine sahip olduklarında yaptıkları birçok hatanın düzeleceği düşünülmektedir.

Öğretmen adaylarının iki pozitif yüklü küre ya da pozitif ve negatif yüklü küreler için yaptıkları çizimler karşılaştırıldığında elektrik alan çizgilerinin yönü için tutarlı çizimler yapmadıkları görülmüştür. Garza ve Zabala (2010) da çalışmalarında, öğrencilerin cisimlerin yüklerine dikkat etmeden alan çizgilerini rastgele çizdiklerini belirlemiştir. Bu yönüyle iki çalışmada benzer bulgulara ulaşılmıştır. Ayrıca, 4 öğretmen adayı elektrik alan çizgilerini saat yönünde bükerek, 2 öğretmen adayının ise yüzeyi saran çemberler şeklinde çizdiği görülmüştür. Bu öğretmen adayları açıklamalarında elektrik alan çizgilerinin cisimlerin şekillerine bağlı olduğunu, yüzeyi sarması gerektiğini ifade etmişlerdir. Buradan, Öğretmen adaylarının elektrik alan çizgilerini elektrik akısı hesaplamakta kullanılan Gauss yüzeyi ile karıştırdıklarını aklı getirmiştir.

Öğretmen adayları arasında en az bilinen özelliğin “elektrik alan çizgilerinin sivri uçlarda sık çizilmesi” olduğu tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarına yöneltilen sorularda bu özelliği bilmedikleri için çizimlerine yansıtmadıkları, bazılarının ise bildiği ama anlamadığı görülmüştür. Benzer sonuçlar lise öğrencileriyle yapılan çalışmalarda da görülmüştür (Taşkın, & Ünlü Yavaş, 2019).

Öğretmen adayları çizimlerini açıklamak için “ağır olmak, itmek, eğilmek” gibi ifadeler kullanmışlardır. Alanyazında yapılan çalışmalar, öğrencilerin kavramlar için bilimsel ifadeler yerine günlük konuşma dilindeki ifadeleri tercih ettiklerini ve bunun anlamayı etkileyen en önemli etkenlerden biri olduğunu göstermektedir (Akdeniz, Bektaş, & Yiğit, 2000; Bak, Ayas, & Devocioğlu, 2005; Duit, & Rhöneck, 1997). Benzer şekilde Duit ve Rhöneck (1997), elektrik konusundaki kavram yanlışlarını inceledikleri çalışmada, kavram yanlışlarının günlük dil ile fizikte kullanılan kavramlar arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada da öğrencilerin elektrik alan çizgilerini hakkında kullandıkları hatalı ifadelerde günlük dilin etkisi görülmektedir. Bu durum, alan çizgilerinin cisimle etkileştiğini düşünmelerine ve elektrik alan çizgilerine somutlaştırma eğiliminde olmalarına yol açmıştır. Buradan yola çıkılarak öğrencilerin, alanın vektörel doğasını da anlamadıkları ve elektrik alan çizgilerinin gerçek olduğunu düşündüklerini anlaşılmaktadır. Bu yönüyle, araştırma bulgularının alanyazınla paralellik gösterdiği görülmektedir (Bradamente, Micheli, & Stefanel, 2007; Povoci, & Finley, 2002; 2003; 2007; Saarelainen, Laaksonen, & Hirvonen, 2007; Taşkın, & Ünlü Yavaş, 2019). Aynı zamanda buradan, elektrik alanın tanımlanması konusunda sıkıntı yaşadığını gösteren çalışma bulguları ile de benzerlik yakalanmıştır (Bradamente et al. 2006; Bohigas, & Periago, 2010; Furió, & Guisasola 1998; Martín, & Solbes 2001; Saarelainen et al. 2009).

Elektrik alan konusunun anlaşılması, daha sonraki aşamalarda öğretilecek manyetik alan konusunun anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle, derslerde elektrik alanın tanımının anlaşılmasının ve vektörel doğasının vurgulanmasının öğrenmede yaşanacak zorlukların önüne geçeceği düşünülmektedir. Öğrencilere farklı şekillere sahip cisimler için elektrik alan çizgilerinin nasıl çizildiği gösterilebilir. Bu çizimlerin nedenleri tartışılabilir.

Çıkar Çatışması Bildirimi

Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve / veya yayınlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Destek/Finansman Bilgileri

Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve / veya yayınlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır.

