HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı

FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ ELEKTRİK ALAN VE MANYETİK ALAN İLE İLGİLİ ZİHİNSEL MODELLERİ

Tuğbanur DİNÇER

Doktora Tezi

Ankara, 2018

Liderlik, araştırma, inovasyon, kaliteli eğitim ve değişim ile

Daha ileriye... En İyiye...

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı

FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ ELEKTRİK ALAN VE MANYETİK ALAN İLE İLGİLİ ZİHİNSEL MODELLERİ

PRE-SERVICE PHYSICS TEACHERS' MENTAL MODELS OF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD

Tuğbanur DİNÇER

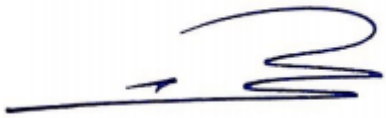
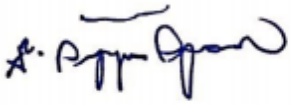
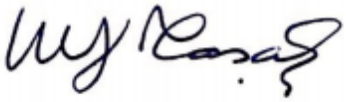
Doktora Tezi

Ankara, 2018

Kabul ve Onay

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Tuğbanur DİNÇER'in hazırladığı "Fizik Öğretmen Adaylarının Elektrik Alan ve Manyetik Alan ile ilgili Zihinsel Modelleri" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından **Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalında Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı	Prof. Dr. Celal BAYRAK	
Jüri Üyesi (Danışman)	Doç. Dr. Özgür ÖZCAN	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Mehmet Fatih TAŞAR	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Ethem AKTÜRK	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Deniz GÜRÇAY	

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 21. / 05 / 2018 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca ..... / ..... / ..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Ekber ŞAHİN
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Öz

Araştırma kapsamında maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemine uygun olarak belirlenen 22 Fizik öğretmen adayının, *elektrik ve manyetik alan* kavramları ile ilgili sahip oldukları zihinsel modeller tespit edilmiştir. Bu modellerin belirlenmesinde, beş tane elektrik alanla ilgili, beş tane de manyetik alanla ilgili olmak üzere toplamda 10 bağlam oluşturulmuştur. Bu bağlamların tamamı deney setleri yardımıyla desteklenmiş ve öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrasındaki zihinsel modelleri belirlenmiştir. Belirlenen bu modellerin ortaya çıkarılabilmesi için, yarı yapılandırılmış görüşme sorularından yararlanılmıştır. Görüşmelerden elde edilen veriler içerik analizi uygulanarak analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda elektrik alan ile ilgili altı zihinsel model (Bilimsel Model (BM), Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM), Mekanik Dalga Modeli (MDM), Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM), Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM), Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)) ve manyetik alan ile ilgili yedi zihinsel model (Bilimsel Model (BM), Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM), Mekanik Dalga Modeli (MDM), Açık Eğri Alan Modeli (AEAM), Sözde Denge Modeli (SDM), Öz-etki Alan Modeli (ÖAM), Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)) elde edilmiştir. Aynı zamanda bu zihinsel modellerin olası kaynaklarının belirlenebilmesi için öğrencilerin kullandıkları kitapların doküman analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, belirlenen pek çok bilimsel olmayan zihinsel modelin kitaplarda da yer aldığı görülmüştür. Ayrıca belirlenen bu zihinsel modellerin kalıcı olup olmadıklarını tespit etmek amacıyla, uygulamalardan yaklaşık bir buçuk yıl sonra, ulaşılabilen Fizik öğretmen adayları ile tüm bağlamlara ilişkin tekrar bir görüşme gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerin sonucunda katılımcıların uygulama sonrasında sahip oldukları zihinsel modellerin oldukça kalıcı olduğu ve zihinsel modellerin zamandan bağımsız olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: elektrik alan, fizik öğretmen adayları, kalıcılık, manyetik alan, zihinsel model

Abstract

Within the scope of this study, 22 pre-service physics teachers were selected using maximum variation sampling method and then mental models of these students were determined about electric and magnetic field concepts. In order to identify these models, 10 contexts were formed in total, with five of them being related to electric field and another five contexts being related to magnetic field. All of these contexts were supported with experiment sets and mental models of pre-service teachers were determined before and after the implementation. Semi-structured interviews were then conducted to identify these models. The interview data were analysed by using content analysis method. After data analysis the following six mental models related to electric field were determined such as Scientific Model of Electric Field (SMEF), Magnetic-Based Field Model (MBFM), Mechanical Wave Model (MWM), Material Independent Field Model (MIFM), Zero Impact Force Field Model (ZIFFM) and Force-Based Field Model (FBFM) and seven mental models related to magnetic field were determined such as Scientific Model of Magnetic Field (SMMF), Electric-Based Field Model (EBFM), Mechanical Wave Model (MWM), Open Curve Field Model (OCFM), Pseudo Equilibrium Model (PEM), Self-Impact Field Model (SIFM) and Force-Based Field Model (FBFM). Also, pre-service teachers' core books were analyzed by using document analysis to identify possible sources of mental models. The findings indicate that these core books also include many of these unscientific mental models that were identified in this study. Approximately one and a half years after implementations via experiment sets, pre-service physics teachers that are available were interviewed once again over all the contexts to find out whether permanent these identified mental models. Based on interview results, mental models that the participants had following the intervention were found to be permanence enough and time-independent.

Keywords: electric field, magnetic field, mental model, permanence, pre-service physics teachers

Teşekkür

Doktora deyince yalnızca bugüne kadar çalışılmamış, bilimsel bir yeniliği alana katmak geliyordu aklıma ama aynı zamanda hayatıma da bu kadar çok şey katabileceğini asla tahmin etmiyordum. İlk başlarda yalnızca çok çalışkan ve zeki bir danışmana sahip olduğumu düşünüyordum. Fakat o zamanlar dünyanın en şanslı doktora öğrencisi olduğumun farkında bile değilmişim. Süreç içerisinde gördüm ki, aslında ben dünyanın en iyi kalpli, en anlayışlı, en muhteşem danışmanına sahibim. Çok şey öğrendim sizden hayata ve bilime dair. İyi ki varsınız Özgür Hocam. Umarım hayat size her zaman kalbiniz kadar güzel bir yaşam sunar. Daha nice şanslı doktora öğrencileriniz olur. Her şey gönlünüzce olsun. Sonsuz teşekkürler.

Danışmanımın yanı sıra tüm tez sürecinde bilgilerini ve desteklerini bir an olsun eksik etmeyen çok sevgili Tez İzleme Komitesi üyelerim Prof. Dr. Celal BAYRAK'a ve Prof. Dr. Ethem AKTÜRK'e çok ama çok teşekkür ederim. Sizlerle çalışmak benim için büyük bir onurdu. Ayrıca diğer jüri üyelerim Prof. Dr. Mehmet Fatih TAŞAR ve Doç. Dr. Deniz GÜRÇAY Hoca'larıma da tezime yapmış oldukları katkılardan ötürü çok teşekkür ederim.

Bu uzun ve zorlu süreçte her zaman arkamda olan, beni bu günlere getiren ve desteğini bir an olsun esirgemeyen aileme de sonsuz teşekkür ederim. Sizin gibi bir aileye sahip olduğum için gerçekten çok şanslıyım.

Tezimin daha kapsamlı ve teknolojik alt yapıya sahip olması için elinden gelen her tür desteği veren Hüsnü Bey'e ve Deniz Bey'e de çok ama çok teşekkür ederim.

Ve tabii ki iyi günümde ve kötü günümde bir an olsun yanımdan ayrılmayan çok sevgili dostlarım Semiha'ya, Ramle'ye, Esra'ya, Hilal'e, Funda'ya, Doğu'ya, Gökhan'a, Metin'e, Şeniz'e, Aida'ya ve Evgenii'ye sonsuz teşekkür ederim...

İçindekiler

Öz ii

Abstract iii

Teşekkür iv

Tablolar Dizini viii

Şekiller Dizini x

Simgeler ve Kısaltmalar Dizini xiv

Bölüm 1 Giriş 1

Problem Durumu 1

Araştırmanın Amacı ve Önemi 2

Araştırma Problemi 4

Sayıltılar 5

Sınırlılıklar 5

Tanımlar 6

Bölüm 2 Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar 7

Model 7

Zihinsel Model 8

Model Durumları 11

İlgili Araştırmalar 13

Bölüm 3 Yöntem 23

Araştırmanın Yöntemi 23

Katılımcıların Özellikleri 23

Katılımcılarla İlgili Demografik Bilgiler 24

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma I Dersini Geçme Durumları 25

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma II Dersini Geçme Durumları 26

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma Dersi Kapsamında Yararlandıkları Kaynaklar 26

Veri Toplama Araçları 30

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları 31
Elektrik Alan ve Manyetik Alan İle ilgili Bağlamlar 31
Veri Toplama Araçlarının Uygulanışı 32
Pilot Uygulama 32
Uygulama 33
Araştırma Kapsamında Gerçekleştirilen Uygulamaların Açıklamaları 35
Verilerin Analizi 62
Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği 64
İnandırıcılık 64
Transfer edilebilirlik 67
Tutarlık İncelemesi 68
Teyit İncelemesi 68
Etik 69
Bölüm 4 Bulgular ve Yorumlar 70
Elektrik Alan Bağlamlarına Ait Bulgular 70
Elektrik Alan Kavramı ile ilgili Zihinsel Model Elementleri 70
Elektrik Alan ile ilgili Zihinsel Modeller 73
Fizik Öğretmen Adaylarının Elektrik Alan Konusundaki Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri 146
Manyetik Alan Bağlamlarına Ait Bulgular 156
Manyetik Alan Kavramı ile ilgili Zihinsel Model Elementleri 156
Manyetik Alan ile ilgili Zihinsel Modeller 159
Fizik Öğretmen Adaylarının Manyetik Alan Konusundaki Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri 213
Manyetik Alan İle İlgili Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumu 217
Elektrik ve Manyetik Alan Kavramına Ait Bilimsel Olmayan Zihinsel Modellerin Olası Kaynakları 223
Elektrik Alan Kavramı ile ilgili Alternatif Kavramlar 238

Manyetik Alan Kavramı ile ilgili Alternatif Kavramlar 238
Bölüm 5 Sonuç, Tartışma ve Öneriler 239
Elektrik Alan Kavramına Ait Sonuç ve Tartışma 239
Manyetik Alan Kavramına Ait Sonuç ve Tartışma 243
Elektrik ve Manyetik Alan Kavramına Ait Sonuçların Karşılaştırılması 247
Öneriler 253
Kaynaklar 255
EK-A: Katılımcıların Çizdiği Elektrik Alan ile ilgili Modellerine Ait Örnekler 266
EK-B: Katılımcıların Çizdiği Manyetik Alan ile ilgili Modellerine Ait Örnekler 269
EK-C: Öngörüşme Soruları 274
EK-D: Elektrik Alan ile ilgili Uygulama Öncesi Görüşme Soruları Örnekleri 275
EK-E: Manyetik Alan ile ilgili Uygulama Öncesi Görüşme Soruları Örnekleri 276
EK-F: Elektrik ve Manyetizma I Dersinin İçeriği 277
EK-G: Elektrik ve Manyetizma II Dersinin İçeriği 278
EK-H: Gönüllü Katılım Formu 279
EK-I: Etik Komisyonu Onay Bildirimi 280
EK-J: Etik Beyanı 281
EK-K: Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu 282
EK-L: Dissertation Originality Report 283
EK-M: Yayımlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı 284

Tablolar Dizini

Tablo 1 *Literatürde Yer Alan Zihinsel Modellemenin Elektrik Konusunda İncelendiği Çalışmalar* 13
Tablo 2 *Literatürde yer alan zihinsel modellemenin manyetizma konusunda incelendiği çalışmalar* 18
Tablo 3 *Katılımcıların Demografik Özellikleri* 24
Tablo 4 *Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma I Dersi İle İlgili Bilgileri* 25
Tablo 5 *Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma II Dersi İle İlgili Bilgileri* 26
Tablo 6 *Katılımcıların Yararlandığı Kaynakların Sayısı ve Kaynaklar* 27
Tablo 7 *Nicel ve Nitel Araştırmalarda Geçerlik-Güvenirlik* 64
Tablo 8 *Elektrik Alan Kavramı ile ilgili Belirlenen Elementler* 71
Tablo 9 *Model-Element İlişkisi* 74
Tablo 10 *Katılımcıların Elektrik Alan Konusundaki Uygulama Öncesi Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri* 146
Tablo 11 *Katılımcıların Elektrik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri* 147
Tablo 12 *Katılımcıların Elektrik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerinin Kalıcılıkları* 148
Tablo 13 *Modellerin Doğası* 149
Tablo 14 *Uygulama Öncesi Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları* 150
Tablo 15 *Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları* 152
Tablo 16 *Kalıcılık İncelemelerinde Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları* 153
Tablo 17 *Kalıcılık İncelemesine Katılan Katılımcıların Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları* 154
Tablo 18 *Manyetik Alan Kavramı ile ilgili Belirlenen Elementler* 157
Tablo 19 *Model-Element ilişkisi* 160
Tablo 20 *Katılımcıların Manyetik Alan Konusundaki Uygulama Öncesi Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri* 214
Tablo 21 *Katılımcıların Manyetik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri* 215

Tablo 22 *Katılımcıların Manyetik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerinin Kalıcılıkları* 216
Tablo 23 *Modellerin Doğası* 217
Tablo 24 *Uygulama Öncesi Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları*..... 218
Tablo 25 *Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları*..... 220
Tablo 26 *Kalıcılık İncelemelerinde Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları*..... 221
Tablo 27 *Kalıcılık İncelemesine Katılan Katılımcıların Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları*..... 222

Şekiller Dizini

Şekil 1. Fiziksel Bir İçeriğin Farklı Bağlamlarında Farklı Model Durumlarının Oluşması (Bao & Redish, 2006). 12
Şekil 2. Öğretmen Adaylarının Elektrik ve Manyetizma Dersine Çalışırken Kullandıkları Kaynakların Yüzdeleri. 29
Şekil 3. Öğretmen Adaylarının Elektrik ve Manyetizma Dersine Çalışırken Birincil Olarak Kullandıkları Kaynakların Yüzdeleri. 30
Şekil 4. Elektrik Alanın Temas Durumundaki Nötr Yalıtkan Bebeğe Etkisi. 36
Şekil 5. Elektrik Alanın Yakınındaki Nötr Yalıtkan Bebeğe Etkisi. 37
Şekil 6. Pozitif ve Negatif Yükün Oluşturduğu Elektrik Alanın Bebeğin Saçlarına Etkisi. 37
Şekil 7. Elektrik Alanın Temas Durumundaki Nötr İletken Alüminyum Folyolara Etkisi. 38
Şekil 8. Elektrik Alanın Temas Durumundaki Nötr Yalıtkan Kağıtlara Etkisi. 39
Şekil 9. Zayıf Elektrik Alanın Yakınındaki Nötr İletken Folyolara ve Nötr Yalıtkan Kağıtlara Etkisi. 40
Şekil 10. Daha Kuvvetli Bir Elektrik Alanın Yakınındaki Nötr İletken Folyolara ve Nötr Yalıtkan Kağıtlara Etkisi. 41
Şekil 11. Elektrik Alanın Nötr İletken Suya Etkisi. 42
Şekil 12. Elektrik Alanın Kapalı İletken Yüzeydeki Durumu. 43
Şekil 13. Elektrik Alanın Kapalı Yalıtkan Yüzeydeki Durumu. 43
Şekil 14. Demir Tozları Yardımıyla Mıknatısın Manyetik Alanının Gösterimi. 44
Şekil 15. X-Ekseninde Bobinin Merkezine Yaklaşırken Herhangi Bir Noktada Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:1.82 Mt, R_x:-0.06 M). 46
Şekil 16. X-Ekseninde Bobinin Merkezinde Oluşan Manyetik Alan (I:2.0 A, B:2.50 Mt, R_x:0.11 M). 46
Şekil 17. X-Ekseninde Bobinin Merkezinden Uzaklaşırken Herhangi Bir Noktada Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:1.96 Mt, R_x:0.16 M). 47
Şekil 18. Y-Ekseninde Bobinin İç Kısmında Merkezden Farklı Bir Noktada (Üst Tellere Yakın) Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:3.82 Mt, R_x:0.09 M). 47
Şekil 19. Y-Ekseninde Bobinin Merkezinde Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:2.60 Mt, R_x:0.09 M). 48

Şekil 20. Y-Ekseninde Bobinin İç Kısmında Merkezden Farklı Bir Noktada (Alt Tellere Yakın) Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:3.49 Mt, R_x:0.09 M). 48
Şekil 21. Y-Ekseninde Bobinin Dış Kısmında Tellere Yakın Bir Noktada Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:-1.11 Mt)..... 49
Şekil 22. Y-Ekseninde Bobinin Dış Kısmında Tellere Uzak Bir Noktada Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:-0.30 Mt)..... 49
Şekil 23. Bobine Pozitif Yönde Akım Uygulandığında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:1.65 Mt, R_x:-0.02 M). 50
Şekil 24. Bobine Negatif Yönde Akım Uygulandığında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:-2.0 A, B:-1.65 Mt, R_x:-0.02 M). 50
Şekil 25. Bobine Pozitif Yönde Akım Uygulandığında Oluşan Manyetik Alanın Büyüklüğünün Arttırıldığı Durum (I:3.0 A, B:-2.49 Mt, R_x:-0.02 M)..... 51
Şekil 26. Bobinlerden Zıt Yönlü Akım Aktığında Birinci Bobinin Dışında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:0.48 Mt, R_x:-0.18 M)..... 52
Şekil 27. Bobinlerden Zıt Yönlü Akım Aktığında İç Bölgenin Orta Noktasında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:0.00 Mt, R_x:-0.0 M). 52
Şekil 28. Bobinlerden Zıt Yönlü Akım Aktığında İkinci Bobinin Dışında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:-0.40 Mt, R_x:0.18 M)..... 53
Şekil 29. Bobinlerden Aynı Yönlü Akım Aktığında Birinci Bobinin Dışında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:-0.53 Mt, R_x:-0.21 M)..... 54
Şekil 30. Bobinlerden Aynı Yönlü Akım Aktığında İç Bölgenin Orta Noktasında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:-3.58 Mt, R_x:-7.92 M). 54
Şekil 31. Bobinlerden Aynı Yönlü Akım Aktığında İkinci Bobinin Dışında Oluşan Manyetik Alan Durumu (I:2.0 A, B:-1.62 Mt, R_x:0.0 M)..... 55
Şekil 32. Akım Geçen Tele Sayfa Düzleminden Dışarı Doğru Etkiyen Manyetik Alanın Büyüklüğü (Küçük Manyetik Alan, Tartıda Okunan Değer:1.42, Manyetik Alan Yönü:)..... 56
Şekil 33. Akım Geçen Tele Sayfa Düzleminden İçeri Doğru Etkiyen Manyetik Alanın Büyüklüğü (Küçük Manyetik Alan, Tartıda Okunan Değer: -1.43, Manyetik Alan Yönü:)..... 56
Şekil 34. Akım Geçen Tele Sayfa Düzleminden Dışarı Doğru Etkiyen Manyetik Alanın Büyüklüğü (Büyük Manyetik Alan, Tartıda Okunan Değer:4.99, Manyetik Alan Yönü:) 57

Şekil 35. Akım Geçen Tele Pozitif Yönlü Akımın Uygulandığında Manyetik Kuvvet Durumu (I>0, Tartıda Okunan Değer:4.99, Manyetik Alan Yönü:). 58
Şekil 36. Akım Geçen Tele Pozitif Yönlü Akımın Uygulandığında Manyetik Kuvvet Durumu (I<0, Tartıda Okunan Değer:-4.99, Manyetik Alan Yönü:). 58
Şekil 37. Akım Geçen Tele Dış Manyetik Alan Uygulanmadığında Manyetik Kuvvet Durumu (I>0, Tartıda Okunan Değer:0.0, B:0.0). 59
Şekil 38. Dış Manyetik Alandaki Akım İlmeğinin Tork Sıfır Olduğundaki Durumu. 60
Şekil 39. Dış Manyetik Alandaki Akım İlmeğinin Tork Sıfırdan Farklı Olduğundaki Durumu. 61
Şekil 40. Dış Manyetik Alandaki Akım İlmeğinin Dönme Durumu. 61
Şekil 41. Dış Manyetik Kuvvetin Yönünün 180 Derece Değiştirildiği Durum. 62
Şekil 42. Bilimsel Model-Bağlam İlişkisi. 76
Şekil 43. Manyetik Temelli Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 96
Şekil 44. Mekanik Dalga Modeli-Bağlam İlişkisi. 106
Şekil 45. Maddeden Bağımsız Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 118
Şekil 46. Kuvvet Etkisiz Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 128
Şekil 47. Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 135
Şekil 48. Uygulama Öncesi Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 151
Şekil 49. Uygulama Sonrası Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 152
Şekil 50. Kalıcılık İncelemelerinde Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 154
Şekil 51. Uygulama Öncesinde Yalnızca Kalıcılık İncelemelerine Katılanların Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 155
Şekil 52. Bilimsel Model-Bağlam İlişkisi. 162
Şekil 53. Elektrik Temelli Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 177
Şekil 54. Mekanik Dalga Modeli-Bağlam İlişkisi. 182
Şekil 55. Açık Eğri Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 194
Şekil 56. Sözde Denge Modeli-Bağlam İlişkisi. 201
Şekil 57. Öz-Etki Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 204
Şekil 58. Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam İlişkisi. 208
Şekil 59. Uygulama Öncesi Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 219
Şekil 60. Uygulama Sonrası Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 220
Şekil 61. Kalıcılık İncelemelerinde Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 222
Şekil 62. Uygulama Öncesinde Yalnızca Kalıcılık İncelemelerine Katılanların Zihinsel Model-Bağlam İlişkisi. 223

Şekil 63. Yük-Deneme Yükü İlişkisi (Serway & Beicher, 2007). 226
Şekil 64. Yüklü Bir Kondansatör Örneği (Serway & Beicher, 2007). 226
Şekil 65. Eşpotansiyel Yüzey Örneği 1 (Serway & Beicher, 2007) 227
Şekil 66. Eşpotansiyel Yüzey Örneği 2 (Serway & Beicher, 2007). 227
Şekil 67. Sinüzoidal Ses Dalgasının Yerdeğiştirme-Konum ve Basın-Konum Grafiği Örneği 1 (Serway & Beicher, 2002). 228
Şekil 68. Sinüzoidal Ses Dalgasının Yerdeğiştirme-Konum ve Basın-Konum Grafiği Örneği 2 (Young & Freedman, 2009). 229
Şekil 69. Işığın Yansımasının Su Dalgası Olarak Gösterimi (Bueche & Jerde, 2010). 230
Şekil 70. Zıt Yüklerin Birbirini Çekme-Aynı Yüklerin Birbirini İtme Durumu Örneği 1 (Serway & Beicher, 2002). 231
Şekil 71. İki Ayrı Mıknatısın Oluşturduğu Manyetik Alan Örneği 1 (Young & Freedman, 2010). 232
Şekil 73. İki Ayrı Mıknatısın Oluşturduğu Manyetik Alan Örneği 3 (Giancoli, 2009). 233
Şekil 74. Mıknatısın Oluşturduğu Manyetik Alan Örneği 1 (Bueche & Jerde, 2010). 234
Şekil 75. Mıknatısın Oluşturduğu Manyetik Alan Örneği 2 (Serway & Beicher, 2007). 234
Şekil 76. Dünya'nın Oluşturduğu Manyetik Alan (Giancoli, 2009). 235
Şekil 77. Akım Halkasının Dış Manyetik Alanda Bulunma Durumu Örneği 1 (Halliday Vd., 2014). 236
Şekil 78. Akım Halkasının Dış Manyetik Alanda Bulunma Durumu Örneği 1 (Serway & Beicher, 2007). 236
Şekil 79. Manyetik Kuvvet Konusunun Anlatılması (Fishbane Vd., 2003)..... 237

Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

AEAM: Açık Eğri Alan Modeli

AKTS: Avrupa Kredi Transfer Sistemi

BM: Bilimsel Model

CY: Cevap Yok

ETAM: Elektrik Temelli Alan Modeli

FÖA: Fizik Öğretmen Adayı

K: Katılımcı

KEAM: Kuvvet Etkisiz Alan Modeli

KTAM: Kuvvet Temelli Alan Modeli

MBAM: Maddeden Bağımsız Alan Modeli

MDM: Mekanik Dalga Modeli

MTAM: Manyetik Temelli Alan Modeli

MY: Model Yok

ÖAM: Öz-etki Alan Modeli

ÖÜ: Öğretim Üyesi

SDM: Sözde Denge Modeli

X: Ulaşılamayan Katılımcı

Bölüm 1

Giriş

Bir noktada tutulan elektrik yüklerinin, farklı bir noktadaki diğer yükler üzerine etkisi nedir? sorusu araştırmanın çıkış noktası olmuştur. Bu sorunun klasik çözümü ise “alan teorisi” ile cevaplanabilmektedir. Çünkü bir elektrik yükü, boşlukta veya maddesel bir ortamda elektrik alan ve manyetik alan meydana getirmektedir. Yani; iki elektriksel yük arasındaki etkileşmenin, alan tarafından iletimi sağlanmış olmaktadır (Griffiths, 1999). Fakat konu eğitim açısından değerlendirildiğinde buradaki en önemli nokta, bu alanın gözle görülemiyor olmasıdır. Öğrenciler de gözle göremedikleri fiziksel olguları anlamak için zihinsel modeller oluşturmaktadırlar. Bu nedenle de zihinsel model araştırmaları, bilişsel psikoloji ve fen eğitimi için oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Corpuz & Rebello, 2011a). Bu bağlamda fiziğin elektrik ve manyetizma konuları gibi pek çok konusu da soyut kavramlar içerdiği için, zihinsel modellerin araştırılması ve bilimsel olmayan modellerin giderilmesi oldukça önemli hale gelmektedir.

