

**Examining the students' understanding level towards the concepts of
magnetic field: the case of conducting wire**
**Öğrencilerin manyetik alan kavramına yönelik anlama düzeylerinin
belirlenmesi: iletken tel durumu**

Özgür Özcan *, Hacettepe University, Faculty of Education, Ankara 06800, Turkey

Suggested Citation:

Ozcan, O. (2019). Examining the students' understanding level towards the concepts of magnetic field: the case of conducting wire. *International Journal of Innovative Research in Education*.6(2), 40-46. <https://doi.org/10.18844/ijire.v6i2.4425>

Gönderim 21 Temmuz, 2019; Düzeltme 12 Ekim, 2019; Kabul edilen 9 Aralık, 2019.

Seçim ve hakem süreci sorumlusu Assoc. Prof. Dr. Zehra Ozcinar Teacher Training Academy.

©2019 United World Center of Research Innovation and Publication. All rights reserved.

Abstract

The electromagnetism is one of the important topics in physics and it has quite a lot of applications in a wide range of area. It also examines the electromagnetic force researches that occur between the electrically charged particles. On the other hand, examination of the magnetic field around the conductors and the movement of the charged particles in the electromagnetic field is quite interesting topics on that the physics researchers intensively investigated. The electromagnetic theory has an abstract nature, because the university level students have many learning and understanding difficulties about the concepts related to these topics. In realization of meaningful learning, the role of the students' prior knowledge about the aforementioned concepts is becoming important. This study aims to investigate the understanding of 12 pre-service physics teachers related to the concept of moving particles in an electromagnetic field by using the qualitative research methods. The data collected through the test consisting of three question and it was analysed by using content analysis method. The understanding levels and the alternative conceptions of the pre-service physics teachers were determined by different categories at the end of the content analyses process.

Keywords: Alternative conceptions, electromagnetism education, pre-service physics teachers; understanding level;

* ADDRESS FOR CORRESPONDENCE: **Özgür Özcan**, Hacettepe University, Faculty of Education, Ankara 06800, Turkey
E-mail address: ozcano@hacettepe.edu.tr

Özet

Elektromanyetik konusu fiziğin önemli konularından biridir ve birçok farklı alanda uygulamaları da mevcuttur. Fiziğin bu konusu aynı zamanda yüklü parçacıkların etkileşmesi ile ortaya çıkan elektromanyetik kuvveti de araştırmaktadır. Diğer taraftan fizik eğitimcileri hem bir iletkenin etrafından oluşan manyetik alan hem de bir manyetik alan içinde hareket eden yüklü bir parçacık ile ilgili konuları hakkında oldukça yoğun araştırmalar yapmaktadırlar. Bu bağlamda, üniversite düzeyindeki öğrenciler konunun soyut yapısından dolayı elektromanyetik teori ile ilgili kavramlara yönelik oldukça fazla anlama ve öğrenme güçlüklerine sahiptirler. Bu anlamda düşünülecek olursa, bu konu ile ilgili anlamlı öğrenmenin sağlanabilmesi için adayların elektromanyetik alan içinde hareket eden bir parçacık ile ilgili anlamları nitel araştırma yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır. Araştırma verileri üç sorudan oluşan test yardımıyla toplanmıştır ve içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan içerik analizi yardımıyla, fizik öğretmeni adaylarının alternatif kavramları ve anlam düzeyleri kategoriler biçiminde belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Alternatif kavramlar; anlama düzeyleri, elektromanyetizma eğitimi; fizik öğretmen adayları.