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Acar, B., & Tarhan, L., (2008). Effects of Cooperative Learning on Students' Understanding of Metallic Bonding. *Resarch in Science Education*, 38, 401-420.
- Ayas, A., (2006). Kavram Öğrenimi, Fen ve Teknoloji Öğretimi (Edt: S. Çepni). Pegema Yayıncılık, Ankara.
- Akdeniz, A. R., Bektaş, İ., & Yiğit, N. (2000). İlköğretim 8. Sınıf Öğrencilerinin Temel Fizik Kavramlarını Anlama Düzeyi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 5-14.
- Bak, Z., Ayas, A., & Devcioğlu, Y. (2005). Öğretmen Adaylarında Isı ve Sıcaklıkla İlgili Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi. XIV. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi, cilt II, s: 197-202. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi.
- Bilal, E., & Erol M., (2009). Investigating Students' Conceptions of Some Electricity Concepts. *Latin American Journal of Physics Education.*, 3(2), 193-201.
- Bradamente, F., Michelini ,M., & Stefanel, A. (2007). Learning problems related to the concept of field. *Proc. Int. Symp. on the Frontiers of Fundamental and Computational Physics (Italy)*, 1 (The Netherlands: Springer), 367-79.
- Bohigas, X., & Periago, M. C. (2010). Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de Ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el Campo Eléctrico. *Revista electrónica de investigación educativa*, 12(1), 1-15.
- Büyükoztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., Demirel, F. (2013). Bilimsel araştırma yöntemleri. (15. Baskı). Ankara: Pegem A Yayınları.
- Chabay, R., & Sherwood, B. (1995). *Electric and Magnetic interactions*. New York: Wiley.
- Chen, A. K., & Kwen, B. H. (2005). Primary Pupils' Conceptions About SomeAspect of Electricity. <http://www.aare.edu.au/98pap/ang98205.html> adresinden 10.08.2018 tarihinde erişilmiştir.
- Çepni, S. (2010). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş*. Trabzon: Akademi Kitabevi.
- Dunn, J. W., & Barbanel, J., (2000). One model for an integrated math/physics course focusing on electricity and magnetism and related calculus topics. *Am. J. Phys.* 68, 749-57.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions-developments and trends. In *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Ithaca, NY: Misconceptions Trust.
- Duit, R., & Rhöneck, C. (1997). Learning and Understanding Key Concepts of Electricity, <http://www.physics.ohio-state.edu/jossem/ICPE/C2MC.html>
- Eylon, B. S., & Ganiel, U. 1990 Macro-micro relationships: the missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning. *Int. J. Sci. Educ.* 12, 79-94.
- Furi`o, C., & Guisasola J. (1998). Difficulties in learning the concept of electric field. *Sci. Educ.* 82, 511-26.
- Furi`o, C., Guisasola, J., & Zubimendi, J. L. (1998). Problemas hist`oricos y dificultades de aprendizaje en la interpretaci`on newtoniana de fen`omenos electrost`aticos considerados elementales. *Investiga,coes em Ensino de Ci^encias*, 3(3).
- Garza, A., & Zavala, G. (2010). Electric field concept: Effect of the context and the type of questions. In *AIP Conference Proceedings (Vol. 1289, No. 1, pp. 145-148)*. AIP.