Problem Durumu

Alan eğitiminde oldukça önemli görülen konulardan birisi, öğrencilerin sınıfa getirmiş oldukları önbilgiler ve bu bilgilerin yeni bilgilerin öğrenilmesi sürecinde nasıl kullandıklarıdır (McDermott & Redish, 1999). Sahip olunan bu önbilgiler incelendiğinde, bilgilerin bağlamdan bağlama değişiklik gösterdiği ve bilimsellikten uzak olan önbilgilerin yani alternatif kavramların, yerini bilimsel bilgilere bırakmasının oldukça güç olduğu görülmüştür (diSessa, 1993). Bunun yanı sıra öğrencilerin kendilerine yöneltilen sorulara verdikleri cevapların da tutarlı olmadıkları tespit edilmiştir. Örneğin bir öğrencinin hedef bağlamla ilişkili bir soruya doğru cevap verebilirken, yine aynı bağlamla ilişkili bir diğer soruya bilimsel olmayan bir cevap verebildiği belirlenmiştir (Hrepic, Zollman, & Rebello, 2002; Didiş, 2012). Öğrencilerin konulara ilişkin bilgileri, çoktan seçmeli sorularla ya da kapalı uçlu sorularla elde edilmeye çalışıldığı zaman, bu verilerin çok sınırlı kaldığı fark edilmiştir. Çünkü pek çok önemli veriye ulaşılamamaktadır. Fakat öğrencilerin zihinlerindeki modeller analiz edildiği zaman, bilgilerin onların zihinlerinde nasıl oluştuğu veya nasıl organize olduğu ile ilgili en ince ayrıntılara kadar ulaşabilmek mümkündür (Bao & Redish, 2006) ve bu veriler ışığında da öğrenciler için en

uygun öğretim yöntemleri hazırlanabilir. OECD 2010'da yayınlamış olduğu "Trends Shaping Education 2010" raporunda geleceğin tahmin edilmesinin oldukça güç olmasından kaynaklı olarak, eğitim konusunda söz hakkı olan herkesin eğitim ve öğretim programını hazırlarken daha akılcı planlar yapmaları gerektiğinin altını çizmiştir. Eğitimdeki gelişmelerin takip edilerek, ona uygun olarak hazırlıkların yapılması gerektiği belirtilmiştir (OECD, 2010). Bu nedenle de zihinsel modellerin belirlenmesi oldukça önem kazanmaktadır.

Zihinsel model bir durumun ya da bir sürecin iç temsilidir. Bireyin bir durumu nasıl anladığının ve fiziksel dünyayı nasıl açıklamaya çalıştığının mantığını ortaya çıkarır (Greca & Moreira, 2002). Bu nedenle öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerin belirlenmesi de, onların sahip oldukları önbilgilerle kendilerine sunulan yeni bilgiler arasında nasıl bir örüntü oluşturduklarının anlaşılması açısından önemlidir.

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Eğitimin temel amacı, bireylerde anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesini sağlamaktır. Anlamlı öğrenme ise kavramsal modellerden yola çıkarak meydana getirilen zihinsel modellerin şekillenmesiyle oluşur (Duit & Glynn, 1996). Özellikle içerdiği soyut kavramlar nedeniyle, fizik dersi de öğrenilmesi ve öğretilmesi oldukça zor olan dersler arasında yer almaktadır. Bu nedenle de Fizik eğitimcileri de öğrencilerin zihinsel modellerini belirleyerek (Özcan, 2013, 2015; Didiş, Eryılmaz, & Erkoç, 2014; Yüksel, 2011; Isola, 1999; Didiş Körhasan & Wang, 2016; Hubber, 2006), bu sayede onların bilimsel bilgiye ulaştırılmasını sağlamayı amaçlamaktadırlar. Bu araştırma kapsamında içerisinde pek çok soyut kavram bulunduran "*elektrik alan ve manyetik alan*" konusu incelenmiştir. Geleceğin eğitimcileri olan Fizik öğretmen adaylarında anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için, bu konu kapsamında zihinsel modellerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Öğretmen adaylarının bugünkü bilgileri, onların gelecekteki eğitimci kimliklerine ışık tuttuğu için, onların sahip oldukları zihinsel modelleri ortaya çıkarmak, oldukça önem arz etmektedir. Öğrencilere konuların öğretimi esnasında, eğitimciler kendi zihinlerinde var olan modelleri aktardıkları için, özellikle bilimsel olarak gerçeği yansıtmayan modellerin de ortaya çıkarılması önemlidir. Bu araştırma kapsamında da, Fizik öğretmen adaylarının sahip oldukları bilimsel olmayan modeller de

belirlenip, bu modellerin deney uygulamaları aracılığı ile bilimsel hale dönüştürülmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Öğrencilerin özellikle temel kavramları tam olarak anlayamaması, onların fizikte öğrendiği şeyler hakkında tam olarak bilgi sahibi olamadıklarını gösterir. Yani kavramsal anlama tam anlamıyla gerçekleşmeden öğrencilerin denklemleri ya da tanımları hatırlaması, herhangi bir konuda ne söylediğini bilmeden yeni bir dil konuşmasına benzer. Şayet fizik dersleri daha etkili bir şekilde anlatılmak isteniyorsa, öğrencilerin sahip oldukları öğrenme zorluklarının neler olduğu bilinmelidir (Redish, 2005). Bu zorlukların neler olduğunu bulabilmek için onların zihinsel modellerinin ve bu modellere kaynaklık eden durumların belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için de araştırma kapsamında, Fizik öğretmen adaylarının sahip oldukları zihinsel modellerin yanı sıra, bu modellere kaynaklık edebilecek olası durum ve materyallerin de araştırılması hedefler arasında yer almaktadır.

Elektromanyetizma konusu da öğrencilerin oldukça zorlandığı bir konu olduğu için (Allbaugh, 1998), araştırma kapsamında elektrik ve manyetik alan konusu ele alınmıştır. Çünkü alanyazında elektrik ve manyetik alanla ilgili zihinsel modellerin araştırıldığı ve öğrencilerin bilimsel modellere sahip olmasını sağlayacak bağlamların geliştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan literatür araştırmasında (Vosniadou, 1994; Isola, 1999; Williams, 2011; Plumb, 2003; Borges, Tecnico, & Gilbert, 1998; Chi, 2008; Greca & Moreira, 2002) öğrenme olayının gerçekleşmesi esnasında zihinde oluşturulan modellerin önemine oldukça sık rastlanmaktadır. Özellikle fen alanında pek çok soyut kavramla karşı karşıya kalındığı için, öğrenme esnasında da zihinsel modellerin oluşturulması ve bu modellerin önceden var olan modellerle ilişkilendirilip yeni örüntülerin meydana gelmesi kaçınılmaz olmaktadır. Özellikle de fiziğin en temel konularından olan "*elektrik ve manyetizma*" konusu kendi içerisinde barındırmış olduğu soyut ve öğrenciler tarafından anlaşılması zor kavramlardan kaynaklı olarak, zihinde pek çok model oluşmasına neden olmaktadır. Oluşturulan bu zihinsel modellerin bilimsel açıdan kabul edilebilir olması da anlamlı öğrenme açısından oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışmayla, öğrencilerin "*elektrik alan ve manyetik alan*" kavramlarına yönelik ortaya çıkacak olan zihinsel modellerin belirlenmesi, hem üniversite hem de lise dönemlerinde ilgili konuların anlatımında eğitimcilerin bu süreçte ortaya

çıkabilecek yanlış modellerin giderilmesinde oldukça faydalı olacaktır. Buna bağlı olarak da, öğrencilerin zihinlerinde bilimsel model gelişiminin sağlanması açısından büyük bir öneme sahiptir.

Araştırma esnasında uygulanacak olan deneyler yardımıyla da, öğrencilerin sahip oldukları bilimsel olmayan zihinsel modellerin, bilimsel modellerle yer değiştirebiliyor olması; eğitimcilere derslerini planlarken yol göstermesi açısından önemlidir.

Çalışmanın diğer aşamasında ise uygulamanın yaklaşık 1,5 yıl sonrasında tekrar öğretmen adaylarıyla görüşme yapılarak, zihinsel modellerinde bir değişimin olup olmadığı araştırılmıştır. Uygulama öncesi ve uygulama sonrası zihinsel modelleri belirlenmiş olan öğretmen adaylarının, uygulama sonrasındaki modellerindeki kalıcılığın incelenmiş olması da, çalışmanın geçerliği ve güvenirliği açısından oldukça önemlidir. Bu sayede, yapılan uygulamanın da etkililiği ortaya koyulmuştur.

Çalışmanın sonunda ise ortaya çıkacak olan zihinsel modellerin kaynakları da belirleneceği için, modellerin bilimsel gerçeklerle örtüşüp örtüşmemesi gibi durumlar da değerlendirilerek; bu kaynakların düzeltilmesi veya tamamen değiştirilmesi, elektrik ve manyetizma ile ilgili konuların daha anlaşılır ve bilimsel gerçekliği daha doğru yansıtacak hale gelmesi açısından önemlidir.

Araştırma Problemi

Fizik öğretmen adaylarının "*elektrik ve manyetik alan*" konusunda sahip oldukları zihinsel modeller nelerdir?

Alt problemler. Araştırmaya ait alt problemler şu şekildedir:

- Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramı ile ilgili uygulama öncesinde sahip oldukları zihinsel modellerin, farklı bağlamlardaki değişimi nasıl olmaktadır?
- Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramı ile ilgili uygulama sonrasında sahip oldukları zihinsel modellerin, farklı bağlamlardaki değişimi nasıl olmaktadır?

- ❖ Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramı ile ilgili uygulama öncesi ve sonrasında sahip oldukları zihinsel modellerde nasıl bir değişim olmaktadır?
- ❖ Fizik öğretmen adaylarının manyetik alan kavramı ile ilgili uygulama öncesinde sahip oldukları zihinsel modellerin, farklı bağlamlardaki değişimi nasıl olmaktadır?
- ❖ Fizik öğretmen adaylarının manyetik alan kavramı ile ilgili uygulama sonrasında sahip oldukları zihinsel modellerin, farklı bağlamlardaki değişimi nasıl olmaktadır?
- ❖ Fizik öğretmen adaylarının manyetik alan kavramı ile ilgili uygulama öncesi ve sonrasında sahip oldukları zihinsel modellerde nasıl bir değişim olmaktadır?
- ❖ Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramı ile ilgili uygulama öncesinde sahip oldukları bilimsel olmayan zihinsel modellerin olası kaynakları nelerdir?
- ❖ Fizik öğretmen adaylarının manyetik alan kavramı ile ilgili uygulama öncesinde sahip oldukları bilimsel olmayan zihinsel modellerin olası kaynakları nelerdir?

Sayıltılar

- ❖ Fizik öğretmen adaylarının elektrik ve manyetik alan ile ilgili veri toplama araçlarına doğru, samimi ve dikkatli bir şekilde cevap verdikleri varsayılmaktadır. Bu durumu sağlamak için yalnızca gönüllü öğrenciler ile çalışılmıştır. Çalışmanın tüm süreci en ince detaylarına kadar anlatılmış ve süreç içerisinde tedirgin olmadan çalışmaya adapte olmaları sağlanmıştır.

Sınırlılıklar

- Bağlamların sayısı ulaşılabilen deney setleri sayısı ile sınırlıdır.
- Kalıcılık uygulamaları yalnızca 1,5 yıl sonra ulaşılabilen öğrencilerle sınırlıdır.

Tanımlar

- Bağlam: Alan uzmanı için aynı, öğrenci için farklı şeyi ifade eden durum.
- Teslametre: Manyetik alan ölçmeye yarayan alet.
- Zihinsel Model: Bireylerin dünyayı anlamak için mantıksal çıkarım yaparak iki öncülden bir sonuç çıkarmasıdır (Johnson-Laird, 1983).

Bölüm 2
Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar

Model

Etkina, Warren ve Gentile (2006), bilim insanlarının modellerden bir olguyu tanımlama, açıklama ve yeni olguları tahmin etme gibi durumlarda yararlandıklarını ortaya koymuşlardır. Bu modellerden bilimsel olanları için bazı araştırmacılar (Van Hoeve-Brouwer, 1996; De Vos, 1985) genel bazı özellikler ortaya koymuşlardır (akt. Van Driel & Verloop, 1999). Bunlar;

- Model daima, model tarafından temsil edilen hedefle ilişki içerisindedir. Buradaki hedef ya bir olguyu, nesneyi, sistemi ya da bir süreci ifade eder.
- Model, hedefin temsil ettiği durumla doğrudan bir ilişki ve etkileşim içerisinde değildir. Bu nedenledir ki, örneğin bir fotoğraf ya da görüntü bir model olarak nitelendirilemez.
- Model doğrudan ölçülme ve gözlenme durumu mümkün olmayan hedeflerle ilgili bilgi elde etmekte kullanılabilen bir araştırma aracıdır. Örneğin atom, dinozorlar ve kara delik bu duruma örnek teşkil etmektedir. Ancak ev, köprü vb. yapımında kullanılan ölçeklendirme modelleri, aslının kopyası olduğu için bilimsel bir model olarak düşünülmesi mümkün değildir.
- Model, hedeften daima bazı durumlarda farklılıklar göstermektedir. Genelde mümkün olduğunca basite indirgenerek model oluşturulur ve araştırmanın dışında kalan kısımlar model dışında bırakılabilir.
- Model hedefe mümkün olduğu kadar uygun benzetimlerle oluşturulur. Bu nedenle de araştırma süresince test edilebilir hipotezler kurulur ve bu hipotezlerin test edilmesi ile hedefle ilgili yeni bilgiler meydana gelir.
- Modeli oluşturulurken, araştırmacının özel seçimlerini yapabileceği hedefle model arasındaki benzerlik ve farklılıklar arasında bir uygunluk olmalıdır.
- Modelde hedefle ilgili yeni çalışmalar ve sonuçlar ortaya çıkınca, model üzerinde düzenlemeye gidilebilir.

Kurnaz (2011) ise modeller hakkında bunlara ek olarak modellerin bazı özelliklerinden bahsetmiştir:

- Modeller fen ile teknoloji arasında bir bağ kurmaktadır.
- Modeller zihin ile gerçek dünya arasında bir köprü kurmaktadır.
- Modeller iletişimi kolaylaştıran araçlardır.
- Modeller düşünülen olgunun basite indirgenmiş halidir.
- Modeller durumu betimleyebilir ya da açıklamaya çalışabilir.
- Modeller, üzerinde çalışılan olgunun özelliklerini üst düzeyde yansıtabilmelidirler. Ancak tüm özelliklerini de gösteremezler.
- Modeller gerçeğin sunumu değildir, yalnızca bireyin öznel yansıtmasıdır.
- Modeller değişime ve gelişime açıktırlar.
- Modeller bireyler için rehber niteliğindedir.

Modeller Harrison ve Treagust'a (2000) göre ölçeklendirme modelleri, pedagojik analojik modeller, sembolik ya da simgesel modeller, matematiksel modeller, teorik modeller, haritalar, diyagramlar ve tablolar, kavram-süreç modelleri, simülasyonlar, zihinsel modeller ve senteze dayalı modeller olarak 10 farklı türde ele alınabilirler. Çalışma kapsamında ise ağırlıklı olarak zihinsel modeller üzerinde durulacaktır.

Zihinsel Model

Eğitim her zaman hedef odaklı bir alan olduğu için, eğitim konusunda bilimsel bir çalışma yapabilmek de sağlam temelli teorik bir çerçeveyle sağlanabilir. Eğitimin temeli olan düşünme ve öğrenme de modeller yardımıyla gerçekleştiği için (Redish, 2003), model konusunun iyi anlaşılması oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü öğrencilerin öğrenme esnasında yaşadıkları zorluklar birbirinden farklıdır ve bazıları önbilgilerinden kaynaklı zorluklar yaşarken, bazıları ise bireyin dünyayı algılaması esnasında yaşamış oldukları zorluklardır. Özellikle ikinci durum öğretim için oldukça sıkıntılı bir durum yaratmaktadır. Bu durumun istenmeyen sonuçlarının ortadan kaldırılması için modelleme sürecinin öğretime katılması, öğrencinin bilimsel bilgiye ulaşmasında oldukça yararlı olacaktır (Greca & Moreira, 2002). Çünkü bireyler dünyada olup biten olayları anlayabilmek için,

içsel temsiller yani zihinsel modeller oluştururlar. Öğrencilerin sahip oldukları önbilgiler de, bu modellerden oluşur. Modeller, kendi içlerinde tutarlı ya da bilimsel olmak zorunda değillerdir. Bunlar bireye özel ve tamamlanmamıştır (Greca & Moreira, 2000). Öğrencilerin kendisine sunulan bilgileri nasıl muhakeme ettiğinin anlaşılabilmesi için bir dile ve bunun yanı sıra bir çerçeveye ihtiyaç vardır. Bunun için Maryland Üniversitesindeki Fizik Eğitimi Araştırma Grubu, öğrencilerin bilgileri nasıl anlamlandırdığını yorumlayabilmek için, zihinsel model fikrini benimsemişlerdir (Redish, 1994). Ayrıca günümüzdeki en önemli fen eğitimi dergilerinde de zihinsel modeller önemli bir yere sahiptir (Greca & Moreira, 2000).

Zihinsel modeli Vosniadou (1994), bilişsel işlemler sırasında bireylerin yaratmış olduğu zihinsel temsillerin özel bir türü olarak açıklamaktadır. Rapp (2005) ise zihinsel modellerle ilgili tanımlama yapmadan önce, şu dört temel durumun göz önüne alınması gerektiğini ifade etmiştir:

- Zihinsel modeller gerçek fiziksel olgular olmadıkları için, onlarla ilgili olarak yalnızca gözlemlenebilir davranışlardan yola çıkarak iddialarda bulunulabilir.
- Zihinsel modeller bireyin hafızasında oluşan zayıf ve soyut betimlemeler olduğu için, zamanla değişebilmektedir. Bu durum, zihinsel modeller için basit ve soyut bir tanımlama yapılamamasının en önemli göstergelerindendir.
- Bireyler karşılaştıkları durumla ilgili olarak, açıklayamadıkları kısımları zihinlerinde hatalı zihinsel modellerle açıklamaya çalışabilir.
- Zihinsel modeller bugüne kadar pek çok farklı şekilde tanımlanabilmiştir.

Zihinsel modeller ayrıca bilimsel bilgilerle tutarlık gösteriyor ise bunlara “kavramsal modeller” denir. Bunlara örnek olarak eğitimciler tarafından konuyu anlatmak için oluşturulan modeller gösterilebilir. Bunun yanı sıra bazı zihinsel modeller, alandaki bilim insanları tarafından da genel olarak kabul görür ise bunlar da “bilimsel modeller” olarak adlandırılır (Coll & Treagust, 2003). Zihinsel modeller, kavramsal modellerle gerçek olgu arasında zihinde yapılanan ara basamak olup, ilgili olguyu anlamak için kestirimci ve açıklayıcı niteliklere sahiptir (Nersessian, 1992).

Fiziksel modeller, fizikteki teorilerin anlamsal yapılarını oluştururlar ve bu anlamsal yapıların anlaşılmasındaki ilk kural konu ile ilişkili zihinsel modellerin oluşturulmasıdır (Greca & Moreira, 2002). Öğrencilerin aşina olmadıkları herhangi bir duruma verdikleri doğal cevapların birbiri ile olan ilişkileri incelendiğinde ise zihinsel modellerin fiziksel modellerle karşılaştırıldıklarında, daha az keskin sınırları olan ve bazen sözlü olarak ifade bile edilmeyen ve bilinçsizce kullanılan yapılar oldukları görülmüştür. Öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller genelde tutarsız, eksik ve çelişkilidir (Wittmann, Steinberg, & Redish, 1999).

Öğrencilerin sahip oldukları bu zihinsel modellerin oluşmasında ise pek çok kaynağın etkisi bulunmaktadır. Bunlar; ders kitapları, eğitim ve bununla ilişkili durumlar, konuların sıralaması, sınıf arkadaşları, öğrenme esnasında kullanılan diğer kaynaklar ve bireysel inançlardır. Bireysel inançlar ise ki bilimsel inançlar, üst biliş, motivasyon, fikirler, kavramlara aşinalık ve geçmişteki bilgilerdir (Didiş, 2012; Didiş Körhasan, Eryılmaz, & Erkoç, 2016).

Öğrencilerin dünyayla etkileşimleri sonucunda meydana gelen zihinsel modeller, fen eğitiminde de oldukça önemli bir yer tutmaktadır. İlgili alanyazın incelendiğinde (Greca & Moreira, 2000; Borges vd., 1998; Corpuz & Rebello, 2011b; Didiş, 2012; Didiş Körhasan & Wang, 2016; Borges & Gilbert, 1999), zihinsel model konusunun önemli bir konu olduğu ve oldukça yoğun çalışıldığı görülmektedir.

Bireylerin kavramları öğrenmesi üç türde gerçekleşmektedir. İlk türde bireyler öğrenecekleri kavramla ilgili herhangi bir bilgiye sahip değillerdir ve öğrendikleri her bilgiyi yeni bir bilgi olarak eklerler. İkinci tür ise birey önceden bir bilgiye sahiptir fakat bu bilgi konunun tamamını anlamak için yeterli değildir. Diğer bilimsel bilgilerle tamamlanması gerekmektedir (Carey, 1991; akt. Chi, 2008). Üçüncü durumda bireyin bir önbilgisi vardır fakat bu bilgiler bilimsel bilgilerle çelişmektedir (Vosniadou & Verschaffel, 2004). Bu durumda bilgi eksiği giderilerek değil, sahip olunan yanlış bilgiler düzeltilerek bilimsel bir sonuca ulaşılabilir. Diğer bir ifadeyle kavramsal değişim durumu söz konusu olmaktadır (Chi, 2008). Bu değişim ise, bireylerin sahip oldukları zihinsel modellerinde değişimin meydana gelmesiyle oluşmaktadır. Fakat öğrencilerin yanlış bilgilerinin bilimsel olmayan bir zihinsel modelden mi kaynaklandığı yoksa yalnızca bir tahmin mi olduğu önemli bir noktadır. Çünkü bireyler sahip oldukları bilgilerin araştırılması için kendilerine

sorular yöneltildiğinde, çoğu zaman soruları açıklamaya yönelik cevaplar vermektedirler. Fakat bu cevapların bir model oluşturup oluşturmadığı ise, dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Kişinin sahip olduğu bir zihinsel modeli kullanarak mı açıklamalar yaptığı yoksa bu cevapların yalnızca bir tahminden mi ibaret olduğu ayrıntılı bir şekilde analiz edilmelidir. Çünkü zihinsel modeller ile tahmin etme durumu farklılık göstermektedir. Hatta aralarında anlamlı bir korelasyon yoktur. Yani model oluşturma ile tahmin etme arasında bir bağ bulunmamaktadır (Chiou, 2013). Bilimsel modele sahip bir birey bilimsel bir tahmin yapabilmektedir. Fakat tam tersi durumda, yani birey bilimsel bir tahmine sahip olduğunda ise her durumda bilimsel bir model oluşturamamaktadır (Chiou & Anderson, 2010). Tam bu noktada öğrenciler de fiziksel dünyayı kendi yorumladıkları haliyle sınıfa geldikleri için (Rebello, Itza-Ortiz, & Zollman, 2003), sorulara verdikleri cevapların model oluşturmadan yapılmış bir tahmin mi yoksa önbilgileri ve yeni öğrendikleri ile kurulmuş bir örüntünün ürünü mü olduğuna dikkat edilmesi gerekmektedir.