1. Giriş

Doğada gözlemlenen olayların veya olguların altında yatan bilimsel gerçekler ancak iç tutarlığı sağlanmış bilimsel teoriler sayesinde açıklanabilir. Akım taşıyan iletkenin etrafında oluşan manyetik alan kavramı ve bir manyetik alan içine giren yüklü bir parçacığın hareketi de önemli bir kavramdır ve bu türden bilimsel bir teori ile açıklanmaktadır. Elektromanyetik teori olarak adlandırılan bu teinin oldukça geniş bir uygulama alanı vardır. Şüphesiz fizik eğitimi alanında fiziğin farklı konuları ile ilgili fizik öğretmen adaylarının karşılaştıkları güçlükleri konu edilen birçok araştırma mevcuttur. Bu konulardan elektromanyetizma konusu da oldukça yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Elektromotor kuvveti (emk) kavramına yönelik üniversite öğrencileri ile yapılan bir çalışmada, çok az sayıda öğrencinin emk kavramını doğru anladığı belirlenmiştir ve bu öğrencilerin bu kavramı potansiyel fark kavramından ayırt etmekte oldukça güçlük yaşadıkları tespit edilmiştir. Diğer taraftan araştırma sonunda geleneksel öğretim, çoğu öğrencinin cevabın sistematik açıklayıcı model gerektirdiği bilinmeyen bağlamları analiz etmesine izin vermeyeceği belirlenmiştir (Zuza, De Cock, van Kampen, Bollen & Guisasola, 2016). Gunstone, Mulhall and McKittrick tarafından öğretmenler ile yapılan başka bir çalışmada, gerilim, potansiyel fark ve elektromotor kuvveti kavramlarına yönelik anlama güçlüklerinin olduğu ve aynı zamanda öğretmenlerin bu kavramları birbirlerinden ayırt edemedikleri tespit edilmiştir. Diğer taraftan birçok öğrenci elektrostatik alandaki potansiyel fark ile indüklenen elektrik alandaki emk kavramı aynı kavram olarak değerlendirmektedir ve emk'nın kaynağını anlayamamaktadırlar (Meng Thong & Gunstone, 2008; Zuza, Guisasola, Micheli & Santi, 2012).

Başka bir çalışmada, kavramsal değişime dayalı sınıf içi etkinliklerin öğrencilerin elektromanyetik indüksiyon ve elektromanyetizma ile ilgili kavramları anlamalarına etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçları, sınıf içi etkinlikler ve gösterilerle desteklenmiş bir dersin geleneksel öğretim ile yapılandırılan daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca çalışma kapsamında öğrencilerin elektromanyetizma ve elektromanyetik indüksiyon konuları ile ilgili sahip oldukları kavramsal zorluklarda belirlenmiştir (Neo & Yap, 2009). Zuza, van Kampen, De Cock, Kelly, & Guisasola (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada, üniversite öğrencilerinin elektromanyetizma ile ilgili fiziksel olguların tanımını yaparken klasik alan teorisini nasıl kullandıkları araştırılmıştır. Bu çalışma ile öğrencilerin büyük çoğunluğunun alan kavramı ile ilgili tutarlı fikirlerinin olmadığı tespit edilmiştir. Manyetik alan kavramların anlaşılması ile ilgili lise ve üniversite öğrencileri ile yapılan araştırmalarda alan ve kuvvet kavramlarına yönelik yaygın olarak alternatif kavram ve anlama güçlükleri tespit edilmiştir (Guisasola, 2014). Birçok araştırmacı parçacık tabanlı bir etkileşmeyi temel alan Newtoncu yaklaşım yerine, kaynak ve alan

tabanlı yaklaşımı esas alan Maxwell yaklaşımının bu türden anlama problemlerini çözebileceğini düşünmektedirler (Kohlmyer, et al., 2009; Scaife & Heckler, 2010; Kesonen, Asikainen & Hirvonen, 2011).

Bu makalede, fizik öğretmeni adaylarının elektromanyetizma bağlamında karşılaştıkları anlama güçlükleri veya sahip oldukları alternatif kavramlar söz konusu kavramlara yönelik anlama düzeylerinin belirlenmesi ile incelenecektir. Bu bağlamda aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır.

1. Fizik öğretmen adaylarının akım geçen bir iletken ile ilgili manyetik kuvvet ve manyetik alan kavramlarına yönelik anlama düzeyleri nelerdir?
2. Sabit ve düzgün bir manyetik alan içinde sabit V hızıyla hareket ettirilen bir iletkene yönelik fizik öğretmen adaylarının alternatif kavramları nelerdir?