- Guisasola, J. (1997). El trabajo científico y las tareas en la electrostática en textos. De Bachillerato. *Alambique*, 11, 45–54.
- Hekkenberg, A., Lemmer, M., & Dekkers, P. (2015). An analysis of teachers' concept confusion concerning electric and magnetic fields. *African J. of Res. in Mathematics, Sci. and Tech. Edu.*, 19(1), 34–44.
- Hestenes, D. (1996). Modeling Methodology For Physics Teachers. Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education. <http://modeling.asu.edu/R&E/ModelingMethod98.pdf> adresinden 15.11.2008 tarihinde erişilmiştir.
- Hestenes, D., & Wells, M., (1992). A Mechanics Baseline Test, *The Physics Teacher*, 30, 159–1162.
- Işık, C. (2011). İlköğretim matematik öğretmenleri adaylarının kesirlerde çarpma ve bölme yönelik kurdukları problemlerin kavramsal analizi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 231–243.
- Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: using drawings as a research method. *World Appl Sci J*, 3, 283–293.
- Kümbetoğlu, B. (2005). Sosyolojide ve antropolojide niteliksel yöntem ve araştırma. İstanbul: Bağlam Yayıncılık.
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying Students' Conceptual Knowledge of Electricity and Magnetism. *American Journal of Physics*, 69 (1), 12–23.
- Martín, J., & Solbes Matarredona, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de "campo" en física. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 393–403.
- Melo-Niño, L., Cañada, F., & Mellado, V. (2017). Initial characterization of Colombian high school physics teachers' pedagogical content knowledge on electric fields. *Research in Science Edu.*, 47(1), 25–48.
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). *Research in Education: Evidence-Based Inquiry* (7th edition). London: Pearson.
- Nguyen, N. L., & Meltzer, D. E. (2003). Initial understanding of vector concepts among students in introductory physics courses *Am. J. Phys.*, 71, 630–8.
- Osbeck, L. M., & Nersessian, N. J. (2006). The distribution of representation. *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 36(2), 141–160. doi:10.1111/j.1468-5914.2006.00301.x.
- Özay, E., & Öztas, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *J. of Biological Education*, 37, 68–70.
- Özdemir, M. (2010). Nitel Veri Analizi: Sosyal Bilimlerde Yöntembilim Sorunsalı Üzerine Bir Çalışma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 323–343.
- Planinic, M. (2006). Assessment of Difficulties of Some Conceptual Areas From Electricity and Magnetism Using The Conceptual Survey of Electricity and Magnetism. *Am. J. of Physics*, 74, 1143–1148.
- Prokop, P., & Fancovicová, J. (2006). Students' ideas about the human body: Do they really draw what they know? *J. Baltic Sci. Edu.*, 2(10), 86–95.
- Pocovi, M. C. (2007). The Effects of a History-Based Instructional Material on the Students' Understanding of Field Lines. *Journal of Research in Science Teaching*. 44, 107–132.
- Povoci, M. C., & Finley, F. (2002). Lines of force: Faraday's and students' views. *Sci. Educ.*, 11, 459–74.
- Pocovi, M. C., & Finley, F. (2003). Historical evolution of the field view and textbook accounts. *Sci. Educ.* 12, 387–96.
- Povoci, M. C., & Finley, F. (2007). The effects of a history-based instructional material on the students' understanding of field lines. *J. Res. Sci. Teach.*, 44, 107–32.
- Rennie, L. J., & Jarvis, T. (1995). Childrens choice of drawings to communicate their ideas about technology. *Research in Science Education*, 25(3), 239–252.
- Saarelainen, M., Laaksonen, A., & Hirvonen, P. E. (2007). Students' initial knowledge of electric and magnetic fields—more profound explanations and reasoning models for undesired conceptions. *Eur. J. Phys.* 28, 51–60.
- Saarelainen, M., Laaksonen, A., & Hirvonen, P. E. (2009). Designing a teaching sequence for electrostatics at undergraduate level by using educational reconstruction. *Latin Am. J of Physics Edu.*, 3(3), 518–526.
- Sandoval, M., & Mora, C. D. (2009). Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3, 647–655.
- Sönmez, V., & Alacapınar, F. G. (2011). Örneklendirilmiş bilimsel araştırma yöntemleri. Ankara: Anı yayıncılık.
- Şahin, Ç., İpek, H., & Ayas, A. (2008, June). Students' understanding of light concepts primary school: A cross-age study. In *Asia-Pacific Forum on Science learning and teaching* (Vol. 9, No. 1, pp. 1–19). The Education University of Hong Kong, Department of Science and Environmental Studies.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.

- Stocklmayer, S. M., & Treagust, D. F. (1994). A historical analysis of electric currents in textbook: A century of influence in physics education. *Science and Education*, 3, 131–154.
- Strube, P. (1988). The presentation of energy and fields in physics texts: A case of literary inertia. *Physics Education*, 23, 366–371.
- Taşkın, T., & Yavaş, P. Ü. (2019). Examining Knowledge Levels of High School Students Related to Conductors at Electrostatic Equilibrium and Electric Field Lines Using the Drawing Method. *Research in Science Education*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9808-6>
- Thong, W. M., & Gunstone, R. (2008). Some student conceptions of electromagnetic induction. *Research in Science Education*, 38(1), 31-44.
- Törnkvist, S., Petterson, K. A., & Transtömer, G. (1993). Confusion by representation: on students' comprehension of the electric field concept. *Am. J. Phys.*, 61, 335-338.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. The Falmer Press, London.
- Velazco, S., & Salinas, J. (2001). Comprensión de los conceptos de campo, energía y potencial eléctricos y magnéticos en estudiantes universitarios. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(3), 308-318.
- Viennot, L., & Raison, S. (1992). Students' reasoning about the superposition of electric fields. *Int. J. Sci. Educ.* 14, 475–87.
- Viennot, L., & Raison, S. (1999). Design and evaluation of a research-based teaching sequence: the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, 21(1), 1–16.
- Uzunkavak, M. (2009). Öğrencilerin iş kavramında pozitiflik-negatiflik ayrımı becerilerinin yazı ve çizim metoduyla ortaya çıkarılması. *SDU International Journal of Technologic Sciences*. 1(2), 10-20.

İletişim/Correspondence

Dr. Tuğba TAŞKIN

tcopur@gazi.edu.tr

Prof. Dr. Pervin Ünlü YAVAŞ

pgunes@gazi.edu.tr