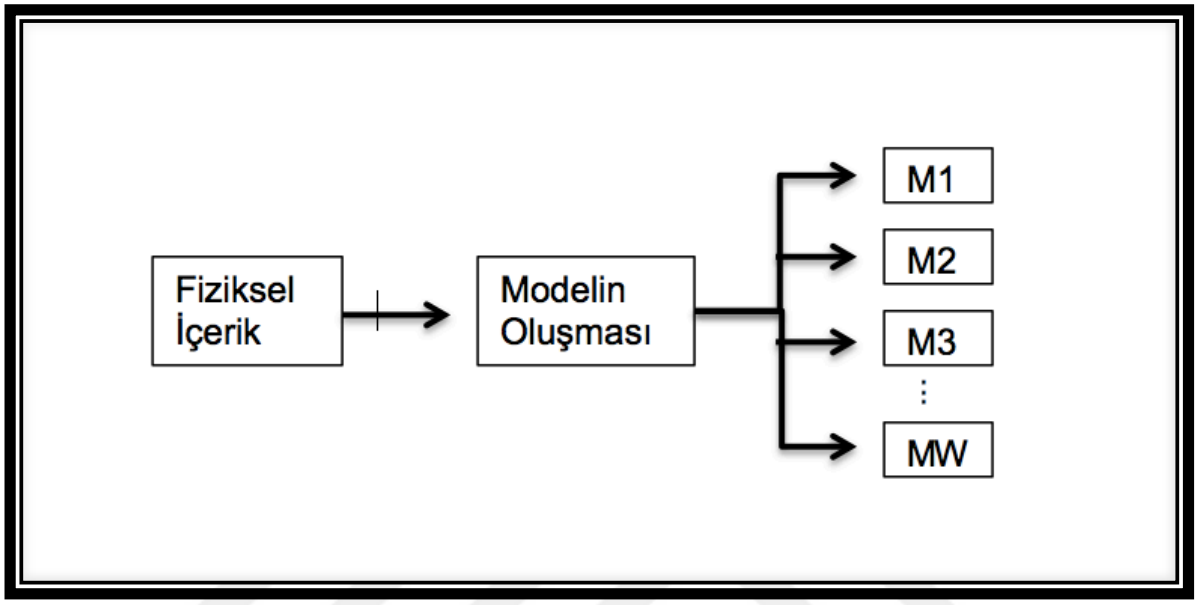
Model Durumları

Redish'e göre (2003) bilginin öğrenilmesi/kavranması, bireyin beynindeki nöronlar sayesinde gerçekleşir. Birbirleri ile bağlantılı olarak çalışan bu nöronlar, bilgiyi pulslar yardımıyla iletirler. Bu sayede de karşılaştıkları yeni bilgileri, mevcut bilgeleri üzerine inşa ederler. Algılanan bu durumlar ise hafıza tarafından muhafaza edilmeye çalışılır. Bazı bilgiler, kısa süreli bellek tarafından, sadece o olay süresince tutulurken; bazıları ise uzun süreli bellek tarafından yıllarca tutulur. Bilginin tekrar edilmesi sayesinde ise kısa süreli bellekten uzun süreli belleğe bilginin aktarımı sağlanabilir. Mevcut bir uyarana karşı bir cevap arandığında ise yalnızca uyaran değil; aynı zamanda bağlamın geneli ile ilgili kısımlar da etkinleşir. Yani bireyin zihnindeki bağlam çerçevesindeki nöronların her birisi etkileşime geçer. Bu da bağlama bağımlılık prensibi olarak ifade edilir. Bu durumun bir sonucu olarak da öğrenciler bir konu ile ilişkili olarak bir veya birden fazla modele sahip olabilirler. Farklı durumlarda öğrencilerin modelleri kullanımları "model durumları" olarak adlandırılır. Burada iki durum söz konusudur (Bao & Redish, 2006):

1. Eğer bir öğrenci tutarlı olarak tüm sorularda/bağlamlarda sadece bir model kullanıyorsa, bu durum "saf model durumu" olarak adlandırılır.

2. Eğer bir öğrenci bir durum karşısında birden fazla farklı model kullanıyorsa, bu durum “karma model durumu.” olarak adlandırılır.

Kapsamlı bir model analizi yapıldığında ise yaygın olmayan ya/ya da ilgisiz düşüncelerle karşılaşılıyorsa, bu “açık olarak betimlenemeyen bir model olan” “null model” olarak tanımlanır.



Şekil 1. Fiziksel bir içeriğin farklı bağlamlarında farklı model durumlarının oluşması (Bao & Redish, 2006).

Şekil 1’de görüldüğü gibi, fiziksel bir içeriğe model durumları uygulandığında, öğrenciler her bir duruma başka bir modelle cevap verebilmektedir. M1 bilimsel model olmakla birlikte, Mw-1 ‘e kadar bilimsel olmayan diğer modeller söz konusudur. Diğer bir ifadeyle M1 hariç Mw-1’e kadar olan tüm modeller bilimsel olmayan modellerdir. Mw ise ilgisiz düşüncelerin oluşturduğu ve en alt basamakta yer alan “null modeli” ifade etmektedir. Yani birey herhangi bir model oluşturamamıştır (Bao & Redish, 2006). Öğrencilerin sahip oldukları ya da öğretim esnasında geliştirdikleri modellerde, farklı fiziksel durumlarda veya süreçlerde değişiklikler göstermektedir. Birbirine geçmiş fiziksel özellikleri barındıran değerlendirme araçları ile süreç bu şekilde ilerlemektedir (Bao & Redish, 2002).

Saf model durumundaki modeller ise esas ve melez olmak üzere iki tür olarak meydana gelirler. Melez modeller saf modellerin özel bir durumudur. Esas olan modellerde yalnızca o modele özgü olan elementler yer alır. Melez modeller

ise farklı modellere özgü elementlerin bir araya gelmesiyle oluşur. Fakat melez model yeni bir modeldir. Farklı modellere ait elementler içerse bile, artık o modellerden bağımsız yeni bir model halini almıştır (Hrepic vd., 2002; Hrepic, 2004).

İlgili Araştırmalar

Literatürde Zihinsel Modellemenin Elektrik Konusunda İncelendiği Çalışmalar. Yapılan literatür araştırmasında, zihinsel modellemenin incelendiği ve elektrik konusunun ele alındığı araştırmalar Tablo 1 ile verilmiştir. Bu kısımda çalışmalarla ilgili olarak kimler tarafından hangi yıllarda yapıldığına, araştırmanın yaklaşımına, verilerin toplanırken hangi tekniklerin kullanıldığına, çalışma grubunun özelliklerine ve çalışmaya katılan toplam katılımcı sayısına yer verilmiştir.

Tablo 1

Literatürde Yer Alan Zihinsel Modellemenin Elektrik Konusunda İncelendiği Çalışmalar

Araştırma	Araştırma Yaklaşımı	Kullanılan Teknik	Çalışma Grubu	Toplam Katılımcı Sayısı
Gee (1978)	derleme			
Gentner ve Gentner (1983)	Nitel	Deney Anket	Lise öğrencileri Üniversite öğrencileri (yeni başlayan)	18
Greca ve Moreira (1997)	Nitel ve nicel	Soru ve problem çözme	İkinci sınıf mühendislik öğrencileri	50
Borges ve Gilbert (1999)	Nitel	Tahmin-Gözlem-Açıklama	Ortaöğretim öğrencileri Fizik öğretmenleri Elektrik mühendisleri Tekniker (Formal eğitimi olmayan)	56
Thacker, Ganiel ve Boys (1999)	Nitel	Anket	Üniversite öğrencisi	90
Steinberg ve Clement (2001)	Nitel	Görüşme	Lise öğrencisi	1

Plumb (2003)	Nitel ve Nicel	Test	Üniversite öğrencisi	112
Itza-Ortiz, Rebello ve Zollman (2004)	Nitel	Görüşme	Üniversite öğrencisi	16
Çepni ve Keleş (2006)	Nitel ve Nicel	Açık uçlu sorular	İlköğretim öğrencileri Ortaöğretim öğrencileri Üniversite öğrencileri	250
Philippi (2010)	Nitel ve Nicel	Test	Üniversite öğrencileri	106
Çakır (2011)	Nitel	Tahmin-Gözlem-Açıklama Kavram Haritalama	Üstün yetenekli ilköğretim öğrencisi	10
Bilal ve Erol (2012)	Nicel	Elektrik Başarı Testi Elektrik Klasik Sınav Elektrik Kavram Testi	İlköğretim matematik bölümü öğretmen adayları	41
Marks (2012)	Nitel ve nicel	Yarı yapılandırılmış görüşme Tanılayıcı sınav (diagnostic test)	Ön-üniversite öğrencileri	
Mitchem ,Zohrabi Alaee ve Sayre (2017)	Nitel	Yazılı test	Üst sınıf üniversite öğrencileri	55

Gee (1978) çalışmasında modellemeyi eğitsel bir araç olarak kullanıp, Maxwell denklemlerine uygulamıştır. Greca ve Moreira (1997) ise Johnson-Laird'ın zihinsel model temsil teorisini temel alıp, üniversite öğrencilerinin elektromanyetizma ile ilgili zihinsel modellerini incelemişlerdir. Bu temsiller özellikle zihinsel model, önermeler ve görselleri içermiştir. Çalışmanın sonucunda bu modellerin, önermelerin ve görsellerin yorumlanması oldukça zor, birbirleri ile ilişkisi olmayan yapılar olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Borges ve Gilbert (1999) nitel araştırma yaklaşımını benimsedikleri çalışmalarında, 56 kişinin elektrik ile ilgili zihinsel modellerini incelemişlerdir. Araştırmanın örneklemini ise ortaöğretim öğrencileri, Fizik öğretmenleri, Elektrik mühendisleri ve formal eğitimi olmayan teknikerler olarak belirlemişlerdir. Analiz

için Tahmin-Gözlem-Açıklama tekniğinin kullanıldığı çalışmada, dört tane zihinsel model elde edilmiştir. Akışkan gibi davranan elektrik modeline sahip olan katılımcılar elektrik akımını pilden akan bir madde gibi olduğunu düşünmüşlerdir. Zıt akımlar gibi davranan elektrik modeline sahip olanlar ise elektriğin güç kaynağının iki tarafından zıt yönlerde akıp, ampulü bu şekilde yaktığını ifade etmişlerdir. Bir diğer model olan hareket eden yükler gibi davranan elektrik modeline sahip olanlarsa elektronların potansiyel farkın etkisiyle hareket ettiğini belirtmişlerdir. Son olarak alan gibi davranan elektrik modeline sahip bireylerin, önceki modelle ilgili tüm düşüncelere sahip oldukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte akım ile ilgili açıklamalarını, elektrik alan ve elektrik sinyalleri ile ilgili bağlamlardan yararlanarak da açıklamaya çalışmışlardır.

Thacker, Ganiel ve Boys (1999) DC elektrik devreleri ile ilgili yapmış oldukları araştırmada, matematik temelli fizik dersi alan iki farklı üniversitenin mühendislik öğrencilerini iki ayrı grup olarak incelemişlerdir. 90 kişi olan gruba geleneksel yöntemle yani yalnızca matematiksel formüller yardımıyla konular öğretilmiştir. Diğer 29 kişilik gruba ise matematiksel analizlerin yanı sıra mikroskobik süreçlerin modellerinin de vurgulandığı öğretim yöntemi uygulanmıştır. Analizlerin sonucunda, geleneksel yöntemin uygulandığı öğrencilerin çoğunun kavramlarla ilgili iyi tanımlanmış herhangi bir zihinsel model oluşturamadıkları görülmüştür. Soruları formüller yardımıyla çözebildikleri halde, sorunun çözümüne dair bilimsel açıklamalar geliştirememişlerdir. Fakat ikinci grupta ise öğrencilerin mantıklı zihinsel modeller geliştirebildikleri görülmüştür. Konu ile ilişkili çok daha bilimsel yaklaşımlar geliştirdikleri fark edilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar mikroskobik süreçlerin modellerinin, Elektrik ve Manyetizma derslerinin ayrılmaz bir parçası olduğunu ifade etmiş ve öğrencilerin konuları içselleştirebilmelerinin, mantıklı açıklamalar getirebilmelerinin ve tutarlı bir şekilde zihinsel modeller oluşturabilmelerinin ancak bu şekilde mümkün olabileceğinden bahsetmişlerdir.

Steinberg ve Clement (2001) çalışmasını daha önce hiç fizik dersi almamış bir tane lise öğrencisi ile gerçekleştirmiştir. Karmaşık öğrenmenin nasıl daha kolaylaştırılabileceğini araştırdıkları çalışmalarında, öğrencinin elektrik devreleri ile ilgili model oluşturması teşvik etmişlerdir.

Plumb (2003) Elektrik ve Manyetizmanın Kavramsal Araştırması (CSEM) testinden belirlediği 10 tane sorunun yapı geçerliğini araştırmıştır. Bunun yanı sıra üniversite öğrencilerinin elektrik ve manyetizma ile ilgili zihinsel modellerini de belirlemiştir. Araştırmasının sonucunda, soruların bazılarının yapı geçerliğinde bazı sıkıntılar olduğunu belirlemiştir. Çünkü öğrenciler cevapların bilimsel nedenlerini bilmedikleri halde doğru cevap verebilmişlerdir.

Itza-Ortiz, Rebello ve Zollman (2004) Newton'un II. yasasını mekanik ve elektromanyetizma bağlamında incelemiş ve bu konulardaki öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemişlerdir. Yine öğrencilerde saf modellerin yanı sıra, melez modellerin de olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar 16 üniversite öğrencisi ile iki dönem boyunca görüşmeler gerçekleştirmiş ve aynı zamanda çok sayıda öğrencinin çeşitli bağlamlardaki zihinsel modellerini belirleyebileceği çoktan seçmeli bir test geliştirmişlerdir. Sonuç olarak mekanikte elde etmiş oldukları Newton ve Aristotales modellerinin aynısını elektomanyetizma konusunda da elde etmişlerdir. Newton modeline sahip öğrenciler, elektrik alanda bulunan bir yük üzerine kuvvet etkidiğinde, bu kuvveti etkileyen etmenlerin kütle ve ivme olduğunu belirtmişlerdir. Aristotales Modeline sahip öğrenciler ise bir hareketin meydana gelebilmesi için bir kuvvete ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir.

Çepni ve Keleş (2006) ilköğretim, ortaöğretim ve üniversite düzeylerinde belirledikleri 250 öğrencinin basit elektrik devreleri ile ilgili anlama düzeylerini belirlemişlerdir. Öğrencilerin çizimleri ve açıklamalarının analizi sonucunda ise literatürde yer alan (Driver, Squires, Rushworth, & Robinson, 1994; Osborne & Freyberg, 1985; akt. Çepni & Keleş, 2006) dört farklı modelle uyum sağladığını belirlemişlerdir. Bu modeller tek kutuplu model, çatışan akım modeli, harcanan akım modeli ve korunan akımlı bilim adamı modelidir.

Philippi (2010) üniversite öğrencilerinin elektrik ve manyetizma konusundaki kavramsal anlamalarına, zihinsel modellerin kullanımının etkisini araştırmıştır. Bu etkiyi ise Elektrik ve Manyetizmanın Kavramsal Araştırması (CSEM) testi ve Fen Bilimindeki Modellerin Öğrencilerin Anlaması isimli likert tipi ölçek yardımıyla belirlemiştir. Sonuç olarak da öğrencilerin fen modellerini anlamasının, elektrik ve manyetizma konularının anlaşılmasında etkili olduğunu belirlemiştir.

Çakır (2011) üstün yetenekli öğrenciler ile gerçekleştirdiği çalışmasında, öğrencilerin iletkenlik ve yalıtkanlık konusunda sahip oldukları zihinsel modelleri incelemiştir. İletken ve yalıtkanlarla ilgili olarak da, öğrencilerin sıvı iletken ve yalıtkan maddelerde katılara kıyasla daha fazla sorun yaşadığı görülmüştür.

Bilal ve Erol (2012) araştırmasında 41 ilköğretim bölümü öğretmen adayı ile çalışmış ve onlara elektrik konusunda çeşitli testler uygulamışlardır. Nicel araştırma yöntemi ile tasarladığı çalışmasında, modelleme yoluyla öğretimin öğrencilerin başarılarını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Bunun nedenini ise modelleme yönteminin öğrenci merkezli olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Marks (2012) öğrencilerin elektrik devreleri ile ilgili anahtar kavramları öğrencilerin nasıl öğrendiğini araştırmış ve bu süreçte oluşan zihinsel modelleri incelemiştir. Öğrencilerin öğrenmeye başladıkları andan itibaren zihinsel modeller oluşturmaya başladıklarını belirlemiştir. Ayrıca akım, direnç ve potansiyel farkın anlaşılması için birleştirilmiş bir öğrenme modeli oluşturmuştur. Mitchem vd. (2017) ise öğrencilerin elektrik ve manyetizma derslerindeki yazılı kağıtlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak da öğrencilerin zihinsel modellere sahip olmadıkları durumlarda, sorular karşısında bildikleri durumla cevabını bilmedikleri soruları bağlamaya çalıştıklarını tespit etmişlerdir.

Literatürde Zihinsel Modellemenin Manyetizma Konusunda İncelendiği Çalışmalar. Literatür araştırması sonucunda, zihinsel modellemenin incelendiği ve manyetizma konusunun ele alındığı araştırmalar Tablo 2 ile verilmiştir.

Bu kısımda yine elektrik konusuna benzer olarak, çalışmaların kimler tarafından hangi yıllarda yapıldığına, araştırmanın yaklaşımına, verilerin toplanırken hangi tekniklerin kullanıldığına, çalışma grubunun özelliklerine ve çalışmaya katılan toplam katılımcı sayısına yer verilmiştir.

Tablo 2

Literatürde yer alan zihinsel modellemenin manyetizma konusunda incelendiği çalışmalar

Araştırma	Araştırma Yaklaşımı	Kullanılan Teknik	Çalışma Grubu	Toplam Katılımcı Sayısı
Greca ve Moreira (1997)	Nitel ve nicel	Soru ve problem çözme	İkinci sınıf mühendislik öğrencileri	50
Borges, Tecnico ve Gilbert (1998)	Nitel	Tahmin-Gözlem-Açıklama	Ortaöğretim öğrencileri Fizik öğretmenleri Elektrik mühendisleri Tekniker (Formal eğitimi olmayan)	56
Plumb (2003)	Nitel ve Nicel	Test	Üniversite öğrencisi	112
Itza-Ortiz, vd. (2004)	Nitel	Görüşme	Üniversite öğrencisi	16
Ravanis, Pantidos ve Vitoratos (2009)	Nitel	Görüşme	Ortaöğretim öğrencisi	116
Philippi (2010)	Nitel ve Nicel	Test	Üniversite öğrencileri	106
Serderderg (2012)	Nitel	Görüşme	Ortaokul öğrencileri	102
Sederberg, Latvala, Lindell, Bryan ve Viiri (2014)	Nitel ve nicel	Yarı deneysel model Görüşme Öntest-Sontest	Ortaöğretim öğrencisi	86
Mitchem ,Zohrabi Alaee ve Sayre (2017)	Nitel	Yazılı test	Üst sınıf üniversite öğrencileri	55

Borges, Tecnico ve Gilbert (1998) ortaöğretim öğrencileri, Fizik öğretmenleri, Elektrik mühendisleri ve teknikerlerin manyetizma ile ilgili zihinsel modellerini araştırmışlardır. 56 katılımcı ile gerçekleştirdikleri bu çalışmalarını, nitel araştırma yöntemi ile desenlemişlerdir. Katılımcıların zihinsel modellerini belirlemek için ise Tahmin-Gözlem-Açıklama yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın sonunda ise, öğrencilerin manyetizmayı elektrik kavramı ile

karıştırdıkları sonucuna ulaşmış ve bu modeli “elektrik gibi davranan manyetizma” olarak adlandırmışlardır. Bunun yanı sıra katılımcıların mıknatısın manyetik kuzey ve manyetik güney olarak kendi içerisinde kutuplara ayrıldığını ifade ettikleri durumu ise “kutuplaşma gibi davranan manyetizma” olarak ifade etmişlerdir.

Ravanis vd. (2009) 116 ortaöğretim öğrencisinin zihinsel temsillerini incelemişlerdir. Bu incelemeler bireysel görüşmeler yoluyla elde edilmiştir. Sonuç olarak başta manyetik alan olmak üzere, öğrencilerin doğayı anlamakta zorluklar yaşadıklarını tespit etmişlerdir.

Manyetizma konusunu ele alan Serderberg (2012), mıknatısların manyetik alanları, manyetize olmanın ne demek olduğu ve manyetik etkileşimler üzerinde yoğunlaşmıştır. 8. sınıf öğrencileri ile çalışan Serderberg (2012), zihinsel modelleri parçalanmış zihinsel modeller, yeni geliştirilen zihinsel modeller, gelişen zihinsel modeller ve genellikle kuralcı zihinsel modeller olarak ele almıştır. Serderberg vd. (2014)’de ise 86 ortaöğretim öğrencisinin mıknatıs konusundaki zihinsel modellerini incelemişlerdir. Araştırmalarının sonucunda öğrencilere sunmuş oldukları tekrarlayan deneylere rağmen, bilimsel olmayan inançlarının hala devam ettiğini tespit etmişlerdir.

Literatürde Zihinsel Modelleme ile ilgili Diğer Fizik Konularında Yapılan Çalışmalar. Elektrik ve manyetizma konusunun yanı sıra literatürde yer alan zihinsel model ile ilgili çalışmalar şu şekildedir:

Vosniadou ve Brewer (1992) yılında ilkokul öğrencilerinin Dünya ile ilgili sahip oldukları zihinsel modelleri incelemiş ve konu ile ilgili altı zihinsel model belirlemiştir. Bu modeller “Dikdörtgen Dünya Modeli, Disk Dünya Modeli, İkili Dünya Modeli, Boşluklu Dünya Modeli, Basık Küre Modeli ve Küresel Dünya Modeli” olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar (1994) yılında ise bu kez ilkokul öğrencilerinin gece ve gündüz döngüleri ile ilgili zihinsel modellerini belirlemişlerdir.

Taşar, Dana ve Lunetta (2000) çalışmalarında yalnızca tek bir üniversite birinci sınıf öğrencisinin hız, ivme ve kuvvet kavramları ile ilgili zihinsel modelini incelemişlerdir. Her ne kadar öğrenci süreç içerisinde bilimsel bilgiyi öğrenmeye çalışsa da, bu yeni öğrendiği bilgilerin kalıcılığının oldukça az olduğu sonucuna

ulaşılmıştır. Çünkü öğrenci “değişim oranı” kavramını anlamakta güçlük çektiği için, yeni öğrendiği bilgiler de ön bilgileri ile tutarlı hale gelememiştir.

Beh (2000) zihinsel modellerin geleneksel yöntemler üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırma kapsamında basit elektrik devreleriyle ilgili ayrıntılı incelemeler gerçekleştirmiştir. 268 fizik öğrencisine anket uygulayıp, 23 fizik öğrencisi 24 uzmanla görüşme gerçekleştirmiştir. Uzmanların 10’u elektrik mühendisliği mezunu, 2’si ortaokul fizik öğretmeni, 8’i fizik okutmanı ve 4’ü de elektrik mühendisidir. Araştırmanın sonucunda katılımcıların basit elektrik devreleri ile ilgili uygun zihinsel modellere sahip olmadığını, kavramlara derinlemesine hakim olmadıklarını, özellikle paralel devrelerin geleneksel gösterimin dışında verildiğinde zorlandıklarını belirlemiştir. Zihinsel model yöntemi yardımıyla ise başarılarının arttığını gözlemlemiştir.

Hrepic, Zollman, ve Rebello’da (2010) fiziğe giriş dersini almış 16 üniversite öğrencisi ile çalışmışlardır. Öğrencilerin sesin yayılması konusundaki sahip oldukları zihinsel modelleri belirlemek için ders öncesi ve sonrası görüşmeler yapmışlardır. Elde edilen verileri fenomenografik yöntemi kullanarak analiz etmiş ve modelleri sınıflandırmışlardır. Öğrencilerde saf zihinsel modellerin yanı sıra melez modellerin de olduğu belirlemişlerdir. Ayrıca bu modellerin farklı bağlamlardaki değişimini de incelemişlerdir. Bu modeller ise Varlık ve Dalga Modelidir.

Chiou ve Anderson (2010) fizik bölümünde eğitim gören 30 öğrencinin ısı iletimi konusundaki zihinsel modelleri üzerinde çalışmışlardır. Verilerin toplanması için üçlü mülakat yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, aynı zamanda yazılı dokumanlar ve çizimler de kullanılmıştır. Sonuç olarak öğrencilerin ısı konusundaki zihinsel modelleri ile tahminleri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığını belirlemişlerdir.

İyibil (2010) öğretmen adayları ile gerçekleştirdiği çalışmasında, astronomi konusundaki zihinsel modelleri belirlemiştir. Bu modelleri ise “*ideal, temel, kavramsal, ezberci, seçici, tanımsal, somut, ilişkisel ve uyumsuz model*” olarak tanımlamıştır. Bölümler arasındaki öğretmen adaylarının zihinsel modellerinin farklılık ve benzerliklerini de tespit etmeyi amaçlayan İyibil (2010), örneklemini fen bilgisi, fizik, okul öncesi ve sınıf öğretmenliği öğretmen adayları olarak belirlemiştir.

Sonuç olarak da fen bilgisi ve fizik öğretmenliği öğrencilerinin, okul öncesi ve sınıf öğretmenliği öğrencilerin daha bilimsel bilgilere sahip olduğunu tespit etmiştir.