2. Yöntem

Bu çalışma nitel araştırma yöntemlerinden olgubilim yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Bu bağlamda olgubilim yöntemi farkında olduğumuz ancak tam anlamıyla kavrayamadığımız durumların araştırılmasında kullanılan bir yöntemdir. (Yıldırım & Şimsek, 2008). Çalışmada olgu olarak akım geçen bir iletken tel etrafında oluşan manyetik alan kullanılmıştır. Fizik öğretmeni adaylarının manyetik alan kavramına yönelik anlama düzeylerinin belirlenmesinde, araştırmacı tarafından oluşturulan üç soruluk bir test kullanılmıştır.

2.1. Katılımcılar ve Ders İçeriği

Çalışmanın katılımcıları amaçlı örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemin kullanılmasının nedeni, araştırmanın odaklandığı soruları detaylı bir biçimde ortaya koymak için zengin veriler elde etmektir. Çalışmanın yürütüldüğü öğretmen adaylarının yaşları 19-24 arasında değişmektedir ve çalışma gönüllülük esasına göre yürütülmüştür. Katılımcıların sekiz tanesi kadın, dört tanesi de erkektir ve tüm katılımcılar elektrik ve manyetizma ile ilgili dersleri başarıyla tamamlamışlardır. Dersler çoğunlukla öğretmen merkezlidir ve kavram haritaları, gösteri deneyleri ve bilgisayar destekli öğretim gibi özel öğretim teknikleri kullanılmamıştır.

2.2. Verilerin Toplanması ve Analizi

Çalışmaya kaynak oluşturacak veriler araştırmacı tarafından oluşturulan üç açık uçlu soru yardımıyla toplanmıştır. Bu sorulardan ilki akım geçen bir iletken üzerinde bir manyetik kuvvetin oluşup oluşmayacağı ile ilgilidir. İkinci soruda ise, akım geçen iletkenin V sabit hızıyla sağa doğru hareketinin iletken üzerinde bir manyetik kuvvet oluşturup oluşturmayacağı sorgulanmıştır. Son olarak üçüncü soruda öğretmen adaylarının, düzgün bir manyetik alan içinde sabit V hızıyla sağa doğru çekilen bir iletken üzerinde bir kuvvetin oluşup oluşmayacağı ve bir akımın indüklenmesi ile ilgili düşünceleri sorgulanmıştır. Bu soruların katılımcılar tarafından cevaplanması için 25 dakika süre verilmiştir. Bu süre sonunda toplanan veriler içerik analiz yöntemine göre analiz edilmiştir. Analizlere dayalı olarak kategoriler belirlenmiştir ve araştırmada yer almayan bir fizik eğitimcisi tarafından yapılan bağımsız analizlerin sonuçları ile karşılaştırılarak nihai kategoriler oluşturulmuştur. Bu karşılaştırmaların ilkinde %90 civarında bir uyum sağlanmıştır. Araştırmacı ve fizik eğitimcisi ile birlikte yapılan ikinci analiz sonunda tüm kategorilerde tam uyum sağlanmıştır.

2.3. Geçerlik ve Güvenirlik

Özellikle nitel araştırmalarda, araştırmanın geçerlik ve güvenirliliği oldukça önemlidir. Bu çalışmada, geçerlik için katılımcılara, veri toplama araçları ve verilerin analizi süreci açık bir şekilde anlatılmıştır.

Böylece benzer bir araştırmanın yapılması durumunda, katılımcıların özellikleri ve veri toplama araçları ile birlikte bu verilerin analizinde nasıl bir yol izlendiği açık bir şekilde bilinecektir. Güvenirlik çalışması için ise, araştırma sorularına ait bulguların oluşturulmasında kodlayıcılar arası güvenilirlik hesaplanmıştır (Miles & Huberman, 1994). Söz konusu güvenilirlik katsayısı iki araştırmacı tarafından yapılan veri analizi sonuçlarının karşılaştırılması ile elde edilmiştir. İlk analizde güvenilirlik katsayısı 0.92 bulunurken, araştırmacılar arasında yapılan ikinci değerlendirme ile tam uyum sağlanmıştır.

3. Bulgular

Bu kısımda araştırma kapsamında toplanan veriler analiz edilerek elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Öncelikle birinci araştırma sorusuna yönelik bulgular özet olarak Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde öğretmen adaylarının anlama düzeyleri “tam anlama”, “eksik/yanlış anlama” ve “hiç anlamama” (Özcan, 2013) olmak üzere üç kısımda incelenmiştir. Fizik öğretmen adaylarının akım geçen bir iletkenin etrafında oluşan manyetik alan ve manyetik kuvvet ile ilgili açıklamaları “doğru açıklama” ve “yanlış açıklama” olmak üzere iki şekilde kodlanmıştır. Soruları yanıtız bırakanlar öğretmen adaylarının cevapları ise “yanıtız” olarak etiketlenmiştir.

3.1. Fizik Öğretmen Adaylarının Manyetik Alan ve Manyetik Kuvvet ile ilgili Anlama Düzeyleri

Tablo 1 incelendiğinde, her üç soruyu da doğru yanıtlayan sadece bir öğretmen adayının olduğunu görebiliriz (K11). Bu öğretmen adayı soruları hem doğru cevaplamıştır hem de açıklamaları bilimsel bilgilerle örtüşür niteliktedir. Diğer taraftan K9 olarak kodlanan fizik öğretmen adayı sadece ilk soruyu doğru olarak cevaplarken, diğer iki soru için yanlış açıklamalarda bulunmuştur. Ayrıca bu öğretmen adayının anlama düzeyi ise her üç soru için Eksik/Yanlış anlama düzeyi olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Fizik Öğretmen adaylarının anlama düzeyleri

Katılımcılar (K)	S1	S2	S3
K1	+, E/Y-A	+, E/Y-A	-, E/Y-A
K2	+, TA	+, E/Y-A	-, E/Y-A
K3	+, TA	+, TA	-, E/Y-A
K4	+, TA	+, TA	-, E/Y-A
K5	+, TA	YnZ	-, E/Y-A
K6	-, AnL	-, AnL	-, AnL
K7	-, AnL	-, AnL	-, AnL
K8	-, AnL	-, AnL	-, AnL
K9	+, E/Y-A	-, E/Y-A	-, E/Y-A
K10	-, AnL	-, AnL	-, AnL
K11	+, TA	+, TA	+, TA
K12	YnZ	YnZ	YnZ

+: Doğru açıklama, -: Yanlış açıklama, TA: Tam anlama, E/Y-A: Eksik/Yanlış Anlama, AnL: Anlamama, YnZ: Yanıtız

Dört öğretmen adayı tüm soruları yanlış olarak cevaplamıştır. Bu öğretmen adaylarının anlama düzeyi ise “Anlamama” olarak belirlenmiştir (K6, K7, K8 ve K10). Bu öğretmen adaylarının manyetik kuvvet ve manyetik alan içinde bulunan bir iletkene etkiyen kuvvet ile ilgili birçok alternatif kavrama sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu alternatif kavramların neler olduğu ile ilgili detaylı açıklamalar çalışmanın ikinci araştırma sorusuna ait bulgular kısmına verilmiştir. Başka bir ifade ile bu öğretmen

adaylarının manyetik kuvvet ve indüklenmiş elektromotor kuvveti ile ilgili sahip oldukları bilgiler kabul edilebilir bilimsel bilgilerle örtüşen nitelikte değildir. K12 olarak kodlanan katılımcı tüm soruları cevapsız bırakmıştır. Öğretmen adaylarının cevaplarına genel olarak bakıldığında, özellikle ilk iki soruya doğru açıklama yapıldığı görülmektedir. Buna bağlı olarak öğretmen adaylarının anlama düzeyleri genel olarak “Tam Anlama” olarak tespit edilmiştir.