Corpuz ve Rebello (2011a) sürtünme konusunu mikroskobik düzeyde ele almış ve farklı branşlarda (makine mühendisliği, ortaöğretim, pazarlama, bilgisayar bilimi, mikrobiyoloji öğrencileri ve bölümüne karar verilemeyen öğrencileri) eğitim alan 11 öğrencinin zihinsel modelini incelemişlerdir. Araştırma süresince her bir bireyle birebir olarak iki aşamalı yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Toplanan veriler fenomenografik yaklaşım kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçta öğrencilerin atomik seviyedeki konulara, sahip oldukları makroskobik deneyimlerinin de etki ettiği gözlemlenmiştir. Corpuz ve Rebello (2011b), konu ile ilgili çalışmalarına devam etmiş ve öğrencilerin sürtünme konusunda uygulamalı veya yardımcı zihinsel aktiviteler sonrasında zihinlerinde var olan modellerde meydana gelen değişimlerini belirlemişlerdir. Ayrıca farklı yardımcı aktiviteler de önermişlerdir. Sonuç olarak da, bu aktivitelerin mikroskobik sürtünme konusunda öğrenciler üzerinde oldukça etkili olduğunu görmüşlerdir.

Yüksel (2011) çalışmasında 8. sınıf öğrencilerinin mıknatısların doğası ve manyetik etkileşimler konusundaki zihinsel modellerini incelemiştir. Formal bir manyetizma eğitimi almayan 31 katılımcının yer aldığı bu araştırmada, öğrencilerin belirsiz zihinsel modellere sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Diğer bir ifadeyle, öğrenciler verdikleri cevabın nedenlerini açıklayamamışlardır. Çalışmada elde edilen modeller ise şu şekildedir:

- Çekme ve İtme Modeli: Bu modelde öğrenciler mıknatısın metal nesneleri ve demiri çektiğini, aynı kutupların birbirini iterken zıt kutupların birbirini çektiğini, mıknatısın iğne benzeri şeyleri bulmaya yardımcı olduğunu ve mıknatısın kalın demiri çekemeyeceğini ifade etmişlerdir.
- Manyetik Kutuplar: Bu modelde öğrenciler mıknatısın “+” ve “-“ ya da “N” ve “S” kutbuna sahip olduğunu ve kutupların merkezden ikiye ayrıldığını belirtmişlerdir.
- Mıknatısın Yapısı ve İşlevselliği: Bu modelde öğrenciler mıknatısın kömürden yapıldığını, mıknatısın içerisinde maddelerin, tozların, nano-parçacıkların olduğunu ve parçalara ayrılsa bile çalıştığını ifade etmişlerdir.

Carnes (2016) çalışmasında elektrik mühendislerinin eşik kavramlarla ilgili zihinsel modellerini belirlemiştir. Her ne kadar öğrencilerin modelleri birbirinden çok farklı olsa da, beş baskın durum belirlenmiştir. Bunlar matematik, fizik, sinyaller, titreşimler ve karışıklık olarak tanımlanmıştır.

Bölüm 3
Yöntem

Bu çalışmanın amacı, Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan ve manyetik alan ile ilgili zihinsel modellerini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda, çalışma nitel araştırma yönteminden yararlanılarak tasarlanmıştır. Bu kısımda nitel araştırmanın doğasından, katılımcıların özelliklerinden, veri toplama araçlarından, verilerin analizinden ve yapılan geçerlik güvenirlik çalışmalarından etraflıca bahsedilecektir.

Araştırmanın Yöntemi

Araştırma nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması ile desenlenmiştir. Çünkü durum çalışmasında, "sınırlı bir sistem derinlemesine betimlenir ve incelenir" (Merriam, 2009). Çalışma kapsamında da, Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan ve manyetik alan ile ilgili sahip oldukları zihinsel modeller derinlemesine incelenmiştir. Bu incelemeler yarı yapılandırılmış görüşmeler yardımıyla yapılmıştır. Görüşmelerden elde edilen verilerden; neden-sonuç ilişkileri açık, anlaşılır ve bütüncül olarak ortaya çıkarılarak, karmaşık etkileşimleri (Creswell, 2007) gösterilmiştir. Ortaya çıkan bu etkileşimler, yalnızca incelenen durumu anlatan neden-sonuç ilişkileridir. Nitel araştırmalar, araştırılan sosyal olayların doğası gereği, genelleme yapılması oldukça güç çalışmalardır. Çünkü evreni temsil edebilecek kadar örneklemle çalışmak, her zaman mümkün olmamaktadır. Ancak benzer bir örneklemle yeni bir çalışma yapıldığında, sonuçların benzer olabileceğine dair bir fikir yürütülebilir (Fraenkel & Wallen, 2006).

Katılımcıların Özellikleri

Çalışmanın katılımcıları, amaçsal örneklem yönteminden "maksimum çeşitlilik örnekleme" ilkesine göre belirlenmiştir. Patton'a göre (1987), bu örneklemeyi kullanmanın araştırma açısından iki faydası bulunmaktadır. Bunların ilki, araştırılan duruma özgü her boyutun ayrıntılı olarak incelenme fırsatının doğması; ikincisi ise farklı özellikler gösteren durumların, ortak noktalarının da ortaya çıkarılmasıdır. Bu durumu en iyi şekilde sağlayabilmek için, bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 22 Fizik öğretmen adayı ile çalışılmıştır. Ayrıca

örneklemin tamamının “Elektrik ve Manyetizma I” ve “Elektrik ve Manyetizma II” dersini almış ve başarıyla tamamlamış öğrencilerden oluşmasına dikkat edilmiştir. Bunların yanı sıra, çalışmada daha fazla çeşitliliği sağlamak adına; katılımcıların tek bir cinsiyetten, tek bir sınıftan, benzer akademik ortalamalardan ve ders tekrar sayısı aynı olan bireyler olmamasına özen gösterilmiştir.

Şartları sağlayan öğretmen adaylarına, uygulama süreci ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Katılımcılar belirlenirken, özellikle gönüllü olmaları esas alınmıştır ve çalışma öncesinde dört katılımcı ile pilot uygulama süreci gerçekleştirilmiştir.

Katılımcılarla İlgili Demografik Bilgiler

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının demografik bilgileri cinsiyet, yaş ve akademik ortalama olacak şekilde Tablo 3’de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

Tablo 3

Katılımcıların Demografik Özellikleri

Katılımcılar	Cinsiyet*	Yaş	Akademik Ortalama
K1	E	30	2.82
K2	K	24	2.63
K3	K	23	2.24
K4	K	22	3.03
K5	K	23	1.82
K6	E	21	2.14
K7	K	24	2.20
K8	K	22	2.00
K9	E	22	1.91
K10	K	23	2.93
K11	E	22	2.38
K12	K	26	2.57
K13	K	23	2.22
K14	K	21	2.81
K15	K	24	2.67
K16	E	23	2.32
K17	E	23	2.83
K18	K	23	2.91
K19	K	23	1.90
K20	K	25	2.48
K21	E	26	2.44
K22	E	23	2.21

** K: Kadın; E: Erkek*

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma I Dersini Geçme Durumları

Elektrik ve Manyetizma I dersi, Fizik Öğretmenliği programının üçüncü yarıyılında yer alan ve haftada toplam 5 saat (3 saat teorik, 2 saat uygulama olmak üzere) olarak işlenen bir derstir. İçeriğinde elektrik ile ilgili temel kavramların yanında ağırlıklı olarak elektrik alan kavramından söz edilir (EK-F). Katılımcıların tamamı uygulamaya başlamadan önce bu dersi başarı ile tamamlamışlardır. Dersi kaç kere ve hangi öğretim üyesinden alıp, hangi not ile tamamladıklarına dair bilgiler Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma I Dersi İle İlgili Bilgileri

Katılımcılar	Elektrik ve Manyetizma I Dersi tekrar sayısı	Dersi Veren Öğretim Üyesi	Dönem Sonu Notu	Dersi Veren Öğretim Üyesi	Dönem Sonu Notu	Dersi Veren Öğretim Üyesi	Dönem Sonu Notu
K1	1	ÖÜ1	D				
K2	1	ÖÜ3	B2				
K3	1	ÖÜ3	C3				
K4	1	ÖÜ3	B2				
K5	3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	D
K6	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	C2		
K7	3	ÖÜ3	F3	ÖÜ1	F3	ÖÜ3	D
K8	3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	D
K9	1	ÖÜ3	D				
K10	1	ÖÜ3	D				
K11	3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	D
K12	3	ÖÜ1	F2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	C3
K13	2	ÖÜ1	F3	ÖÜ3	D		
K14	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	D		
K15	3	ÖÜ1	F3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	D
K16	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	B2		
K17	1	ÖÜ3	B2				
K18	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	B3		
K19	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	D		
K20	2	ÖÜ1	F3	ÖÜ3	D		
K21	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	C2		
K22	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	C2		

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma II Dersini Geçme Durumları

Elektrik ve Manyetizma II dersi, aynı programın dördüncü yarıyılında yer alan bir derstir. Bu derste manyetizma ile ilgili temel kavramlara değinilir ve ağırlıklı olarak manyetik alan kavramından bahsedilir (EK-G). Aynı şekilde katılımcıların tamamı bu dersi de başarı ile tamamlamışlardır. Dersin kaç kere ve hangi öğretim üyesinden alındığı ve hangi not ile tamamlandığı ile ilgili bilgiler Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma II Dersi İle İlgili Bilgileri

Katılımcılar	Elektrik ve Manyetizma II Dersi tekrar sayısı	Dersi Veren Öğretim Üyesi	Dönem Sonu Notu	Dersi Veren Öğretim Üyesi	Dönem Sonu Notu	Dersi Veren Öğretim Üyesi	Dönem Sonu Notu
K1	1	ÖÜ1	C3				
K2	2	ÖÜ3	D	ÖÜ2	C2		
K3	2	ÖÜ1	F3	ÖÜ3	D		
K4	2	ÖÜ3	C3	ÖÜ2	B2		
K5	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	D
K6	1	ÖÜ2	C2				
K7	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	C1		
K8	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ2	C1		
K9	1	ÖÜ2	D				
K10	1	ÖÜ3	B2				
K11	1	ÖÜ2	B3				
K12	2	ÖÜ3	F2	ÖÜ3	D		
K13	2	ÖÜ3	F1	ÖÜ3	F3	ÖÜ2	D
K14	1	ÖÜ2	C2				
K15	2	ÖÜ1	F3	ÖÜ3	B1		
K16	1	ÖÜ1	C2				
K17	1	ÖÜ3	B1				
K18	1	ÖÜ1	C3				
K19	2	ÖÜ2	F3	ÖÜ2	D		
K20	2	ÖÜ1	F3	ÖÜ3	C2		
K21	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	C2		
K22	2	ÖÜ3	F3	ÖÜ3	B2		

Katılımcıların Elektrik ve Manyetizma Dersi Kapsamında Yararlandıkları Kaynaklar

Araştırmaya katılan Fizik öğretmen adayları, elektrik ve manyetizma konularını öğrenmek için çeşitli bilimsel kaynaklardan yararlanmışlardır. Bu kaynakların neler olduğu Tablo 6'da verilmiştir.

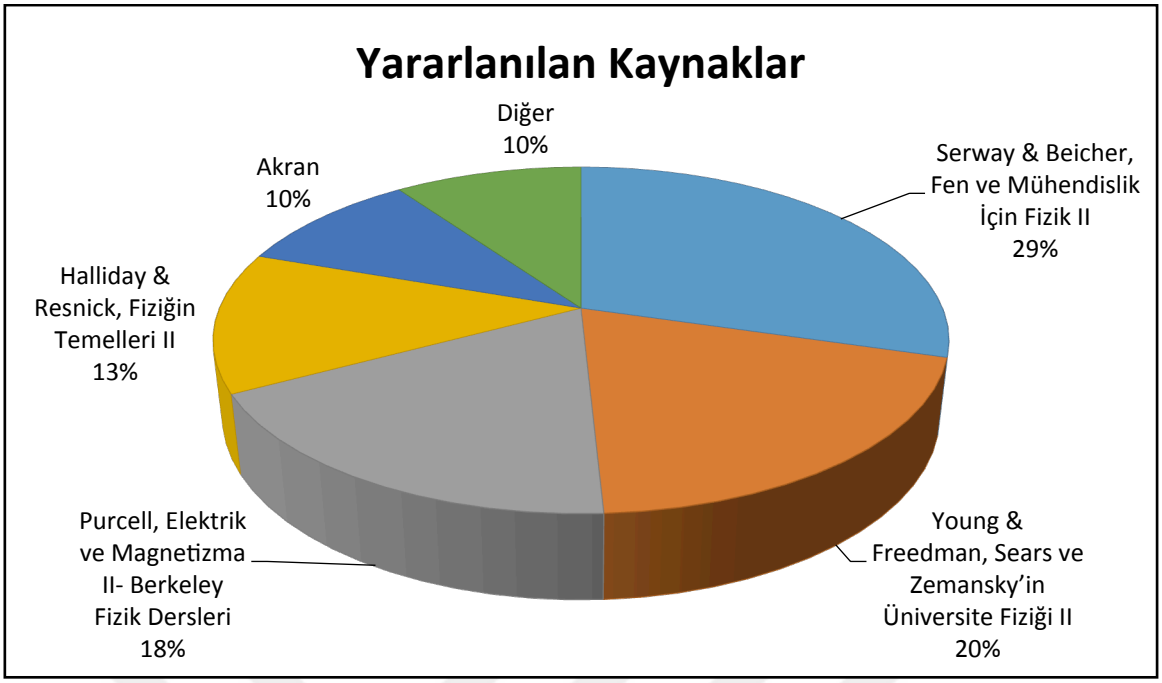
Tablo 6

Katılımcıların Yararlandığı Kaynakların Sayısı ve Kaynaklar

Katılımcılar	Yararlanılan Kaynak Sayısı	Yararlanılan Kaynaklar
K1	3	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) MIT Fizik dersleri (TÜBA Ulusal Açık Ders Malzemeleri)
K2	2	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Akranlar
K3	3	Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Ders notları
K4	2	Fiziğin Temelleri II (Halliday, Resnick, & Walker) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher)
K5	3	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell)
K6	3	Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Akranlar
K7	4	Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Akranlar
K8	3	Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.) Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman)
K9	2	Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell)
K10	2	Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher)
K11	3	Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.) İnternet Öğretim Üyeleri
K12	3	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.)
K13	2	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell)

K14	2	Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher)
K15	2	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman)
K16	1	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Akranlar
K17	3	Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher)
K18	2	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman)
K19	3	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.) Akranlar
K20	4	Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.)
K21	3	Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) Temel Fizik II (Fishbane, Gasiorowicz, & Thornton) Ders Notları Akranlar
K22	2	Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher)

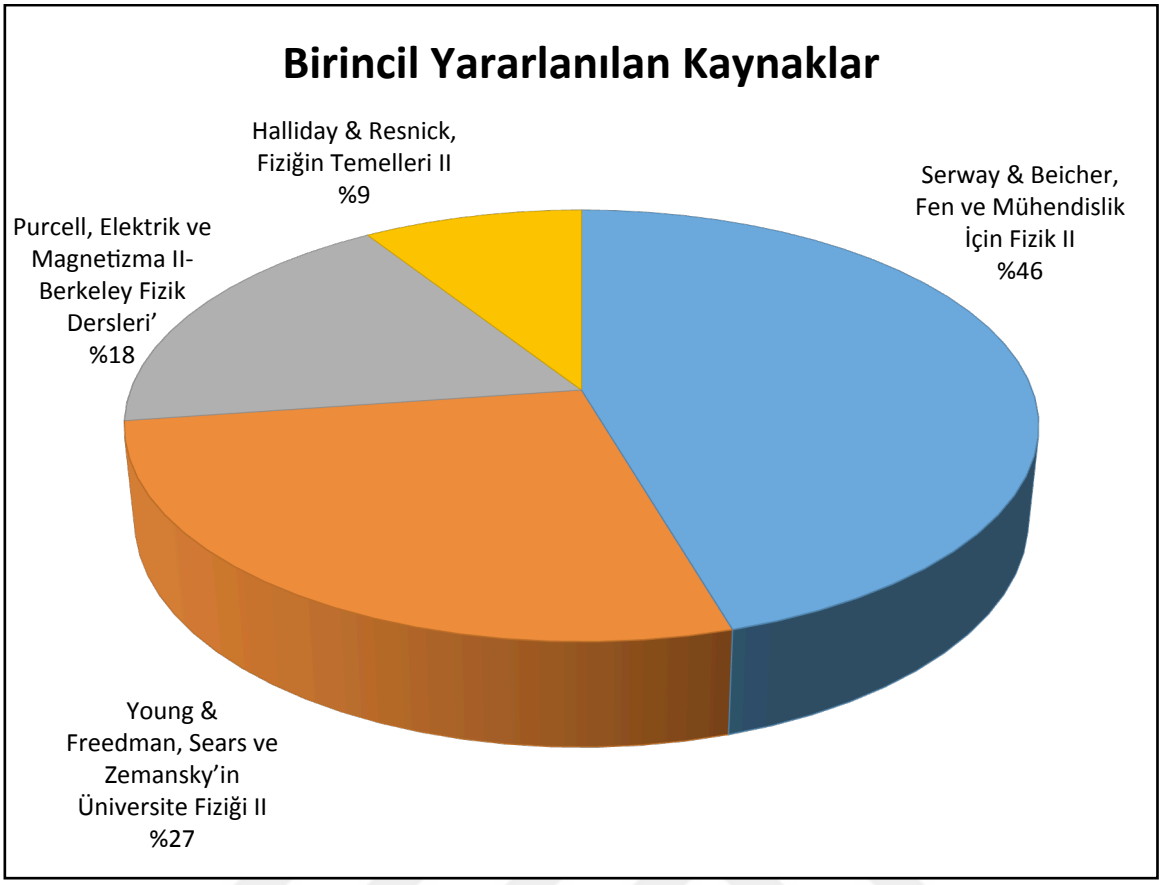
Öğretmen adaylarının yararlandıkları kaynakların yüzde dağılımları, Şekil 2'de gösterilmiştir. Ağırlıklı olarak, Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (Serway & Beicher) (18 katılımcı), Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (Young & Freedman) (12 katılımcı), Elektrik ve Magnetizma II-Berkeley Fizik Dersleri (Purcell) (11 katılımcı) ve Fiziğin Temelleri II (Halliday vd.) (8 katılımcı) kitaplarından yararlanılmıştır. Bunların yanı sıra Fizik öğretmen adayları Şekil 2'de diğer olarak belirtilen; akran (6 katılımcı), ders notları (2 katılımcı), Temel Fizik II (Fishbane vd.) (1 katılımcı), MIT Fizik dersleri (TÜBA Ulusal Açık Ders Malzemeleri) (1 katılımcı), internet (1 katılımcı) ve öğretim üyelerinden (1 katılımcı) faydalandıklarını belirtmişlerdir. Genel olarak ise öğrencilerin birden fazla kaynaktan yararlanma eğiliminde oldukları belirlenmiştir.



Şekil 2. Öğretmen adaylarının elektrik ve manyetizma dersine çalışırken kullandıkları kaynakların yüzdeleri.

Fizik öğretmen adayları % 29 oranında Serway & Beicher, Fen ve Mühendislik İçin Fizik II'den, % 20 oranında Young & Freedman, Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II'den, %18 oranında Purcell, Elektrik ve Magnetizma II-Berkeley Fizik Dersleri'nden, %13 oranında Halliday & Resnick, Fiziğin Temelleri II'den ve %10 oranında ise diğer kaynaklardan yararlanmışlardır. %10'da akran etkileşimi yardımıyla öğrendiklerini belirtmişlerdir.

Birincil kaynak olarak ise Serway & Beicher, Fen ve Mühendislik İçin Fizik II (10 katılımcı), Young & Freedman, Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II (6 katılımcı), Purcell, Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri (4 katılımcı) ve Halliday & Resnick, Fiziğin Temelleri II (2 katılımcı) kullanılmıştır. Kullanılan birincil kaynakların yüzdeleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Öğretmen adaylarının elektrik ve manyetizma dersine çalışırken birincil olarak kullandıkları kaynakların yüzdeleri.

Fizik öğretmen adayları birincil kaynak olarak % 46 oranında Serway & Beicher, Fen ve Mühendislik İçin Fizik II'den, % 27 oranında Young & Freedman, Sears ve Zemansky'in Üniversite Fiziği II'den, %18 oranında Purcell, Elektrik ve Magnetizma II- Berkeley Fizik Dersleri'nden, %9 oranında Halliday & Resnick, Fiziğin Temelleri II'den yararlanmışlardır.

Veri Toplama Araçları

Tez kapsamında katılımcıların zihinsel modellerinin ortaya çıkarılabilmesi için belirlenen bağlamlara göre araştırmacı tarafından hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme sorularından, 2014-2015 eğitim öğretim yılında verilen "Elektrik ve Manyetizma I-II " derslerinin gözlem notlarından, belirlenen bağlamlar için kullanılan deney aletlerinden ve ders kitaplarından yararlanılmıştır.

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları

Katılımcıların elektrik ve manyetik alan ile ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarabilmek için, ilk olarak bu konular ile ilgili 10 bağlam belirlenmiştir. Bu bağlamların ilk beşi ile öğretmen adaylarının elektrik alan konusundaki zihinsel modellerinin belirlenmesi hedeflenirken, diğer beşi ile de, manyetik alan konusundaki zihinsel modellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, öğretmen adayları ile birebir görüşmeler yapılmıştır. Yapılan bu görüşmeler için, önceden belirlenen yarı yapılandırılmış görüşme soruları hazırlanmıştır. Katılımcıların sorulara vermiş oldukları cevaplara göre, zihinsel modelleri en iyi şekilde ortaya çıkarabilmek için, bu sorular ek sorularla desteklenmiştir. Başka bir ifade ile, katılımcılardan gelen cevaplara göre araştırmacı ek sorularla görüşmeleri detaylandırmıştır. Zihinsel modellerin belirlenmesinde yardımcı olacak elektrik alan ve manyetik alan ile ilgili bağlamlar aşağıda sırası ile verilmiştir:

Elektrik Alan ve Manyetik Alan İle ilgili Bağlamlar

Fiziğin önemli alanlarından birisini elektrik ve manyetizma konusu oluşturmaktadır. Bu çalışmada, elektrik konusunun temelini oluşturan elektrik alan ve manyetizma konusunun temelini oluşturan manyetik alan kavramı üzerinde durulmuştur. Öğrencilerin bu kavramlar ile ilgili sahip oldukları zihinsel modelleri belirleyebilmek için, 10 farklı bağlam seçilmiştir. Bu bağlamlar seçilirken, özellikle ulaşılabilir deney setlerinin olmasına özen gösterilmiştir. Çünkü uygulamanın temel amaçlarından birisi, uygulama öncesi ve sonrasındaki öğrencilerin zihinsel modelleri ve buna bağlı olarak da model durumlarını ortaya koymaktır. Bu koşullar çerçevesinde, bağlamlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ***Elektrik Alan ile ilgili Bağlamlar***

Bağlam 1: Yalıtkan Maddeye Elektrik Alan Etkisi

Bağlam 2: Elektrik Alandaki İletken-Yalıtkan Maddelerin Karşılaştırılması

Bağlam 3: Elektrik Alanın Nötr İletken ve Yalıtkanlara Etkisi

Bağlam 4: İletken Sıvıya Etkiyen Elektrik Alan

Bağlam 5: Kapalı Bir Yüzey Oluşturan İletken ve Yalıtkan Maddelerin Elektrik Alana Etkisi

- ***Manyetik Alan ile ilgili Bağlamlar***

Bağlam 1: Mıknatısın Manyetik Alanı

Bağlam 2: Tek Bir Bobinin Manyetik Alanı

Bağlam 3: İkili Bobin Sisteminin Manyetik Alanı (Helmholtz Bobini)

Bağlam 4: İletken Bir Tele Etkiyen Dış Manyetik Alan (Akım Terazisi)

Bağlam 5: Dış Manyetik Alandaki Akım İlmeği (Elektrik Motoru)

Deney uygulaması yapılmadan önce, katılımcılarla bağlamlarla ilgili görüşmeler yapılmış ve bu veriler deney sonrasında elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Bu sayede de, deneyler yardımı ile öğretmen adaylarının zihinsel modellerinde bir değişimin olup olmadığına bakılmıştır. Yaklaşık 1,5 yıl aradan sonra ise uygulamanın kalıcılığına bakmak için, tekrar görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Veri Toplama Araçlarının Uygulanışı

Elektrik alan ve manyetik alan kavramlarını temel alacak şekilde belirlenmiş olan bağlamlar çerçevesinde, öğretmen adayları ile bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Pilot Uygulama

Pilot uygulama için örneklemin özelliklerini taşıyan dört fizik öğretmen adayı belirlenmiştir. Bu uygulamanın ilk aşamasında onlara elektrik alan konusunda alan kavramını temel alarak belirlenen beş deneyle ilgili yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmış ve katılımcıların verdikleri cevaplar doğrultusunda sorularla ilgili düzenlemelere gidilmiştir. Öğretmen adaylarının yanlış anladıkları, cevap veremedikleri sorular çıkarılmış, sorular daha anlaşılır hale getirilmiştir. Ayrıca cevap verirken bağlam dışına çıkılmasına neden olan sorularda, görüşmeden çıkarılmıştır. Görüşmeler ortalama 45 dk. sürmüştür. Bu görüşmelerin transkriptleri ise yaklaşık 136 sayfa tutmuştur.