3.2. Fizik Öğretmen Adaylarının Alternatif Kavramları

Anlama düzeylerinden bağımsız olarak birçok öğrenci alternatif kavrama sahip olabilir. Yani, bir öğrencinin anlama düzeyi “tam anlama” dahi olsa bu öğrenci söz konusu kavram veya kavramlara yönelik alternatif fikirlere ya da kavram karmaşasına sahip olabilir. Çalışmaya katılan öğretmen adaylarından beş tanesi bu türden bir alternatif kavrama sahiptirler. Bu öğretmen adaylarından sadece bir tanesinin (K9) anlama düzeyi “Eksik/Yanlış Anlama” olarak tespit edilmiştir. Diğer öğretmen adaylarının (K6, K7, K8, K10) anlama düzeyleri “Anlamama” olarak belirlenmiştir. Bu öğretmen adaylarının cevapları incelendiğinde, bazılarının hem matematiksel hem de kavramsal, bazılarının ise sadece kavramsal zorluklara sahip oldukları söylenebilir. Başka bir ifade ile manyetik alan içinde hareketli bir iletken durumu daha çok yüklü bir parçacığa etki eden kuvvet kavramı ile karıştırılmıştır. Buna bağlı olarak öğretmen adaylarının bir kısmı matematiksel bağıntıyı hatalı olarak yazdığı için matematiksel zorluklara sahiptir, diğer kısmı ise açıklamalarını yanlış bilimsel çerçeveye oturttukları için konunun kavramsal içeriği ile ilgili alternatif kavramlara sahiptirler. Fizik öğretmen adaylarını sahip oldukları alternatif kavramlara örnekler aşağıda verilmiştir.

“K6: Manyetik alan içinde hareket eden iletkene bir kuvvet etki eder ve bu kuvvet $F = qV \times B$ ile verilir. Kuvvet burada sayfa düzleminde dışı doğrudur.”

K8 olarak kodladığımız bir diğer fizik öğretmen adayı da yine benzer bir biçimde, manyetik alan içinde hareket eden yüklü bir parçacığa etki eden kuvvet bilgisini kullanarak açıklamalarda bulunmuştur.

K8: Manyetik alan içinde V hızı ile hareket eden cisme (yüklü parçacığa) kuvvet etki eder. $V \perp B$ olduğu için F_B (manyetik kuvvet) bahsedebiliriz. Sağ el kuralına göre de kuvvetin yönünü buluruz.

Yukarıda verilen alıntıdan da anlaşılacağı üzere, bu öğretmen adayı, yüklü parçacıklara etki eden manyetik kuvvet ifadesini yanlış kullanmıştır. Ayrıca, kuvvetin yönünü de sağ el kuralını hatalı uygulamasından dolayı yanlış olarak tespit etmiştir. Bir başka örnek alıntı da aşağıdaki gibidir.

“K7: Bu iletkene (düzgün manyetik alan içinde sabit hızla hareket eden) kuvvet etki eder ve sağ el kuralına göre kuvvetin yönü de $-y$ yönündedir. Manyetik kuvvet elektrik akımı, elektrik akımı da manyetik kuvvet oluşturur.”

Aslında burada öğretmen adayından iletkenin manyetik alan içinde hareket etmesi ile bir indüksiyon emk sinin oluşacağını ifade etmesi beklenirken, bu öğretmen adayı oluşan manyetik kuvvetin elektrik akımını oluşturacağını belirtmiştir. Bu durumda öğretmen adayının hem manyetik kuvvetin oluşmasına yönelik hem de indüksiyon emk sinin nasıl oluştuğuna dair alternatif kavramlara sahip oldukları söylenebilir. Diğer öğretmen adaylarının fikirlerinden farklı bir fikir ileri süren ve K9 olarak kodladığımız öğretmen adayı ise iletken üzerinde bir akımın oluşacağını ve bu akımın da dış manyetik alana zıt yönde bir manyetik alan olarak belirlenebileceğini ifade etmiştir. Bu öğretmen adayının ifadesi aşağıdaki gibidir.

K9: Manyetik kuvvet etkir ve akım oluşur. Tele bir manyetik alan etkidiği için tel üzerinde bir akım oluşur ve tel üzerine bir manyetik alan ve bir manyetik kuvvet etkir.

Düzgün bir manyetik alan içinde hareket eden bir iletken sorusuna sadece bir fizik öğretmen adayı (K11) doğru cevap vererek bilimsel bilgilerle örtüşen bir açıklamada bulunmuştur. Bu öğretmen adayı yaptığı açıklamada, böyle bir iletkende bir emk'nın indükleneyeceğini ve iletken uçları kapalı bir ilmek haline getirildiğinde iletken üzerinde bir akımın oluşacağını ifade etmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Öğretmen adaylarının fizik kavramlarını yorumlamaları veya bu kavramlara yönelik yaptıkları açıklamalar, öğretimin oldukça önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Hangi kavramların öğrenciler tarafından iyi anlaşıldığının belirlenmesi veya öğrencilerin hangi kavramlara yönelik anlama güçlüklerine sahip olduklarının tespit edilmesi sınıf içi etkinliklerin iyileştirilmesi ve programların revize edilmesine rehberlik edebilir. Yapılan çalışmalarda belirlenen alternatif kavramlar veya anlama güçlükleri eğitimcilerin söz konusu kavramlara yönelik daha dikkatli bir öğretim sürecinin planlanmasını tetiklemektedir. Bu bağlamda çalışma bulgularına paralel olarak üniversite düzeyinde öğrenciler ile yapılan elektromanyetik indüksiyon kavramına yönelik çalışmada, öğrencilerin çoğunun makro ve mikro düzeyleri ayırt etmekte zorlandıkları tespit edilmiştir (Jenaro Guisasola, Almudib & Zuzab, 2011). Böylece öğrencilerin kavramlara yönelik güçlü ve zayıf yönleri tespit edilmiştir ve bu sonuçlar program geliştiricilere oldukça yararlı bilgiler sunmuştur.

Çalışmada belirlenen manyetik alan ile ilgili bulgular öğrencilerin bilgi yapılarının kararlı olmadıklarını gözlenmiştir. Başka bir ifade ile öğretmen adaylarının hazırlanan üç farklı bağlama yönelik verdikleri cevaplar, aslında zihinlerinde manyetik alan kavramına yönelik anlamlı bir bütün oluşturamayan bilgi yapısının varlığını kanıtlar niteliktedir. Bu bağlamda benzer bir çalışma lise öğrencileri ile yapılmıştır ve öğrencilerin elektromanyetik kavramlara yönelik tutarlı olmayan ve anlama güçlükleri içeren cevaplar verdikleri tespit edilmiştir. Yani bu elektromanyetik kavramlar ile ilgili zihinlerine kararlı ve uyumlu bilgi yapılarının olmadığı belirlenmiştir (Sağlam, & Miller, 2006).

Manyetik alan kavramı öğrenciler tarafından sezgisel olarak rahatlıkla anlaşılabilir bir kavram değildir. Bu çalışmada da manyetik alan kavramı kullanılarak öğretmen adaylarının verilen üç farklı durumu açıklamaları kolay olmamıştır. Her şeyden önce "alan" kavramı öğrencilere oldukça uzak ve zihinlerinde canlandırılması oldukça zor bir kavramdır. Öğretmen adaylarının lise yıllarında ağırlıklı olarak maddenin tanecikli yapısı ve bu parçacıkların birbirleriyle etkileşimi Newton mekaniği bağlamında detaylı öğrenildiği için, alan kavramını içselleştirip doğru bir biçimde kullanmakta zorlanmaktadırlar. Manyetik alan kavramların anlaşılması ile ilgili lise ve üniversite öğrencileri ile yapılan araştırmalarda benzer bir sonuçla karşılaşmaktayız. Bu çalışmalarda alan ve kuvvet kavramlarına yönelik yaygın olarak alternatif kavram ve anlama güçlükleri tespit edilmiştir (Guisasola, 2014). Bu durumu tespit eden birçok araştırmacı parçacık tabanlı bir etkileşmeyi temel alan Newtoncu yaklaşım yerine, kaynak ve alan tabanlı yaklaşımı esas alan Maxwell yaklaşımının ortaya çıkabilecek anlama güçlükleri ve alternatif kavramlar problemlerini çözebileceğini düşünmektedirler (Kesonen, Asikainen & Hirvonen, 2011; Kohlmyer, et al., 2009; Scaife & Heckler, 2010).


5. Öneriler

Fizik eğitimi ile ilgili araştırma yapanlar, özellikle üniversite düzeyinde derslere yönelik teknoloji içerikli öğrenme materyali ve teknolojileri geliştirme ve uygulama da zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bu bağlamda düşüncece olursak, elektromanyetizma alanı için de bu türden bir teknolojik yönden zenginleştirilmiş bir ders ortamı oldukça elzemdir. Böylece geometrik ve dinamik görsellerin ve buna bağlı olarak karmaşık kavramların görsel hale getirilmesi mümkün hale gelecektir.