Pilot uygulamanın ikinci aşamasında, belirlenen bağlamların deneyleri, pilot uygulama için seçilen öğretmen adayları ile gerçekleştirilmiş ve deneylerin sıralamasında ve içeriklerinde düzenlemeler yapılmıştır. Deneyler belli bir içerik sırasına göre hazırlanmış ve konulara göre gruplandırılmıştır. Hangi bağlamların hangi alt deneyleri içermesi gerektiğine karar verilmiştir. Bağlamlarda eksik görülen yerlere yeni deneyler eklenmiştir. Örneğin elektrik alan ile ilgili deneylere yalıtkan maddelerin yanı sıra iletken maddelerle ilgili deneyler de eklenmiştir. Görüşmeler ise ortalama bir saat sürmüştür. Bu görüşmelerin transkriptleri yaklaşık 88 sayfa sürmüştür.

Deneyler yapılmadan önce katılımcılara deneyle ilgili bilgi verilip, ardından bu durumun sonucunda ne olmasını bekledikleri sorusu yöneltilmiştir. Öğretmen adayı deneyle ilgili beklentilerini konuyla ilgili bilgileri çerçevesinde açıkladıktan sonra, deneyler yapılarak katılımcıların gözlem yapmalarına olanak sağlanmıştır. Ardından, öğretmen adayı yapmış olduğu gözlem çerçevesinde deney öncesi düşüncelerini destekleyen ya da bu düşüncelerini reddeden yeni fikirler ortaya atmıştır. Pilot uygulamanın üçüncü ve dördüncü aşamalarında ise elektrik alan ile ilgili yapılan tüm basamaklar manyetik alan için gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulamaların ardından yarı yapılandırılmış görüşme sorularına ve deneylere son hali verilmiştir.

Uygulama

Uygulamaların tamamı özel olarak hazırlanan bir mekanda gerçekleştirilmiştir. Ortamdan öğretmen adaylarının ilgisini dağıtabilecek her şey kaldırılmıştır. Uygulama esnasında yalnızca ses kaydı yapılmıştır. Ses kayıt cihazı ses kaydının yapılabileceği kadar yakın ancak katılımcıların ilgisini dağıtmayacağı bir noktada tutulmuştur. Kayıtların başında katılımcılara, uygulama için gönüllü olup olmadıkları hem yazılı hem de sözlü olarak sorulmuştur. Uygulama başlamadan önce Etik Kurul İzin Belgesi (EK-I) tek tek öğretmen adaylarına gösterilmiş ve kendilerinden Gönüllü Katılım Formunu (EK-H) doldurmaları istenmiştir. Uygulama başlangıcında da ses kaydı ile tekrar teyit edilmiştir. Uygulama bir yıl (güz ve bahar yarıyılı boyunca) sürmüştür. İlk üç ay elektrik alan ile ilgili kısım tamamlanmış, ikinci üç ayda ise manyetik alan kısmı yapılmıştır. 22 Fizik öğretmeni adayı ile toplamda 132 uygulama gerçekleştirilmiştir. Örnekleme

karar verme aşamasında, söz konusu dersleri başarı ile tamamlamış öğrencilere uygulamanın ayrıntılı bir şekilde anlatıldığı çizelge gönderilmiştir. Uygulamaya katılmak istemeleri durumunda, haftanın hangi günlerinde hangi saatlerde uygun olduklarını belirtebilecekleri bir tablo gönderilmiştir. Hafta sonu da dâhil olmak üzere, uygun saatlerini belirten öğretmen adaylarına göre uygun zaman dilimleri belirlenmiş ve düzenli olarak o saatlerde çalışma yapılmıştır. İstisnai durumlarda, o gün gelemeyecek olan öğretmen adaylarına ise aradan çok zaman geçirmeden yeni bir gün ve saat belirlenmiş ve uygulamaya kalınan yerden devam edilmiştir. İlk uygulamalar tüm öğretmen adaylarında tamamlandıktan sonra ikinci uygulamaya geçilmiştir. Benzer kural tüm uygulamalarda uygulanmıştır.

Katılımcılarla yapılan görüşmeler altı aşama olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada öğretmen adayı ile elektrik alan ile ilgili hazırlanan beş bağlam hakkında mülakat gerçekleştirilmiştir. Mülakat esnasında ses kaydı gerçekleştirilmiş olup, görsel olarak da belirtmek istedikleri durumlar için çizim yapmaları istenmiştir. Çizim yaptıkları kağıtların üzerlerine isimleri katılımcı gizliliği açısından kesinlikle yazılmamıştır. Her birisine araştırmacı tarafından kod adı verilmiş ve çalışma sonuna kadar aynı kod adı kullanılmıştır. Mülakatlar yaklaşık 35 dk. sürmüştür. Transkriptleri ise yaklaşık 680 sayfadır. Transkriptler yapılırken ifadelerin tamamının yazılmasına özen gösterilmiştir.

İkinci aşamada ise ilk olarak bir önceki görüşmede neler konuşulduğunun kısa bir özeti yapılmıştır. Bu sayede öğretmen adayının bağlamlarla ilgili deneyler öncesinde ne söylediği hatırlanmış olup, deney sonrasında şayet varsa değişimlerin daha net görülmesi sağlanmıştır. Ardından bağlamlarla ilgili deneyler gerçekleştirilmiş ve sonrasında ise bağlamla ilgili düşüncelerinde bir değişim olup olmadığı sorgulanmıştır. Bu görüşmeler ise yaklaşık 50 dk. sürmüştür. Onların transkripti ise yaklaşık 750 sayfadır.

Üçüncü ve dördüncü aşamada ise ilk iki kısımda yapılan uygulamanın tamamı bu defa manyetik alan için uygulanmıştır. Öğretmen adayının manyetik alan ile ilgili hazırlanan bağlamlardaki bilgileri derinlemesine incelenmiş ve sonrasında ise bu bağlamlarla ilgili deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerin sonrasında ise katılımcıların önbilgilerinde bir farklılık oluşup oluşmadığına bakılmıştır.

Yapılan bu çalışmanın sonunda, öğretmen adaylarında uygulamalar neticesinde meydana gelen zihinsel modellerdeki değişimin kalıcılığına bakılmak için, yaklaşık 1,5 yıl aradan sonra ulaşılabilen öğretmen adayları ile tekrar yarı yapılandırılmış mülakatlar yapılmıştır. İlk aşamada elektrik alan için ikinci aşamada ise manyetik alan için bu görüşmeler tekrar edilmiştir. Bu görüşmeler de bilgisayar ortamında transkript edilmiştir. Yaklaşık olarak 25 dk. süren bu görüşmelerin transkripti ise 350 sayfa sürmüştür. Elektrik ve manyetik alan konusundaki mülakatların her ikisinde de 16 katılımcıya ulaşılabilmiştir. Sayıdaki bu azalmanın sebebi, uygulama esnasında son sınıfta okuyan öğretmen adaylarının mezun olmasından kaynaklı olarak kendilerine ulaşılamamasıdır.

Araştırma Kapsamında Gerçekleştirilen Uygulamaların Açıklamaları

Elektrik Alan ile ilgili Bağlamlar. Elektrik alan ile ilgili bağlamlar durgun yüklerle sınırlıdır. Diğer bir ifadeyle yalnızca elektrostatik durumlar incelenmiştir. İlgili açıklamalar da uygulama öncesinde Fizik öğretmen adaylarına yapılmıştır. Bağlamlar ile ilgili açıklamalar şekildedir:

- **Bağlam 1:** Yalıtkan Maddeye Elektrik Alan Etkisi
- **Bağlam 2:** Elektrik Alandaki İletken-Yalıtkan Maddelerin Karşılaştırılması
- **Bağlam 3:** Elektrik Alanın Nötr İletken ve Yalıtkanlara Etkisi
- **Bağlam 4:** İletken Sıvıya Etkiyen Elektrik Alan
- **Bağlam 5:** Kapalı Bir Yüzey Oluşturan İletken ve Yalıtkan Maddelerin Elektrik Alana Etkisi

Bağlam 1: Yalıtkan Maddeye Elektrik Alan Etkisi. Deney üç ayrı aşamadan oluşmaktadır.

- İlk kısımda pozitif yükle yüklü Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr plastik bebek oturtturulur. Böylece plastik bebeğin Van de Graaff jeneratörüne değdiği durumda elektrik alan karşısındaki davranışı incelenir (Şekil 4).

Şekil 4. Elektrik alanın temas durumundaki nötr yalıtkan bebeğe etkisi.

Açıklama: Van de Graaff jeneratörü pozitif yükle yüklenir ve bu nedenle de çevresinde bir elektrik alan meydana getirir. Yalıtkan nötr bebek ise jeneratörle temas halinde olduğu için, o da büyüklüğü oranında pozitif yükle yüklenir. Bu durumda pozitif yükle yüklenmiş olan bebeğin saçları, jeneratörün ve kendi baş kısmının yaratmış olduğu elektrik alana giren ve hareket edebilen yükler konumundadır. Bu nedenle de yükler üzerine, elektrik alandan kaynaklı olarak elektriksel kuvvet etki etmektedir. Pozitif yükün oluşturduğu elektrik alanda bulunan pozitif yüke, alanla aynı doğrultuda ve yönde elektriksel kuvvet etki ettiği için, bu aşamada bebeğin saçları da, elektrik alanın doğrultusunu ve yönünü göstermektedir. Sonuç olarak bu kısımda yalıtkan cisimlerin yüklenebildiği ve elektrik alan-pozitif yük ilişkisi incelenmiş olur.

- İkinci kısımda nötr yalıtkan bebek, değmemek koşulu ile pozitif yüklü jeneratörün yakın bir noktasına getirilir. Böylece plastik bebeğin Van de Graaff jeneratörüne yaklaştırıldığı durumda elektrik alan karşısındaki davranışı incelenir (Şekil 5).

Şekil 5. Elektrik alanın yakınındaki nötr yalıtkan bebeğe etkisi.

Açıklama: Jeneratör pozitif yüklü olduğu için, yalıtkan cismin negatif yüklerini kendisine çekerken, pozitif yükleri en uzağa iter. Burada da bebeğin saçları negatif yüklenirken, pozitif yükler en uçlara itilir. Pozitif yüklü kürenin elektrik alanına giren negatif yükler üzerine ise elektriksel kuvvet etki etmektedir. Böylece saçlar da küreye doğru çekilmektedir. Pozitif yükün oluşturduğu elektrik alanda bulunan negatif yüke ise alanla aynı doğrultuda ve fakat zıt yönde elektriksel kuvvet etki ettiği için, bu aşamada bebeğin saçları, elektrik alanın yalnızca doğrultusunu göstermektedir. Bu kısımda ise elektrik alan-negatif yük ilişkisi incelenmiş olur.

- Üçüncü kısımda pozitif yüklü jeneratörün üzerine oturtulmuş olan bebeğin yakınına nötr küre yaklaştırılır. Bu durumda pozitif yüklü bebeğin negatif yükle olan etkileşimi gözlemlenmiş olur (Şekil 6).

Şekil 6. Pozitif ve negatif yükün oluşturduğu elektrik alanın bebeğin saçlarına etkisi.

Açıklama: Nötr küre pozitif yüklü bebeğe yaklaştığı için, kürede kutuplanma durumu meydana gelir. Kürenin negatif yükleri bebeğe yakın tarafta toplanırken, pozitif yükler diğer tarafa itilir. Bebeğin pozitif yüklü başı ile kürenin negatif yüklü kısmı arasında da bir elektrik alan meydana gelir. Bu alanda bulunan bebeğin saçları da, pozitif yüklü ve hareket edebilen yükler konumundadır. Bu yükler üzerine ise elektriksel kuvvet etki etmektedir ve bu nedenle saçlar negatif küreye doğru bir kapanma eğilimi gösterirler. Burada bebeğin saçları pozitif ve negatif yük arasında meydana gelen elektrik alanın doğrultusunu göstermiş olur. Bu aşamada ise elektrik alanın pozitif yükten negatif yüke doğru olma durumu incelenmiş olur.

Bağlam 2: Elektrik Alandaki İletken-Yalıtkan Maddelerin Karşılaştırılması. Deney iki ayrı aşamadan oluşmaktadır.

- İlk kısımda pozitif yüklü jeneratör üzerine nötr iletken alüminyum folyolar bırakılır. İletken cisimlerin Van de Graaff jeneratörüne temas ettiği durumda elektrik alan karşısındaki davranışı incelenir (Şekil 7).

Şekil 7. Elektrik alanın temas durumundaki nötr iletken alüminyum folyolara etkisi.

Açıklama: Nötr iletken alüminyum folyolar pozitif yüklü Van de Graaff jeneratörüne temas ettiği için, büyüklükleri oranında pozitif yükle yüklenirler. Bu durumda ise pozitif yüklerin oluşturduğu elektrik alanda bulunan pozitif yüklü

cisimler konumunda oldukları için, üzerlerine jeneratörden dışarı doğru elektriksel kuvvet etki etmektedir. Böylece folyoların tamamının yukarı yönde saçıldığı gözlemlenir. Saçılma hareketinin ise elektrik alan doğrultusunda olduğu anlaşılır. Bu aşamada ise temas halindeki iletken cisimlerde elektrik alan-elektriksel kuvvet ilişkisi incelenmiş olur.

- İkinci kısımda, aynı deney yalıtkan nötr kağıtlarla gerçekleştirilir. Nötr yalıtkan cisimlerin Van de Graaff jeneratörüne temas ettiği durumda elektrik alan karşısındaki davranışı incelenir (Şekil 8).

Şekil 8. Elektrik alanın temas durumundaki nötr yalıtkan kağıtlara etkisi.

***Açıklama**:* Nötr yalıtkan kağıtlar da pozitif yüklü Van de Graaff jeneratörüne temas ettiği durumda, büyüklükleri oranında pozitif yükle yüklenirler. Fakat burada iletkenlerden farklı olarak, kağıtların saçılabilmesi için jeneratörün daha fazla yüklenmesi gerekir. Çünkü yalıtkan maddelerin çok fazla serbest elektronları olmadığı için, iletkenlere göre daha zor yüklenirler. Bu aşamada, elektrik alandan dolayı pozitif yüklenen kağıtlar üzerine jeneratörden dışarı doğru elektriksel kuvvet etki etmektedir. Böylece kağıtların tamamının yukarı yönde saçıldığı gözlemlenir ve saçılma hareketinin elektrik alan doğrultusunda olduğu anlaşılır. Bu aşamada ise temas halindeki yalıtkan cisimlerde elektrik alan-elektriksel kuvvet ilişkisi incelenmiş olur.

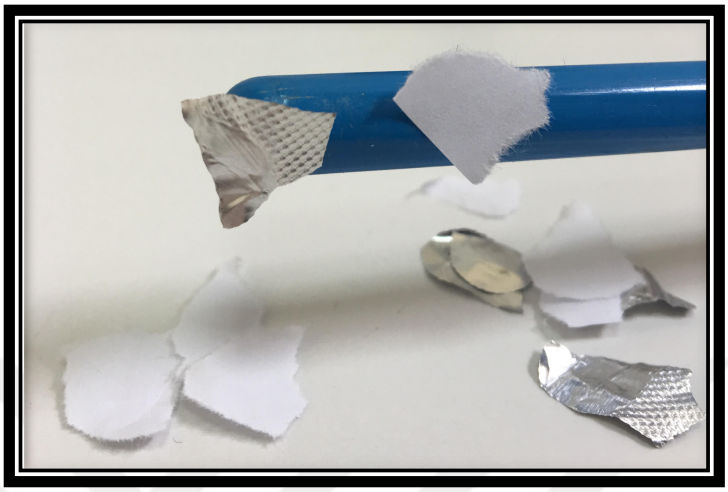
Bağlam 3: Elektrik Alanın Nötr İletken ve Yalıtkanlara Etkisi. Deney iki aşamadan oluşmaktadır.

- İlk kısımda yere nötr iletken ve yalıtkan cisimler saçılır. Negatif yüklü plastik çubuk cisimlerin etki edebileceği bir mesafede üzerinden geçirilir. İlk olarak çubuk çok fazla yüklenmez ve iletken ve yalıtkan cisimler üzerindeki etkisi incelenir (Şekil 9).

Şekil 9. Zayıf elektrik alanın yakınındaki nötr iletken folyolara ve nötr yalıtkan kağıtlara etkisi.

Açıklama: Başlangıçta nötr olan yalıtkan çubuk yüne sürtülerek zayıf bir elektrik alan oluşturacak şekilde negatif olarak yüklenir. Sonrasında ise yere saçılmış olan nötr iletken folyoların ve nötr yalıtkan kağıtların üzerinden geçirilir. Bu durumda yalnızca iletken folyoları çektiği gözlemlenir. Çünkü iletkenlerin serbest elektronları vardır ve bu nedenle de yalıtkanlara oranla elektrik alandan daha kolay etkilenmektedirler. Plastik çubuk, negatif yüklerinden dolayı etrafında bir elektrik alan meydana getirmektedir. Nötr folyoların yakınına getirildiği durumda ise folyoların çubuğa yakın tarafında pozitif yük yoğunluğu, diğer tarafında ise negatif yük yoğunluğu oluşmasına yani kutuplanmasına neden olmaktadır. Çubuğun oluşturduğu alanda bulunan bu yükler üzerine ise elektriksel kuvvet etki etmektedir. Fakat pozitif yükler çubuğa daha yakın oldukları için, pozitif yüklere etki eden elektriksel kuvvet, negatif yüklere etki eden kuvvete göre daha fazladır. Net kuvvet çubuğa doğru olduğu için, bu nedenle de folyolar çubuğa doğru çekilirler. Yani nötr iletkenlerin temas olmadan da elektrik alandan etkilendiği anlaşılır. Bu aşamada elektrik alan-nötr iletken ilişkisi gözlemlenmiş olur.

❖ İkinci kısımda çubuk daha fazla yüklenir ve daha kuvvetli elektrik alan oluşturması sağlanır. Deney ilk kısımdaki gibi tekrarlanır ve iletken ve yalıtkan cisimler üzerindeki etkisi incelenir (Şekil 10).



Şekil 10. Daha kuvvetli bir elektrik alanın yakınındaki nötr iletken folyolara ve nötr yalıtkan kağıtlara etkisi.

Açıklama: Başlangıçta nötr olan yalıtkan çubuk yüne sürtülerek bu defa daha büyük bir elektrik alan oluşturacak şekilde negatif olarak yüklenir. Sonrasında ise yere saçılmış olan nötr iletken folyoların ve nötr yalıtkan kağıtların üzerinden geçirilir. Bu durumda hem iletken folyoları hem de yalıtkan kağıtları çektiği gözlemlenir. Çünkü iletkenler de yalıtkanlar da yüklenebilmektedir. Fakat yalıtkanlar çok fazla serbest elektronları bulunmadığı için, daha zor yüklenebilmektedir. Kağıtların çekilme prensibi de yine ilk aşamadaki gibi gerçekleşmektedir. Negatif yüklü çubuk kağıttaki pozitif yükleri kendisine yakın tarafa çekerken, negatif yükleri diğer tarafa itmektedir. Pozitif yükler çubuğa daha yakın oldukları için de, üzerine negatif yüklere göre daha fazla elektriksel kuvvet etki etmektedir. Bu nedenle de net kuvvet çubuğa doğru olmaktadır ve kağıtlar çubuk tarafından çekilmektedir. Yani nötr yalıtkanların da iletkenlere göre daha kuvvetli elektrik alandan etkilendiği anlaşılır. Bu aşamada elektrik alan-nötr iletken-nötr yalıtkan ilişkisi gözlemlenmiş olur.

Bağlam 4: İletken Sıvıya Etkiyen Elektrik Alan. Deney tek aşamadan oluşmaktadır.

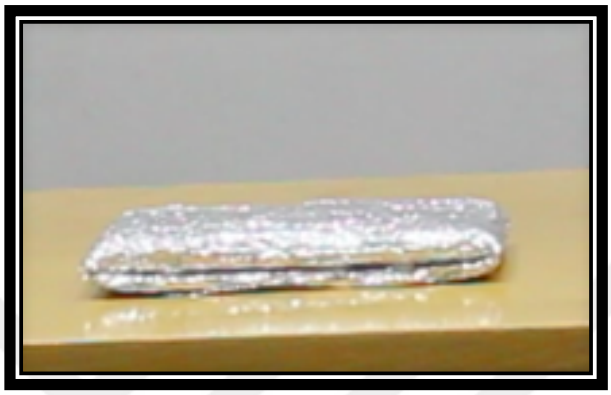
- Negatif yüklü çubuk nötr iletken suya yaklaştırılır. Sonrasında suyun elektrik alan ile olan etkileşimi gözlemlenir (Şekil 11).

Şekil 11. Elektrik alanın nötr iletken suya etkisi.

Açıklama: Negatif yüklü plastik çubuk, etrafında bir elektrik alan meydana getirmektedir. Nötr suyun içerisinde de pozitif ve negatif yükler bulunmaktadır. Fakat bu yükler elektrik alanda bulunduklarında pozitif yükler çubuğa doğru, negatif yükler ise çubuktan en uzak noktaya doğru hareket ederler. Yani kutuplanırlar. Bu durumda da her iki yükün de üzerine elektriksel kuvvet etki eder. Fakat pozitif yüklere etki eden kuvvet, negatife göre daha büyük olduğu için, net kuvvet çubuğa doğru oluşur ve bu nedenle de su çubuğa doğru çekilir. Bu aşamada elektrik alan-nötr iletken sıvı ilişkisi gözlemlenmiş olur.

Bağlam 5: Kapalı Bir Yüzey Oluşturan İletken ve Yalıtkan Maddelerin Elektrik Alana Etkisi. Deney iki aşamadan oluşmaktadır.

- İlk kısımda çalışır durumda bir cep telefonunun tüm yüzeyleri, iletken bir yüzey olan alüminyum folyo ile kaplanır. Daha sonra başka bir cep telefonu ile folyo içerisindeki telefon aranır ve telefonun çalıp çalmayacağı gözlemlenir (Şekil 12).



Şekil 12. Elektrik alanın kapalı iletken yüzeydeki durumu.

Açıklama: Kapalı iletken bir yüzeyde, yükler yüzeyin dış kısmında bulundukları için, yüzeyin içerisinde elektrik alan meydana gelmemektedir. Bu nedenle de ikinci telefondan, folyonun içerisinde bulunan telefona sinyal iletilemediği için, arama gerçekleştirilemez. Bu aşamada elektrik alan-kapalı iletken yüzey ilişkisi gözlemlenmiş olur.

- İkinci kısımda ise ilk kısımda iletken bir madde olan alüminyum folyo ile gerçekleştirilen işlemler, bu defa yalıtkan bir yüzey olan kağıt ile gerçekleştirilir. Kağıda sarılı telefonun çalıp çalmayacağı gözlemlenir (Şekil 13).

Şekil 13. Elektrik alanın kapalı yalıtkan yüzeydeki durumu.

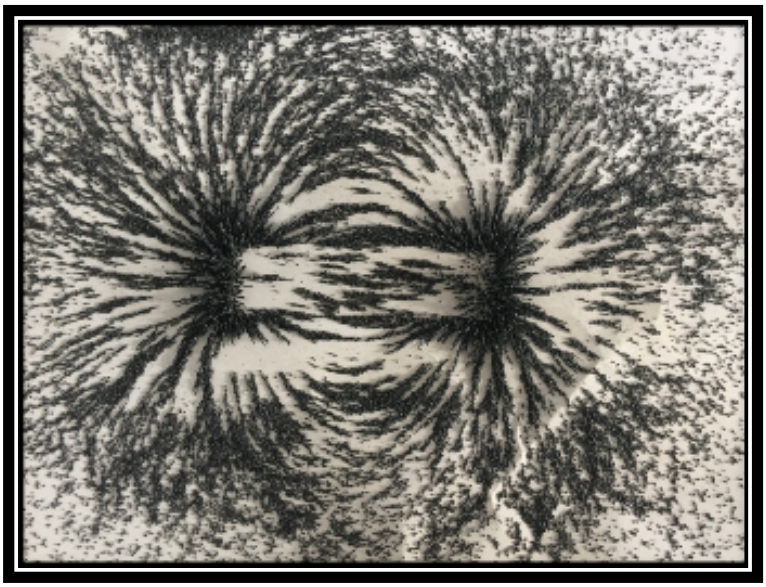
Açıklama: Kapalı yalıtkan bir yüzeyde, yükler yüzeyin her yerinde bulundukları için, yüzeyin içerisinde de elektrik alan meydana gelmektedir. Bu sayede de ikinci telefondan gelen sinyaller, yalıtkanın içerisindeki telefona iletilebilmektedir. Bu sayede de yalıtkan bir madde olan kağıda sarılı telefonun bu defa aranabildiği gözlemlenir. Bu aşamada ise elektrik alan-kapalı yalıtkan yüzey ilişkisi gözlemlenmiş olur.