Manyetik alan ile ilgili kavramlar gündelik yaşamda rahatlıkla tecrübe edebileceğimiz kavramlardır. Başka bir ifade ile bu kavramları zihnimizde canlandırmamız oldukça kolay bir iştir. Bu bağlamda kavramların öğretimi süreci de eğitimciler için görece olarak oldukça kolaylaşmaktadır. Diğer taraftan,

özellikle öğrencilerin doğrudan etkileşime girdikleri ve kavramları öğrenirken yoğun bir biçimde kullandıkları ders kitaplarını da tam öğrenmeyi destekleyecek bir biçimde hazırlamak faydalı olabilir. Bunların yanında ders içi etkinliklerde görselleştirmeyi oldukça yoğun kullanılabilir. Bu bağlamda bilgisayar destekli yazılımlar kullanılarak sezgisel olarak anlaşılması güç kavramlar görünür hale getirilebilir. Bunu yaparken özellikle yanlış anlaşılmalara yol açabilecek veya öğrencilerin zihinlerinde yanlış modeller geliştirebilecek etkinliklerden kaçınılmalıdır.

Kaynakça

- Guisasola, J. (2014). Teaching and learning electricity: The relations between macroscopic level observations and microscopic level theories in *International Handbook of Research in History Philosophy and Science Teaching* edited by M. R. Matthews, Springer, Dordrecht.
- Gunstone, R., Mulhall, P. & McKittrick, B. (2009). Physics teachers' perceptions of the difficulty of teaching electricity, *Research in Science Education*, 39, 515–38.
- Jenaro Guisasola, J., Almodib, J.M., & Zuzab, K. (2011). University Students' Understanding of Electromagnetic Induction, *International Journal of Science Education*, 1–26.
- Kesonen, M. H. P., Asikainen, M. A. & Hirvonen, P. E. (2011). University students' conceptions of the electric and magnetic fields and their interrelationships, *European Journal of Physics* 32(2), 521-524.
- Kohlmyer, M. A., Caballero, M. A., Catrambone, R., Chabay, R., Ding, L., Haugan, M. P., Marr, M. J., Sherwood, B. A., & Schatz, M. (2009). Tale of two curricula: The performance of 2000 students in introductory electromagnetism, *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 5, 020105.
- Meng Thong, W., & Gunstone, R. (2008). Some student conceptions of electromagnetic induction, *Research in Science Education*, 38, 31–44.
- Neo, C. S., & Yap, K. C. (2009). The effect of classroom demonstrations based on conceptual change instruction on students' understanding of electromagnetism and electromagnetic induction. In M. Kim, S. W. Hwang, & A.-L. Tan (Eds.), *Proceedings of the International Science Education Conference 2009* (pp. 1346-1386). Singapore: National Institute of Education.
- Özcan, Ö. (2013). Investigation of mental models of Turkish pre-service physics students for the concept of "spin". *Egitim Araştırmaları-Eurasian Journal of Educational Research*, 52, 21-36.
- Sağlam, M., & Millar, R. (2006). Upper High School Students' Understanding of Electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 28(5), 543–566.
- Scaife, T. M. & Heckler, A. F. (2010). Student understanding of the direction of the magnetic force on a charged particle, *American Journal of Physics*, 78(8), 869-876. 
- Yıldırım, A., & Şimsek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Zuza, K., De Cock, M., Kampen, P., Bollen, L., & Guisasola, J. (2016). *European Journal of Physics*, 37, 065709.
- Zuza, K., Guisasola, J., Michelini, M. & Santi, L. (2012). Rethinking Faraday's law for teaching electromotive force, *European Journal of Physics*, 33, 397–406.
- Zuza, K., Kampen, P., De Cock, M., Kelly, T., & Guisasola, J. (2018). Introductory university physics students' understanding of some key characteristics of classical theory of the electromagnetic field, *Physical Review Physics Education Research* 14, 020117.