Manyetik Alan İle İlgili Bağlamlar. Manyetik alan ile ilgili bağlamlar kararlı akımlarla sınırlıdır. Yani yalnızca manyetostatik durumlar incelenmiştir. Gerekli bilgilendirmeler uygulama öncesinde Fizik öğretmen adaylarına uygulama öncesinde yapılmıştır. Bağlamlar ile ilgili açıklamalar şu şekildedir:

- **Bağlam 1:** Mıknatısın Manyetik Alanı
- **Bağlam 2:** Tek Bir Bobinin Manyetik Alanı
- **Bağlam 3:** İkili Bobin Sisteminin Manyetik Alanı (Helmholtz Bobini)
- **Bağlam 4:** İletken Bir Tele Etkiyen Dış Manyetik Alan (Akım Terazisi)
- **Bağlam 5:** Dış Manyetik Alandaki Akım İlmeği (Elektrik Motoru)

Bağlam 1: Mıknatısın Manyetik Alanı. Deney iki aşamadan oluşmaktadır.

- Bu bağlamda kağıt üzerine dökülen demir tozlarının mıknatıs yardımıyla oluşturulan manyetik alan ile olan etkileşimi incelenir (Şekil 14).



Şekil 14. Demir tozları yardımıyla mıknatısın manyetik alanının gösterimi.

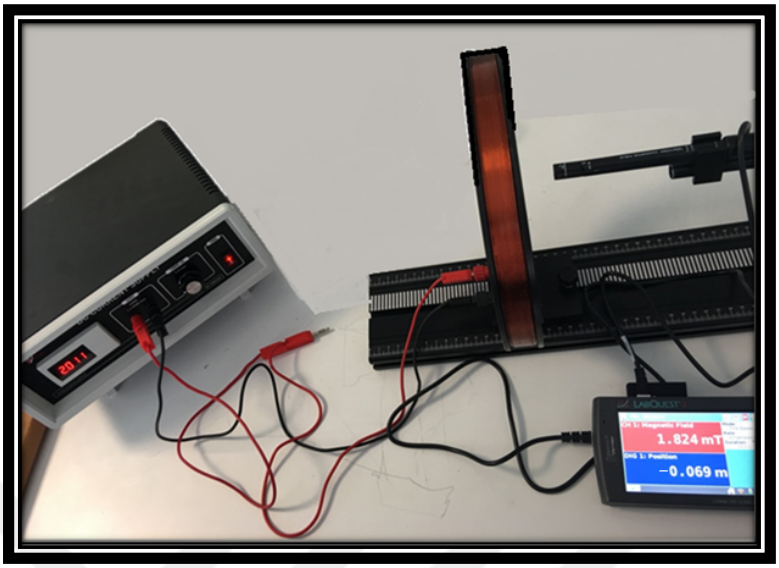
Açıklama: Çubuk mıknatısın üzerine, mıknatısın yüzeyinden oldukça büyük genişlikte kağıt yerleştirilir. Kağıdın üzerine ise demir tozları serpilir. Demir tozları iletken ve toz halinde bir malzeme olduğu için, mıknatıs yardımıyla oluşturulan manyetik alanda, alan doğrultusunda yönelme eğilimi gösterir. Mıknatısın uç kısımlarında manyetik alan daha kuvvetli olduğu için, o bölgelerde daha sık bir araya gelirler. Mıknatısın etrafında ise bir uçtan diğer uca giden eğriler şeklinde yönelirler. Bu sayede manyetik alanın her noktada var olduğu ve büyüklüğünün gittikçe azaldığı anlaşılmış olur. Fakat mıknatısın iç kısmında deney yapılma şansı olmadığı için, manyetik alanın kapalı eğriler şeklinde, mıknatısın içerisinden de geçerek oluştuğu gösterilememektedir. Bu durum ise deneyin sınırlılığı olarak alınabilir. Fakat bu eksiklik, yani manyetik alanın kapalı eğriler şeklinde oluştuğunun gösterimi Bağlam 2 yardımıyla gösterilebilmektedir. Bu bağlamda mıknatıs-manyetik alan ilişkisi anlaşılmış olur.

- İkinci aşamada ise mıknatıs ikiye bölünür. İki parça halindeki mıknatıs bir diğer mıknatısın bir diğer mıknatısla olan etkileşimi incelenir.

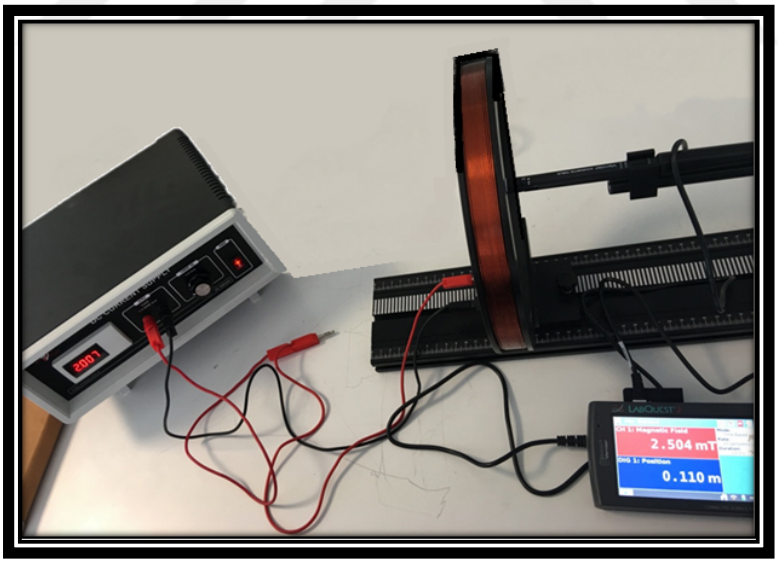
Açıklama: İki parça halindeki mıknatıs parçaları, bir diğer mıknatısın yanına yaklaştırıldığında, aynı manyetik kutupların birbirini ittiği, zıt manyetik kutupların ise birbirini çektiği gözlemlenir. Buradan da, mıknatısın bölünme durumunda, yine manyetik dipol olduğu ve manyetik kutupların tek başına bulunamayacağını anlaması sağlanmış olur.

Bağlam 2: Tek Bir Bobinin Manyetik Alanı. Deney dört kısımdan oluşmaktadır.

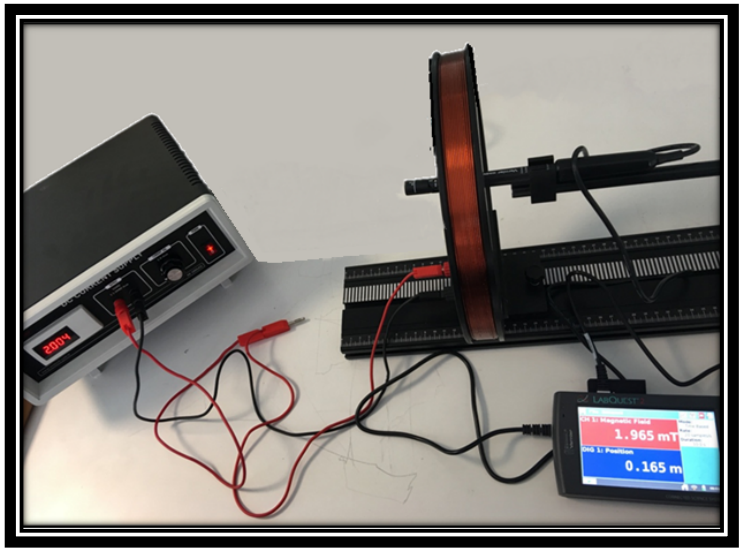
- İlk kısımda bobinin x-ekseni doğrultusunda oluşan manyetik alanının değişimine bakılmıştır. Manyetik alanın x eksenindeki uzaklık ilişkisi gözlemlenmiştir (Şekil 15-16-17).



Şekil 15. x-ekseninde bobinin merkezine yaklaşırken herhangi bir noktada oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:1.82 mT, r_x:-0.06 m).



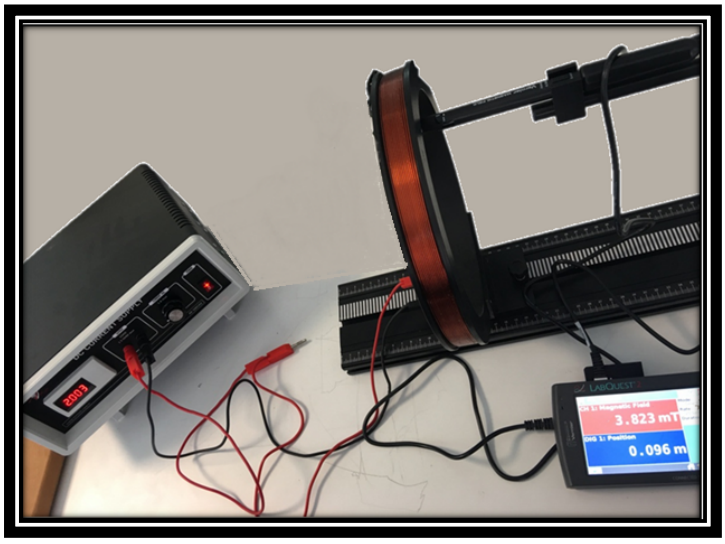
Şekil 16. x-ekseninde bobinin merkezinde oluşan manyetik alan (I:2.0 A, B:2.50 mT, r_x:0.11 m).



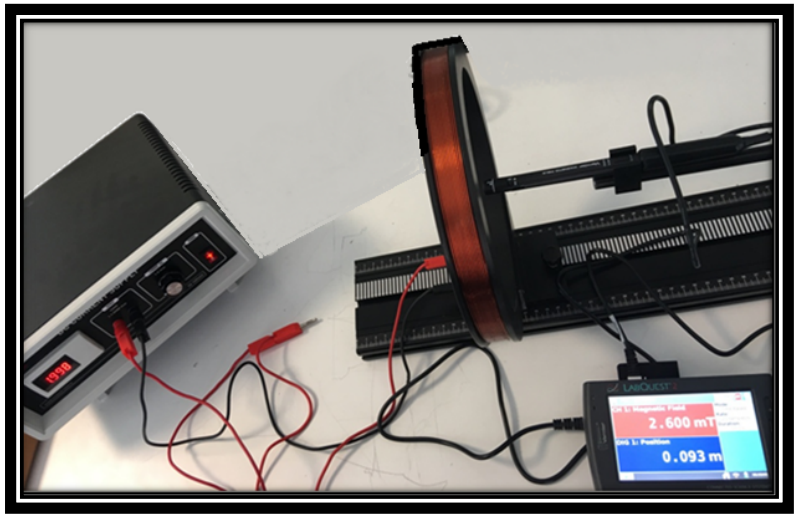
Şekil 17. x-ekseninde bobinin merkezinden uzaklaşırken herhangi bir noktada oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:1.96 mT, r_x:0.16 m).

***Açıklama**:* Bakır telden yapılmış olan bobin güç kaynağına bağlanır. İlk olarak bobine zarar vermeyecek bir değerde akım uygulanır. Bobinin tellerinin yakınına teslametre yaklaştırılır ve ölçüm yapılır. Bobinin meydana getirdiği manyetik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir. Bu nedenle de merkezde büyük, her iki kısımda da merkezden uzaklaştıkça gittikçe azalan değerler almaktadır. Bu kısımda x-ekseninde manyetik alan-uzaklık ilişkisi incelenmiştir.

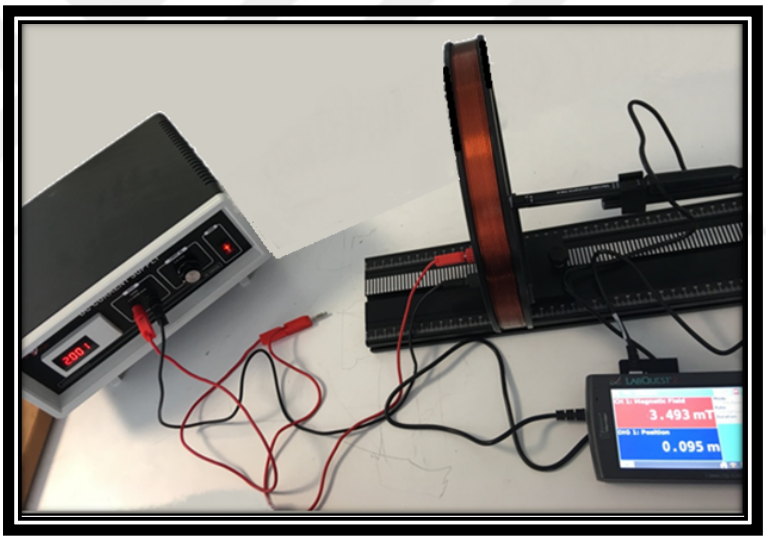
- ❖ İkinci kısımda bobinin iç kısmında y-ekseninde oluşan manyetik alanın değişimi incelenmiştir (Şekil 18-19-20).



Şekil 18. y-ekseninde bobinin iç kısmında merkezden farklı bir noktada (üst tellere yakın) oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:3.82 mT, r_x:0.09 m).



Şekil 19. y-ekseninde bobinin merkezinde oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:2.60 mT, r_x:0.09 m).

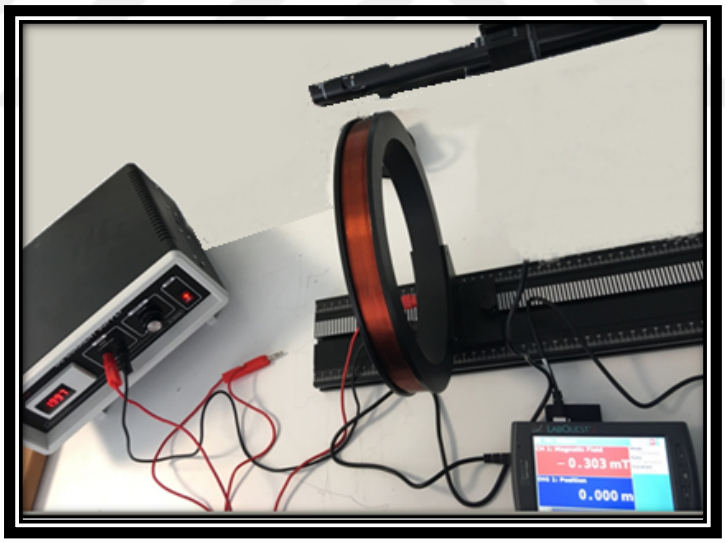


Şekil 20. y-ekseninde bobinin iç kısmında merkezden farklı bir noktada (alt tellere yakın) oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:3.49 mT, r_x:0.09 m).

***Açıklama**:* Bobinin iç kısmındaki y ekseninde ise durum daha farklıdır. Bu kez merkeze doğru tellerden uzaklaşıldığı için, en küçük değeri merkezde alır. Yani bobinden uzaklaştıkça (yani merkeze yaklaştıkça) manyetik alanın azaldığı ve merkezde en az olduğu gözlemlenmiştir. Burada da bobinin y-eksenin iç kısmındaki manyetik alan-uzaklık ilişkisi gözlemlenmiştir.

❖ Üçüncü kısımda bobinin y ekseninde bobinin dış kısmında oluşan manyetik alanın değişimi incelenmiştir (Şekil 21-22).

Şekil 21. y-ekseninde bobinin dış kısmında tellere yakın bir noktada oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:-1.11 mT).

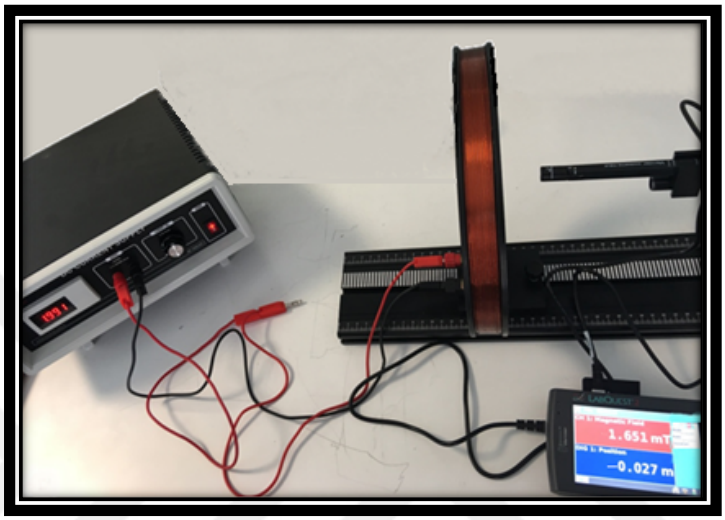


Şekil 22. y-ekseninde bobinin dış kısmında tellere uzak bir noktada oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:-0.30 mT).

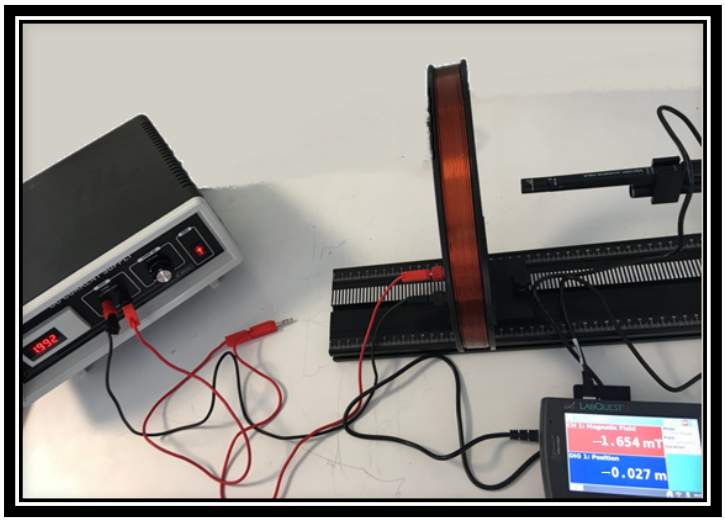
***Açıklama**:* Burada manyetik alanın büyüklüğünün işaretine bakılarak, manyetik alanın bobinin etrafında döndüğü yani kapalı bir eğri oluşturduğu sonucuna ulaşılır. Bağlam 1'de deney yardımıyla gösterilemeyen kısım, bu aşama yardımıyla ispatlanmış olur. Burada bobinin tıpkı mıknatıs gibi davrandığı belirlenmiştir. Tellerden uzaklaştıkça manyetik alanın büyüklüğünün azaldığı ve iç

kısımdaki manyetik alana göre manyetik alanın yönünün değiştiği gözlemlenmiştir. Bu aşamada da bobinin y-eksenin dış kısmındaki manyetik alan-uzaklık ilişkisi gözlemlenmiştir.

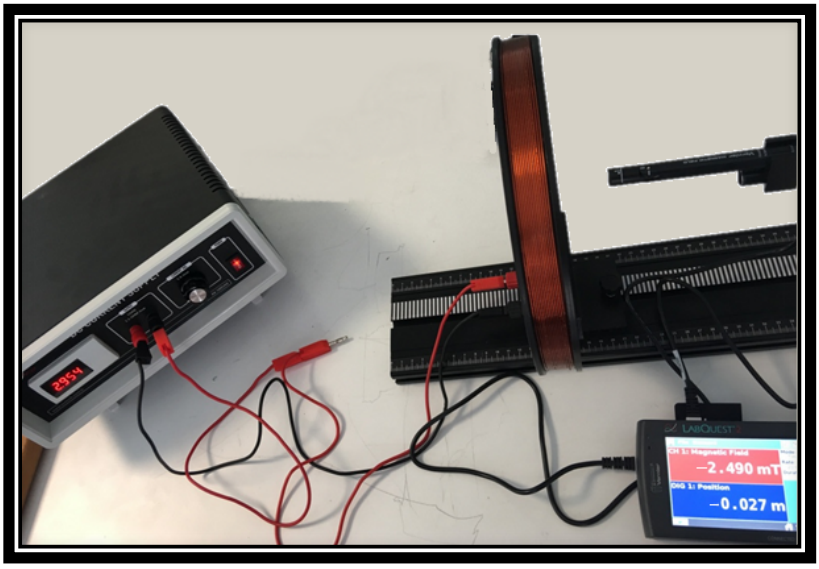
- ❖ Dördüncü kısımda bobine uygulanan akımın yönü ve büyüklüğü değiştirilir ve manyetik kuvvete olan etkisi incelenir (Şekil 23-24-25).



Şekil 23. Bobine pozitif yönde akım uygulandığında oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:1.65 mT, r_x:-0.02 m).



Şekil 24. Bobine negatif yönde akım uygulandığında oluşan manyetik alan durumu (I:-2.0 A, B:-1.65 mT, r_x:-0.02 m).

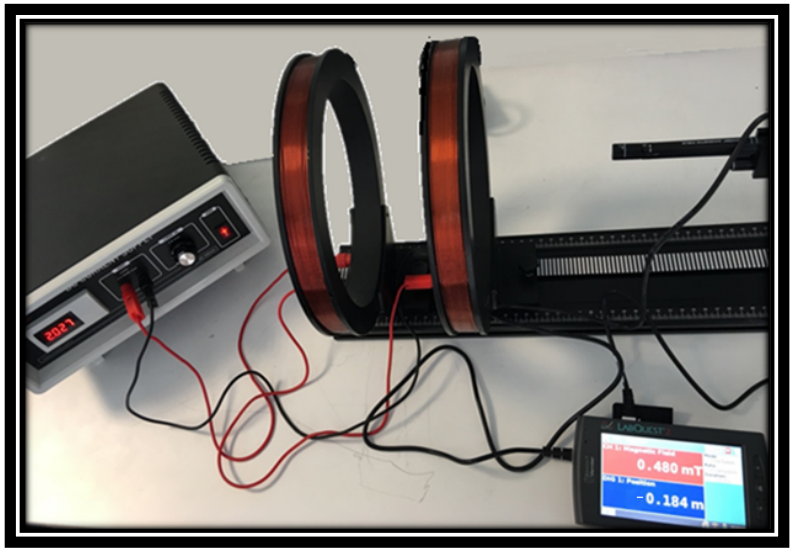


Şekil 25. Bobine pozitif yönde akım uygulandığında oluşan manyetik alanın büyüklüğünün arttırıldığı durum (I:3.0 A, B:-2.49 mT, r_x:-0.02 m).

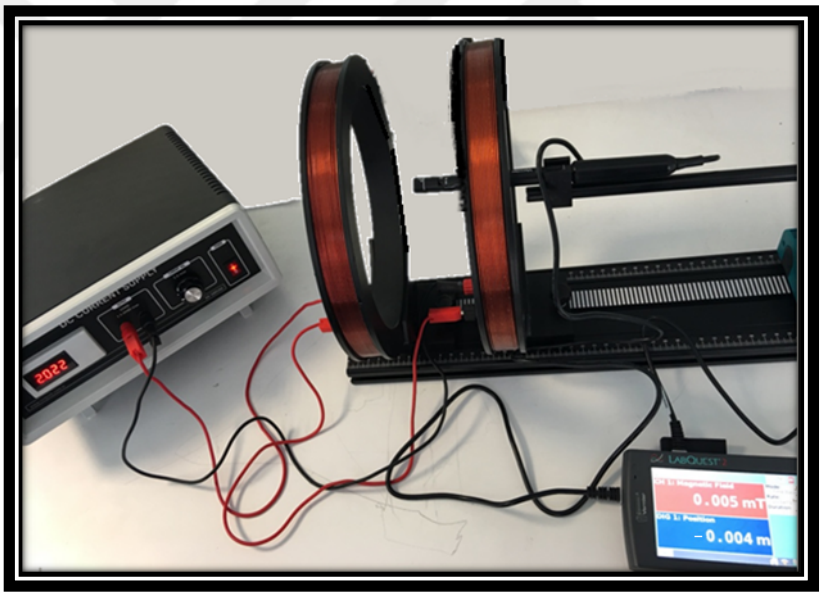
***Açıklama**:* Bobine uygulanan akımın sırasıyla yönü ve büyüklüğü değiştirilir. Teslametrede okunan değerin akımın yönü değiştiğinde manyetik alanın yalnızca işaretinin değiştiği gözlemlenir. Akımın büyüklüğü değiştiğinde ise doğru orantılı olarak büyüklüğünün de değiştiği gözlemlenir. Bu kısımda manyetik alan-akım ilişkisi gözlemlenmiş olunur.

Bağlam 3: İkili Bobin Sisteminin Manyetik Alanı (Helmholtz Bobini). Deney iki kısımdan oluşmaktadır.

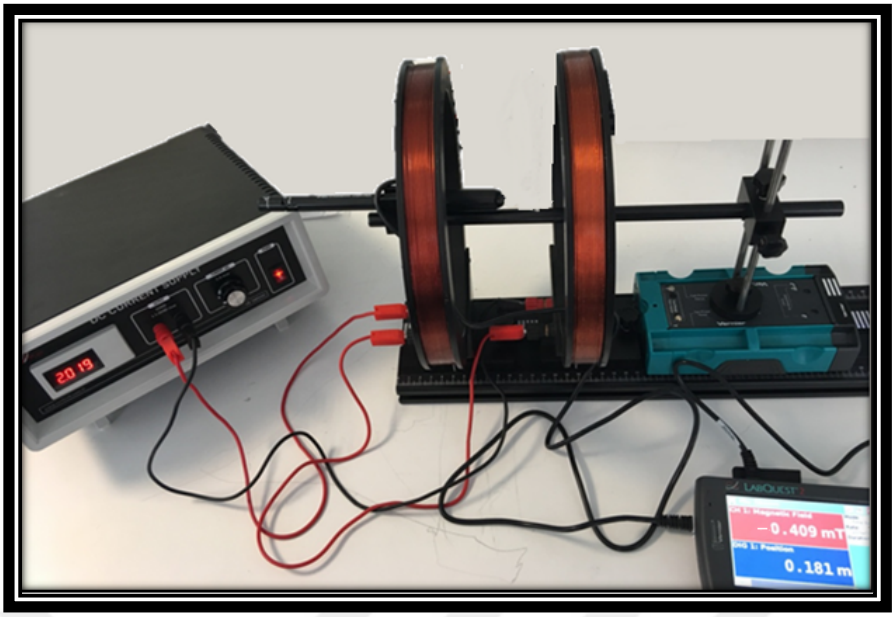
- Birbirine paralel, aralarında yarıçapları kadar mesafe bulunan (r:11 cm) iki özdeş bobinin tellerine zıt yönlü ve eşit büyüklükte akım uygulanır ve x-ekseninde bobinlerin merkezleri doğrultusundaki manyetik alanlar ölçülür (Şekil 26-27-28).



Şekil 26. Bobinlerden zıt yönlü akım aktığında birinci bobinin dışında oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:0.48 mT, r_x:-0.18 m).



Şekil 27. Bobinlerden zıt yönlü akım aktığında iç bölgenin orta noktasında oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:0.00 mT, r_x:-0.0 m).

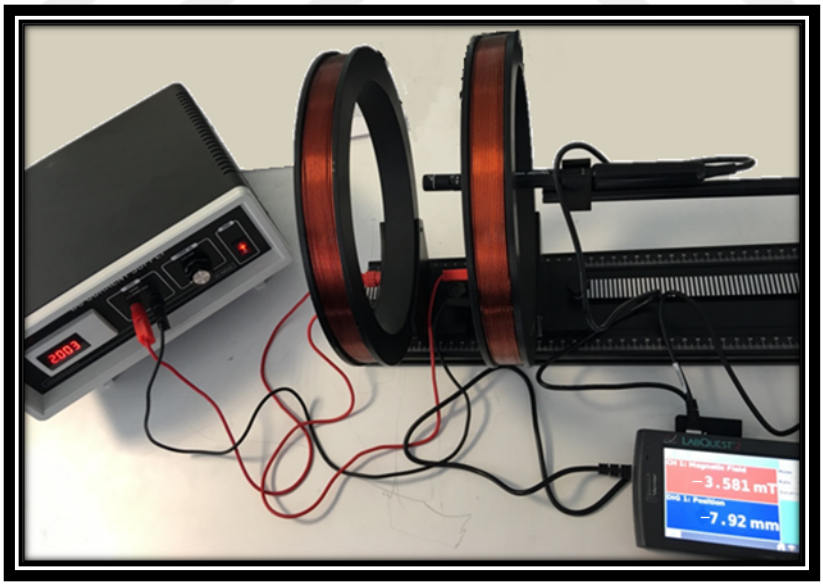


Şekil 28. Bobinlerden zıt yönlü akım aktığında ikinci bobinin dışında oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:-0.40 mT, r_x:0.18 m).

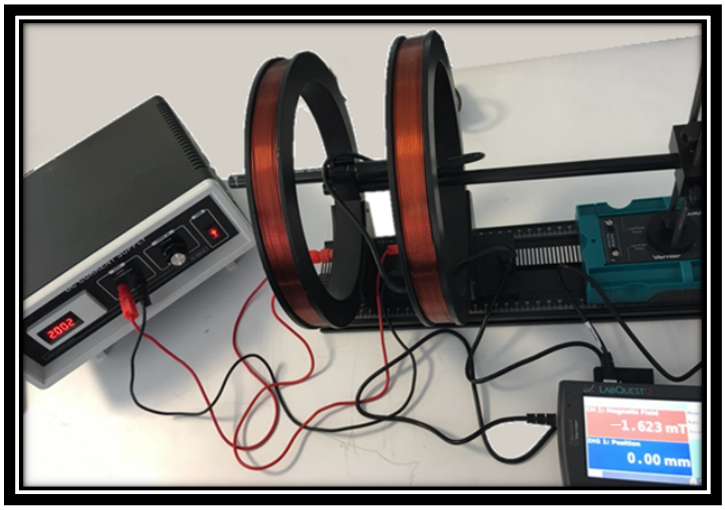
***Açıklama**:* Aralarında yarıçapları kadar mesafe bulunan özdeş bobinlerin oluşturduğu manyetik alanın her bölgede farklılaştığı gözlemlenir. Burada manyetik alanın üst üste binme prensibine uygun olarak değerler aldığı görülmektedir. İlk bobine yaklaştıkça ölçülen manyetik alan değerlerinin arttığı ve bobinin merkezinde en fazla olduğu gözlemlenir. İç bölgede ise ilk bobinden uzaklaştıkça manyetik alanda hızlı bir düşüş yaşandığı, tam orta noktada manyetik alanın sıfır olduğu ve sonrasında ise ikinci bobine yaklaştıkça ters yönlü giderek artan bir manyetik alan oluştuğu gözlemlenmiştir. İkinci bobinin dışında ise giderek azalan manyetik alan değerlerinin olduğu gözlemlenmiştir. Akımlar zıt yönlü olduğu için, iç bölgenin tam orta noktasındaki ters yönlü ve eşit büyüklükteki manyetik alanlardan kaynaklı olarak, net manyetik alanın sıfır olduğu belirlenir. Burada manyetik alan-vektör alanı durumu sönümleme şeklinde gözlemlenmiş olur.

❖ İkinci kısımda aynı sistemde akımların aynı yönlü ve eşit büyüklükte uygulandığındaki durum incelenir (Şekil 29-30-31).

Şekil 29. Bobinlerden aynı yönlü akım aktığında birinci bobinin dışında oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:-0.53 mT, r_x:-0.21 m).



Şekil 30. Bobinlerden aynı yönlü akım aktığında iç bölgenin orta noktasında oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:-3.58 mT, r_x:-7.92 m).



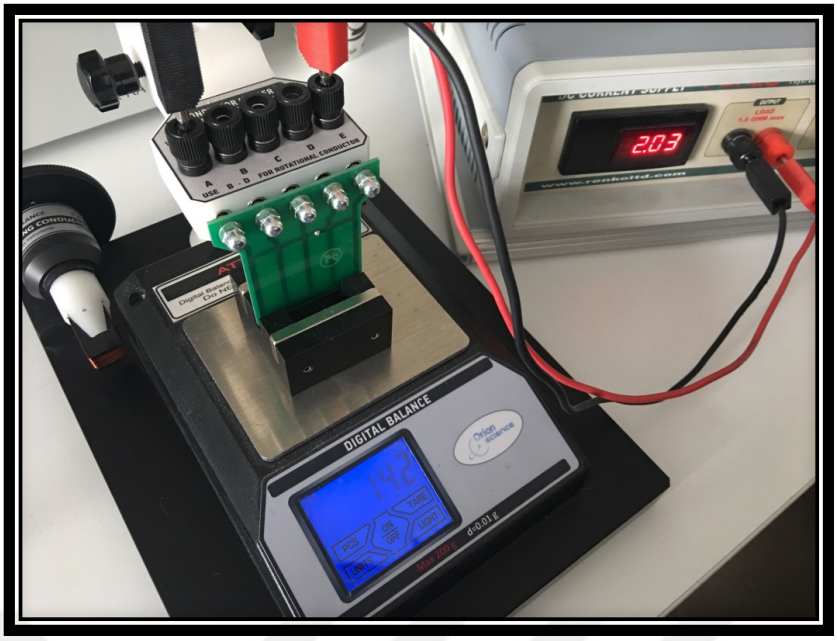
Şekil 31. Bobinlerden aynı yönlü akım aktığında ikinci bobinin dışında oluşan manyetik alan durumu (I:2.0 A, B:-1.62 mT, r_x:0.0 m).

***Açıklama**:* Birinci bobine yaklaştıkça manyetik alanın arttığı, iç bölgede aralarında yarıçapları kadar mesafe olduğu için sabite yakın değerler aldığı ve ikinci bobinin dışında ise manyetik alan değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. İkili bobin sisteminden aynı yönlü akım geçirildiğinde de üst üste binme prensibinin geçerli olduğu gözlemlenmiştir. Burada manyetik alan-vektör alanı durumu kuvvetlendirme şeklinde gözlemlenmiş olur.

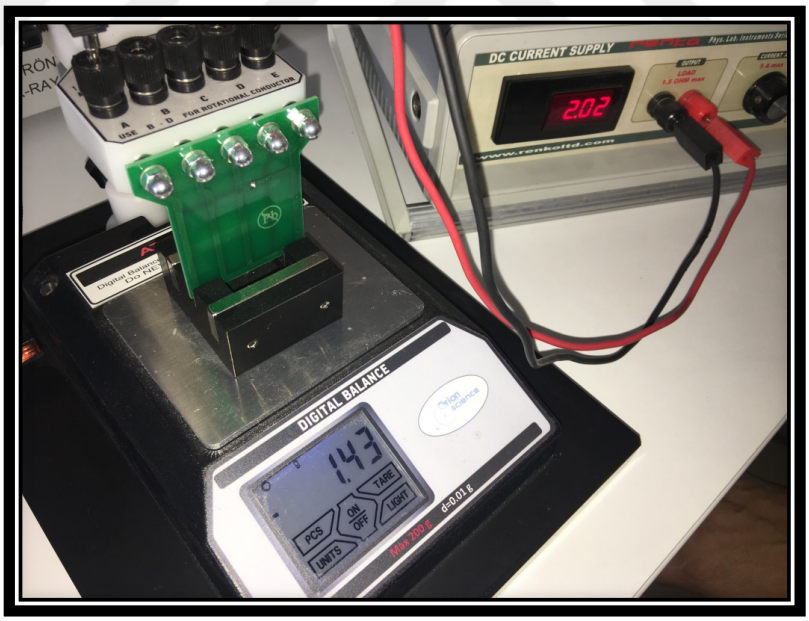
Bağlam 4: İletken Bir Tele Etkiyen Dış Manyetik Alan (Akım Terazisi).

Deney üç kısımdan oluşmaktadır.

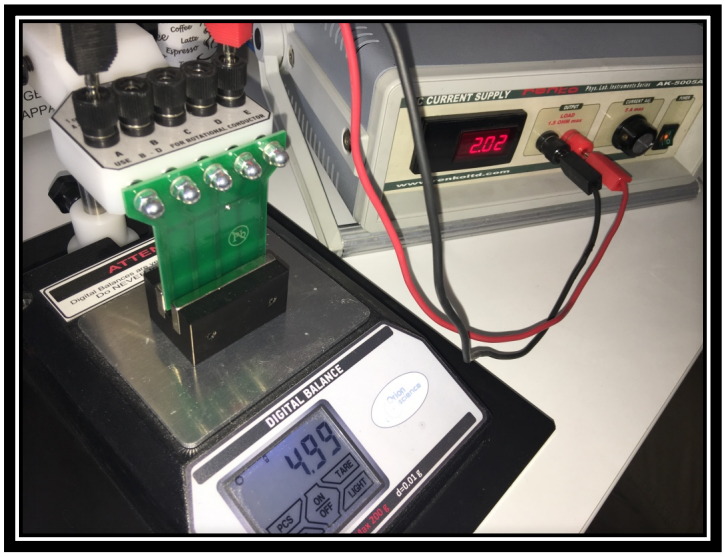
- İlk kısımda akım geçen iletken bir tele etkiyen dış manyetik alanın yönü ve büyüklüğü değiştirilip, manyetik kuvvete olan etkisi gözlemlenir (Şekil 32-33-34).



Şekil 32. Akım geçen tele sayfa düzleminden dışarı doğru etkiyen manyetik alanın büyüklüğü (küçük manyetik alan, tartıda okunan değer:1.42, manyetik alan yönü: ⊙).



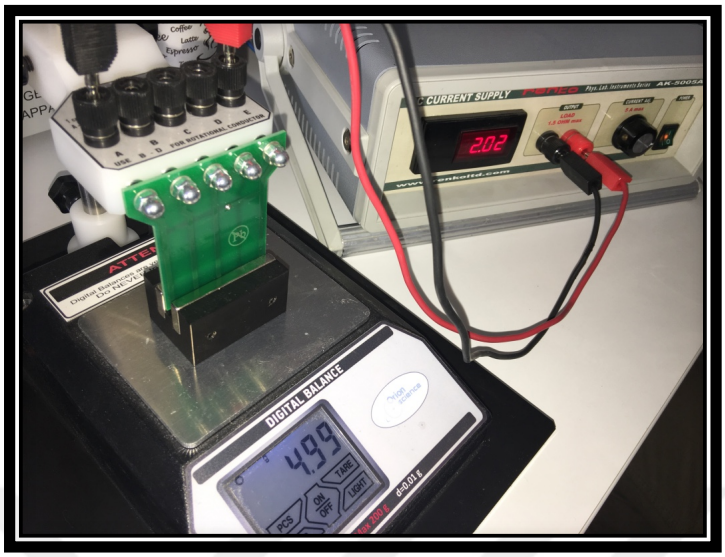
Şekil 33. Akım geçen tele sayfa düzleminden içeri doğru etkiyen manyetik alanın büyüklüğü (küçük manyetik alan, tartıda okunan değer: -1.43, manyetik alan yönü: ⊗).



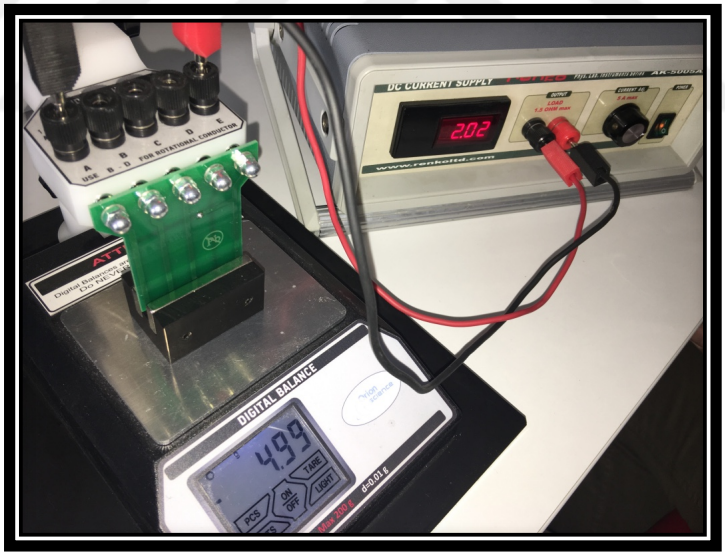
Şekil 34. Akım geçen tele sayfa düzleminden dışarı doğru etkiyen manyetik alanın büyüklüğü (büyük manyetik alan, tartıda okunan değer:4.99, manyetik alan yönü: ⊙) .

Açıklama: Özel olarak hazırlanmış düzenekte hassas bir tartının üzerine yerleştirilmiş olan mıknatıs sistemi bulunmaktadır. Bu mıknatıs sisteminde, zıt kutupları birbirlerine paralel olarak yerleştirilmiş dikdörtgen şeklinde mıknatıslar yer almaktadır. Bu mıknatısların arasında düzgün bir manyetik alan oluşacak kadar mesafe bulunmaktadır. Manyetik alanın oluştuğu bölgenin tam ortasına, mıknatıslara paralel olacak şekilde iletken bir tel yerleştirilmiştir. Bu iletkenden, hazırlanan özel bir düzenek sayesinde akım geçmesi sağlanmıştır. İletkenden akım geçmesi durumunda ise iletken tel aynı zamanda dış bir manyetik alanda bulunduğu için, üzerine bir manyetik kuvvet etki etmektedir. Oluşan bu kuvvet ya aşağı ya da yukarı yönlüdür ve hassas tartıda değişime (sıfırdan farklı bir değer) sebep olmaktadır. Yani oluşan manyetik kuvvetin büyüklüğündeki değişim, dijital tartıdaki sayısal veriler yardımıyla görünür kılınmaktadır. Manyetik kuvvetin yönüne bağlı olarak, tartıda gözlemlenen değerde de değişimler meydana gelmektedir. Manyetik alanın yönünün ve büyüklüğünün değişmesi durumunda, manyetik kuvvetin de aynı oranda yönünün ve büyüklüğünün değiştiği gözlemlenmiştir. Bu aşamada manyetik alan-yön ilişkisi gözlemlenmiş olur.

❖ İkinci kısımda akım geçen iletken bir tele etkiyen akımın yönü değiştirilip, manyetik kuvvete olan etkisi gözlemlenir (Şekil 35-36).



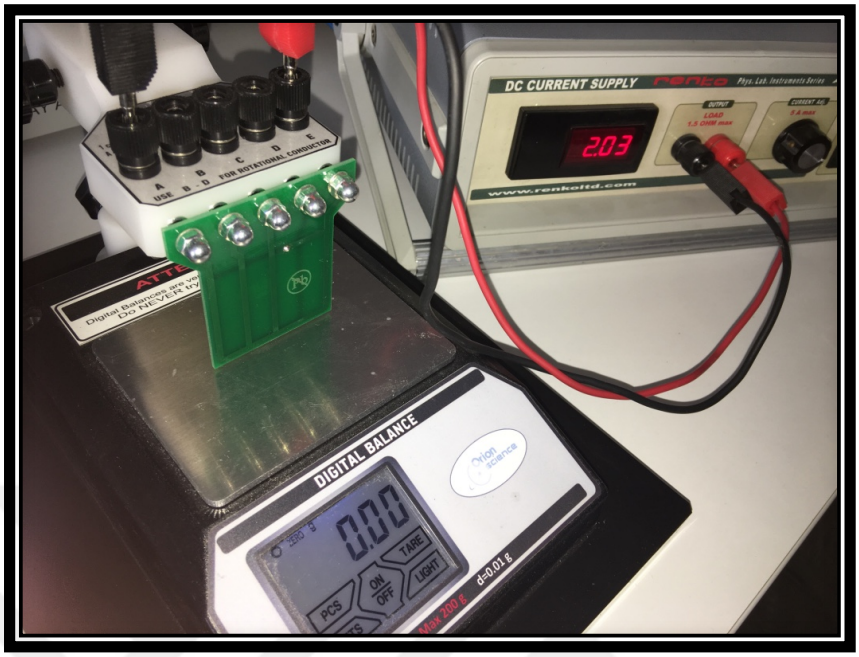
Şekil 35. Akım geçen tele pozitif yönlü akımın uygulandığında manyetik kuvvet durumu (I>0, tartıda okunan değer:4.99, manyetik alan yönü: ⊙).



Şekil 36. Akım geçen tele pozitif yönlü akımın uygulandığında manyetik kuvvet durumu (I<0, tartıda okunan değer:-4.99, manyetik alan yönü: ⊙).

***Açıklama**:* Düzenek yardımıyla akımın yalnızca yönü değiştirilir ve tartıdaki değerin de işaretinin değiştiği gözlemlenir. Bu durumda hassas tartıdaki verilerden oluşan manyetik kuvvetin de yönün değiştiği anlaşılır. Buradan da akım-manyetik kuvvet ilişkisi gözlemlenir.

❖ Üçüncü kısımda akım geçen iletken bir tele etkiyen dış manyetik alan uygulanmadığında, manyetik kuvvete olan etkisi gözlemlenir (Şekil 37).



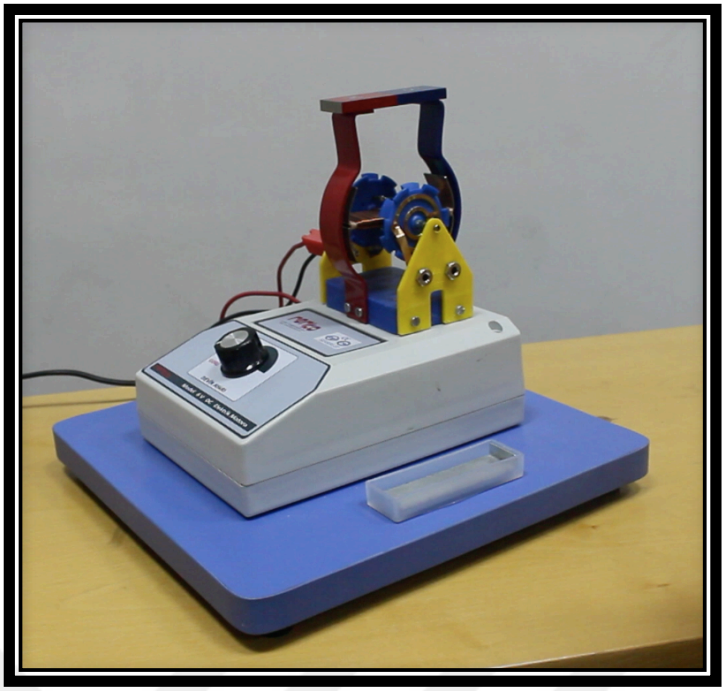
Şekil 37. Akım geçen tele dış manyetik alan uygulanmadığında manyetik kuvvet durumu (I>0, tartıda okunan değer:0.0, B:0.0).

***Açıklama**:* Bu kısımda dış manyetik alan oluşmasını sağlayan mıknatıslar sistemden çıkartılır ve akım geçen telin hassas teraziyle teması sağlanır. Telden akım geçtikten sonra ise tartıdaki verilerde bir değişim olmadığı gözlemlenir. Buradan da akım geçen bir tele, herhangi bir dış manyetik alan uygulanmadığında manyetik bir kuvvetin oluşmayacağı gözlemlenir. Bu aşamada manyetik alan-manyetik kuvvet ilişkisi gözlemlenir.

Bağlam 5: Dış Manyetik Alandaki Akım İlmeği (Elektrik Motoru).

Deney üç kısımdan oluşmaktadır.

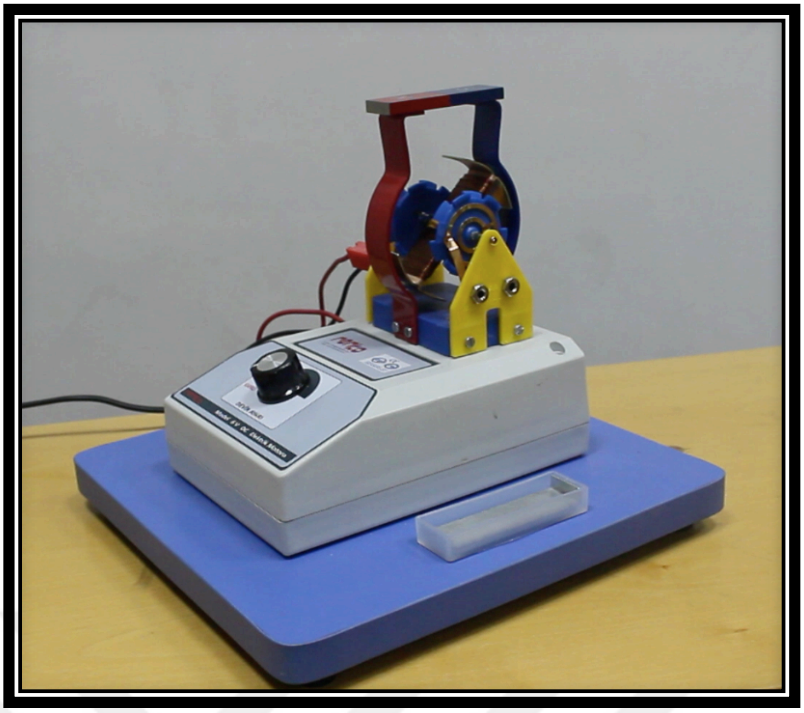
❖ İlk kısımda dış manyetik alandaki akım ilmeği mıknatısa paralel olarak ayarlanır ve sistemde herhangi bir hareket olup olmayacağı gözlemlenir (Şekil 38).



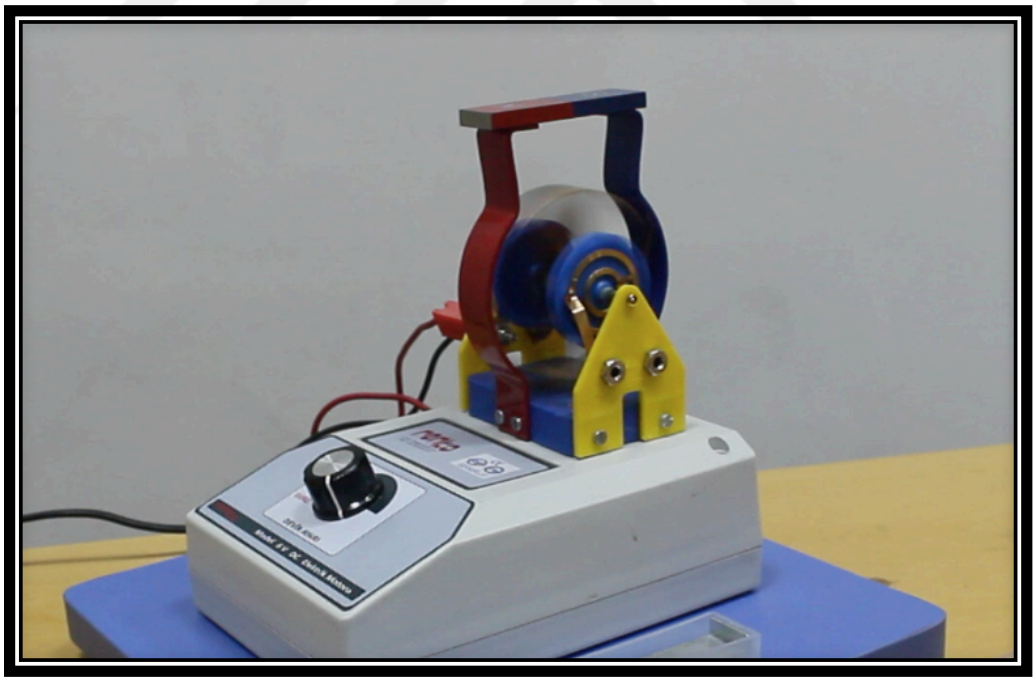
Şekil 38. Dış manyetik alandaki akım ilmeğinin tork sıfır olduğundaki durumu.

***Açıklama**:* İletken tellerin dikdörtgenler prizması şeklinde sıkı bir şekilde sarılmasıyla bir akım ilmeği oluşturulmuştur. Bu ilmek herhangi bir etki sonucunda uzun kenarı etrafında dönebilecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca hazırlanan sistem yardımı ile de tellerden akım akması sağlanmıştır. Akım ilmeğini içine alacak şekilde mıknatıs yardımıyla dış manyetik alan oluşturulmaktadır. İlmeğin üst kısmında ilmeğe değmeden duran mıknatıs, iletkenler yardımıyla ilmeğin etrafında dış manyetik alan oluşturmaktadır. İlk olarak mıknatıs ile akım ilmeği Şekil 38'deki gibi ayarlanır ve tellere akım uygulanır. Bu durumda dış manyetik alandan dolayı karşılıklı tellere eşit büyüklükte kuvvet uygulanmaktadır ve denge noktasına göre bir tork meydana gelmemektedir. Bu nedenle de sistem sabit olarak durmaktadır. Bu aşamada manyetik kuvvet-denge etkisi gözlemlenir.

- İkinci kısımda dış manyetik alandaki akım ilmeğine küçük bir açı verilir ve sistemde herhangi bir hareket olup olmayacağı gözlemlenir (Şekil 39-40).



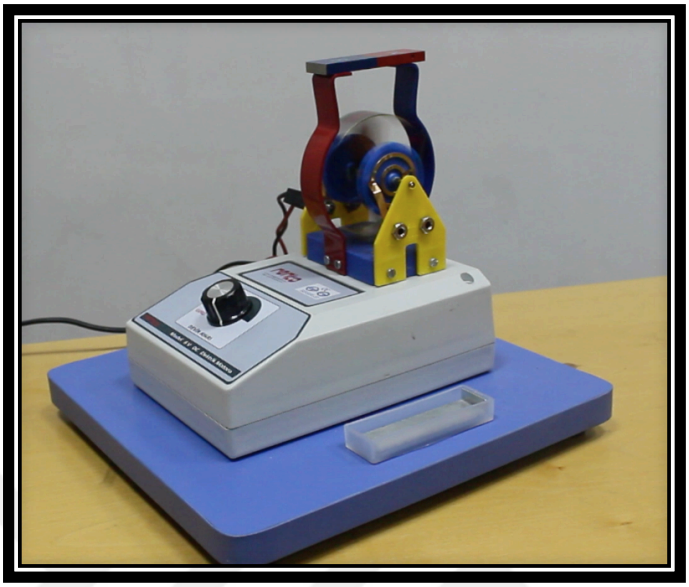
Şekil 39. Dış manyetik alandaki akım ilmeğinin tork sıfırdan farklı olduğundaki durumu.



Şekil 40. Dış manyetik alandaki akım ilmeğinin dönme durumu.

***Açıklama**:* Dış manyetik alandaki akım ilmeği üzerine etkiyen kuvvetler sıfırdan farklı bir tork meydana getirdiği için, sistem dönmeye başlar. Bu aşamada manyetik kuvvet-tork etkisi gözlemlenir.

❖ Üçüncü kısımda uygulanan manyetik alanın yönü değiştirilir ve sistemde herhangi bir hareket olup olmayacağı gözlemlenir (Şekil 41).



Şekil 41. Dış manyetik kuvvetin yönünün 180 derece değiştirildiği durum.

Açıklama: İlmek üzerine etki eden dış manyetik alanın yönünün 180 derece değişmesi, oluşan net manyetik kuvvetin de yönünü değiştirdiği için, bu kez ilmek ters yönde hareket etmeye başlar.

Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında elde edilen veriler, içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiştir. İçerik analizi ise açık uçlu bilgilerden oluşan verilerin düzenli bir hale getirilebilmesi için, kategoriler yoluyla sistematik hale getirilmesidir (Fraenkel & Wallen, 2006). Bir araştırmada görüşmeden elde edilen verilerinin içerik analizi şu sıralamalar izlenerek uygulanabilir (Baş Collins, 1999):

1. Görüşme verisinin yazı haline getirilmesi
2. Görüşme verilerinin düzenli hale getirilmesi
3. Anlamlı veri birimlerinin belirlenmesi
4. Verilerin kodlanması
5. Temaların taslaklarının belirlenmesi
6. Taslak temalar ışığında kodların belirlenmesi

7. Belirlenen bu taslak tema ve kodlara göre verilerin düzenli hale getirilmesi
8. Taslak olarak hazırlanan temaların kontrol edilip netleştirilmesi
9. Temalar arasındaki ilişkilerin belirlenmesi
10. Temaların araştırma soruları ile organize edilmesi
11. Kod ve tema kitapçığının belirlenip verilerin de bunlara göre düzenlenmesi
12. Kod ve temalara göre verilerin işlenmesi, ayrıntılı örneklerin verilmesi, yorumlanması, görselleştirilmesi
13. Sonuçların yazılı hale getirilmesi

Araştırma kapsamında Fizik öğretmen adayları ile gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen veriler, yukarıda verilen sıralama baz alınarak analiz edilmiştir. Bunların yanı sıra kodlar ve temalar belirlendikten sonra, uzman görüşüne sunulup, araştırmacının belirlemiş olduğu kod ve temalarla uzmanların belirlemiş olduğu kod ve temalarla tutarlığına bakılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen kodlar elementleri, temalar ise zihinsel modelleri temsil etmektedir.

Görüşmeler neticesinde zihinsel modeller elde edildikten sonra, bu modellerin kaynaklarının araştırıldığı alt araştırma sorusuna ait veriler ise doküman analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu analizin aşamaları ise

1. Dokümanlara ulaşılması
2. Özgünlüğünün kontrol edilmesi
3. Dokümanların anlaşılması,
4. Dokümanlarda yer alan verilerin analiz edilmesi
5. Verilerin kullanılması (Foster, 1995; akt. Yıldırım & Şimşek, 2008)

şeklindedir. Dokümanlara ulaşılması, araştırma için hangi dokümanların gerekli olduğuna karar verilen kısımdır. Tez kapsamında bu aşama için öğretmen adaylarının kullandıklarını belirttikleri kitaplar incelenmiştir. Özgünlüğün kontrol edilmesi ise seçilmiş olan bu dokümanların orijinal ve birincil kaynak olduğunun incelendiği aşamadır. Dokümanları anlama kısmında, şayet önceden yapılan

görüşme ve gözlemler mevcut ise bu dokümanlar ile elde edilen veriler arasında karşılaştırma yapılır ardından da veriler analiz edilir.

Bu çalışma kapsamında da görüşme ve gözlemlerden elde edilen zihinsel modeller ile kitaplarda bunların nedeni olabilecek görseller ve metinler analiz edilmiş ve aralarında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Verilerin kullanılması aşamasında, gerektiğinde verilerin alındığı yerle verilerin usulüne uygun olarak kullanıldığına dair bir rapor sunulabilir (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği

Bir araştırmanın bilimselliğinin sağlanabilmesi için, geçerliğinin ve güvenirliğinin sağlanmış olması gerekmektedir. Fakat bu durum, nicel ve nitel araştırmalarda bazı farklılıklar göstermektedir. Hangi ölçütlerin nitel ve nicel araştırmalarda neye karşılık geldiği ve bu şartları sağlamak için kullanılan yöntemler Tablo 7'da özetlenmiştir (Erlandson,Harris, Skipper ve Allen, 1993; akt.Yıldırım ve Şimşek, 2008).

Tablo 7

Nicel ve Nitel Araştırmalarda Geçerlik-Güvenirlik

Ölçüt	Nicel Araştırma	Nitel Araştırma	Kullanılan Yöntemler
Araştırma sonuçlarına dayanarak gerçeğin doğru bir şekilde temsil edilmesi durumu	İç geçerlik	İnandırıcılık	Uzman incelemesi Çeşitleme Katılımcı teyidi Derinlik odaklı veri toplama Uzun süreli etkileşim
Sonuçların uygulanabilirliği durumu	Dış geçerlik	Transfer edilebilirlik	Amaçlı örnekleme Ayrıntılı betimleme
Tutarlığın sağlanması durumu	İç güvenirlik	Tutarlık	Tutarlık incelemesi
Nesnel, yansız olma	Dış güvenirlik	Teyit edilebilirlik	Teyit incelemesi

İnandırıcılık

İç geçerlik yani nitel araştırmalardaki inandırıcılık, araştırmanın dış dünyadaki gerçeklerle uyuşup uyuşmadığını inceler. Ölçülmek istenen ile ölçülen arasında mantıklı bir ilişki olup olmadığına bakar (Merriam, 2009). Bilimsel bir araştırma yapabilmek için, öncelikle çalışmanın açık, anlaşılır ve kendi içinde

tutarlı olması gerekmektedir. Araştırma ancak bu şekilde inandırıcı bir noktaya gelebilir. Diğer araştırmacılar da çalışmayı incelediklerinde, sonuçları net bir şekilde anlayıp, sonuçlarının inandırıcılığından hiç bir şüphe etmemelidirler. Bu durumun sağlanabilmesi için, çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bunlar;

- Uzman incelemesi
- Çeşitleme
- Katılımcı teyidi
- Derinlik odaklı veri toplama
- Uzun süreli etkileşim

şeklinde sıralanabilir (Erlandson, Harris, Skipper, & Allen, 1993; Lincoln & Guba, 1985; akt. Yıldırım & Şimşek, 2008; Creswell, 2007)

Uzman İncelemesi. Uzman incelemesi, araştırmanın inandırıcılığının sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Araştırma konusunda genel bir bilgiye sahip ve nitel araştırma yöntemleri konusunda uzman kişilerden, çalışmayı tüm boyutlarıyla incelemesini istemek; çalışmanın inandırıcılığı konusunda oldukça önemlidir. Uzman kişiler tüm aşamalara eleştirel bir yorum getirip, araştırmacının da çalışmasına doğru bir yön vermesinde ve nitelikli bir çalışma yapmasında yol gösterici olurlar. Uzman incelemesi iki şekilde yapılabilir. Ya araştırmacı uzman ile bir araya gelir ve ona yaptıklarını aktarıp görüşünü alır ya da araştırmacı tüm verileri ve dokümanları uzman kişiye gönderir ve uzman kişi bunları inceleyip, çalışmayla ilgili geri bildirimler verir (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Araştırma kapsamında, elektrik ve manyetik alan ile ilgili bağlamlar için, fizik alanında uzman beş kişinin görüşü alınmıştır. Onların, bağlamlara ve dayandırıldıkları fiziksel temellerine onay verme sürecinden sonra öğretmen adayları ile gerekli uygulamalar başlatılmıştır. Üç alan uzmanı ile aynı ortamda tartışılarak, iki alan uzmanı kişi ise dokümanlar kendilerine gönderilerek uzman görüşü alınmıştır.

Araştırmanın modelleme kısmı için ise fizik eğitimi ve zihinsel model alanında uzman iki kişinin görüşü alınmıştır. İlk olarak veriler birlikte incelenip tartışılarak uzman incelemesi sağlanmıştır. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında ise veriler uzmanlara gönderilip, dönütler alınarak, aradaki tutarlığa bakılmıştır.

Çeşitleme. Araştırmanın ortaya çıkarmayı amaçladığı gerçekliğin her yönüyle ele alınabilmesi için, farklı bakış açılarının, farklı veri kaynaklarının vs. kullanılması inandırıcılık için gereklidir. Bunun için ise çeşitleme yöntemi kullanılabilir. Çeşitleme, çalışmanın her aşamasında kullanılabilir. Veri kaynaklarının çeşitlendirilmesi, farklı yöntemler aracılığı ile veri toplanması ya da araştırmacının gözlem sürecinde elde ettiği verileri katılımcılar ile tekrar teyit etmesi şeklinde gerçekleştirilebilir (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Araştırma kapsamında, veri kaynaklarının çeşitlendirilmesi için Tablo 3-Tablo 7'da da görüldüğü gibi faklı özelliklere sahip (yaş, cinsiyet, akademik ortalama, ders tekrar sayısı, ders geçme notu) 22 katılımcı ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler toplanırken, öğretmen adayları ile görüşmeler, elektrik ve manyetizma dersini gözlemleme ve görüşmelere ilişkin toplanmış yazılı dokümanlar kullanılarak çeşitleme yapılmıştır. Ayrıca görüşmede bahsi geçen konularla ilgili, onlardan bir de yazılı dokümanlar alınarak desteklenmiştir.

Katılımcı Teyidi. Araştırmacının topladığı verilerden yanlış sonuçlara ulaşmaması için, katılımcıdan tekrar teyit alması inandırıcılık için oldukça yararlıdır. Bu sayede araştırmacının öznelliğinin de önüne geçilmiş olunur. Katılımcı teyidi; veri topladıktan hemen sonra katılımcıya özetleyerek, veriler düzenlendikten sonra katılımcıya iletilerek ya da bireysel ya da gruba teyit toplantısı yaparak alınabilir (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Araştırma kapsamında ise katılımcı teyidi her bir görüşme öncesinde; bir önceki görüşmenin teyidi alınarak ya da görüşme sonralarında yapılmıştır.

Derinlik Odaklı Veri Toplama. Araştırmacı alanda uzun süre kalarak, elde etmiş olduğu verileri artık katılımcıların bakış açılarıyla sunabilecek hale gelebilir. Elde ettiği verileri araştırma sorusuna uygun olarak yorumlayıp bir örüntü haline getirebilir. Şayet verileri olduğu gibi kaydederse, araştırmada ses kayıt cihazından bir farkı kalmaz. Verilere hâkim olabilmesi için ise onlara eleştirel bir gözle bakabilmeli, gerektiği yerde bu örüntüden katılımcının dahi söylemediği şeylerin yorumunu yapabilmelidir (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Araştırma kapsamında ise uzun süre derste gözlem yapılmış ve zihinsel modeller elde edilirken elde edilen pek çok yöntemle elde edilen verilerden bir

örüntü oluşturulmuş ve gerektiği yerlerde öğretmen adaylarının bile açık bir şekilde farkında olmadıkları örüntüler oluşturulmuştur.

Uzun süreli etkileşim. Araştırmacının verileri toplarken, onlarla uzun süreli etkileşim halinde bulunması çalışmanın inandırıcılığı açısından önemlidir. Bu sayede elde edilen veriler araştırmacının öznel algılarından uzaklaşmış olur. Araştırmacı gözlem yaptığı ortamda uzun süre bulunduğunda, katılımcılar üzerindeki etkisi de azalmış olacaktır. Zaman geçtikçe, daha doğal bir ortam oluşacaktır. Görüşmelerde de benzer durum geçerlidir. Konuşma ilerledikçe, katılımcı kendisini daha rahat hissedecek ve süreç daha akıcı hale gelecektir (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Araştırma kapsamında da, yapılan gözlem öncesinde öğrenciler ile etkileşimde bulunulmuş ve sınıf ortamında yabancı bir gözlemci olduğu algısı ortadan kaldırılmıştır. Sonrasında ise bir dönem boyunca gözlem yapılmıştır.

Görüşmeler için ise öncelikle katılımcıların hazırbulunuşluk düzeyinin artması için, başlangıçta kısa süreli sohbet havasında başlamış ve konuya yavaş bir geçiş yapılmıştır. Ses kayıt cihazı da ilgisini dağıtmayacak bir yerde tutulmuş ve ortamda olabildiğince rahat olması sağlanmıştır. Her bir katılımcı ile altı görüşme yapılmıştır.

Transfer edilebilirlik

Dış geçerlik yani nitel araştırmalardaki transfer edilebilirlik, çalışmadan elde edilen sonuçların, farklı durumlar karşısında uygulanabilirliğini gösteren bir durumdur. Diğer bir ifade ile araştırmanın genellenebilirliğinin bir ölçütüdür. Fakat bu genellenebilirlik nicel araştırmalarda olduğu gibi, olası tüm durumlara değil, araştırmanın örnekleminin kapsadığı evrenle birebir uyuşan, araştırma konusunun aynı olduğu durumlara olan genellemedir. Ayrıca her bir okurun araştırmayı incelediğinde, sonuç kısmından aynı yoruma gidiyor olması da önemli bir göstergedir (Merriam, 2009). Transfer edilebilirliği Erlandson vd. (1993) ise ayrıntılı betimleme ve amaçlı örnekleme ile sağlanabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Amaçlı Örnekleme. Nitel araştırmalarda, örneklemle ilgili değişkenlik gösteren özelliklerin tamamını göstermesi adına, amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu sayede hem geneli kapsayan, hem de özele ait bilgiler veren

bir örneklem oluşturulmuş olunur. Bu da bilgilerin transfer edilebilirliği açısından oldukça önem arz etmektedir. Araştırmadaki bu çeşitlilik sayesinde, diğer araştırmacıların kendi çalışmalarında karılaşabilecekleri durumlar karşısında ne yapması gerektiği konusunda ona faydalı olacaktır.

Araştırma kapsamında, amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örnekleme kullanılmıştır. Tablo 3-Tablo 6'da görüldüğü üzere, katılımcılar yaş, cinsiyet, akademik ortalama, ders tekrar sayısı, dersleri aldıkları öğretim üyeleri, ders başarı notları açısından farklılıklar göstermektedir.

Ayrıntılı Betimleme. Nitel bir araştırmada elde edilen verilerin doğru bir şekilde aktarılması oldukça önem arz etmektedir. Bunun için, açık ve net bir biçimde ayrıntılı olarak betimleme yapmak gerekmektedir. Veriler mümkün olduğu kadar okuyucuya çok fazla yorum katmadan, hatta doğrudan alıntılarla verilmelidir. Bu transfer edilebilirliğin önemli bir ölçütüdür (Yıldırım & Şimşek, 2008).

Araştırma kapsamında ise öğretmen adaylarının vermiş olduğu cevaplar, modelleri belirtirken oldukça ayrıntılı hatta doğrudan alıntılarla örneklendirilerek sunulmuştur. Yani her bir model için, farklı katılımcıların ayrıntılı cevaplarıyla örnekleri verilmiştir. Hazırlanan bağlamlar ile ilgili her aşama tüm ayrıntılarıyla adım adım anlatılmıştır.

Tutarlık İncelemesi

Araştırmanın tamamında gerçekleştirilen etkinliklerde tutarlı davranılıp davranılmadığının bir göstergesi olarak tutarlık incelemesi gerçekleştirilir (Yıldırım & Şimşek, 2008). Araştırma kapsamında veriler toplanırken, görüşmeler yapılırken, kodlamalar yapılırken, elektrik ve manyetik için benzer süreçler düzenlenirken her aşamada tutarlı olmasına dikkat edilmiştir.

Teyit İncelemesi

Teyit incelemesi bir uzmanın tüm ham verileri, araştırmacının ortaya koyduğu sonuçlarla karşılaştırması durumudur (Yıldırım & Şimşek, 2008). Araştırma kapsamında teyit incelemesi için araştırmanın her aşamasında uzmanların teyidine başvurulmuştur.

Etik

Nitel bir araştırmanın olmazsa olmazlarından birisi de, etik değerlere sahip olmasıdır. Özellikle çalışmanın geçerliği ve güvenirliği büyük ölçüde araştırmacının sahip olduğu etik değerlere bağlıdır. Çalışmanın yapılmış olduğu ya da verilerin toplanmış olduğu kurumun her ne kadar etik kılavuzları olsa da; en temelde bu araştırmacının sahip olduğu ahlaki değerleriyle ilişkilidir (Merriam, 2009).

Patton (2002) uzunca bir araştırmanın sonunda etik değerlerle ilgili olarak bir liste oluşturmuş ve nitel bir araştırmada mutlaka bu değerlerin olması gerektiğine dikkat çekmiştir.

- Araştırmanın amacı ve kullanılan yöntemlerin açık ve anlaşılır bir şekilde mutlaka belirtilmiş olması
- Taahhütler ve bunlara karşılık gelen durumlar
- Risk değerlendirmesi
- Mahremiyet
- Verilere nasıl erişildiği ve onların ne kadar sahiplenildiği
- Katılımcıların bilgilerinin gizli tutulması ve gönüllü olmaları
- Görüşme yapacak olan kişinin zihinsel ve ruhsal durumu
- Etik konulardaki danışman
- Verilerin hangi sınırlarda toplanacağı
- Yasal hükümlülükler

Bölüm 4
Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın bu kısmında, elektrik alan ve manyetik alanla ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Elektrik Alan Bağlamlarına Ait Bulgular

Bu kısımda Fizik öğretmen adaylarıyla elektrik alan kavramı ile ilgili görüşmelerden elde edilen bulgulara yer verilecektir. Bununla ilişkili olarak, katılımcıların elektrik alan kavramına yönelik zihinsel modellerinin uygulama öncesi, uygulama sonrası ve bu modellerin kalıcılığı ile ilgili bulgular incelenecektir. Elektrik alan ile ilgili bağlamlar aşağıdaki gibidir:

- **Bağlam 1:** Yalıtkan Maddeye Elektrik Alan Etkisi
- **Bağlam 2:** Elektrik Alandaki İletken-Yalıtkan Maddelerin Karşılaştırılması
- **Bağlam 3:** Elektrik Alanın Nötr İletken ve Yalıtkanlara Etkisi
- **Bağlam 4:** İletken Sıvıya Etkiyen Elektrik Alan
- **Bağlam 5:** Kapalı Bir Yüzey Oluşturan İletken ve Yalıtkan Maddelerin Elektrik Alana Etkisi

Yukarıda verilen bağlamlar kapsamında katılımcılar ile yapılan görüşmelerden elde edilen verilerin analizi ile bilimsel veya bilimsel olmayan elementlerin oluşturduğu zihinsel modeller ayrı ayrı incelenmiştir. Söz konusu elementler, elektrik alan konusunda bağlamları açıklarken katılımcıların tutarlı bir biçimde kullandıkları sözcük gruplarıdır. Bir sonraki kısımda bu elementler ve bu elementlerin bir araya gelmesiyle meydana gelen zihinsel modeller incelenecektir.

Elektrik Alan Kavramı ile ilgili Zihinsel Model Elementleri

Zihinsel modellerin temel taşını oluşturan iki element türü bulunmaktadır. Bunlar; bilimsel ve bilimsel olmayan (ilgisiz) elementlerdir (Didiş, 2012). Yarı yapılandırılmış görüşmeler neticesinde elde edilen verilerin analizine bağlı olarak belirlenen kelime/kelime grupları, modelleri oluşturan elementler olarak adlandırılmıştır. Söz konusu bu elementler Tablo 8'deki gibidir:

Tablo 8

Elektrik Alan Kavramı ile ilgili Belirlenen Elementler

Bilimsel Elementler	Bilimsel Olmayan (İlgisiz) Elementler
Pozitif veya Negatif Yük	Pozitif ve Negatif Yük
Durgun veya Hareketli Yük	Yalnızca Hareketli Yük
Boşluk veya Ortam	Maddesel Ortam
Açık Eğri	Kapalı Eğri
Vektörel Alan	Etkisiz Alan
Yük Büyüklüğü ve Cinsi	Kuvvetten Doğan Alan
Uzaklık	İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası
Elektriksel Etkileşim	
Maddenin Elektriksel Özelliği	
Kutuplanma	

Bilimsel elementler, elektrik alan kavramını bilimsel bilgilerle uyumlu olarak açıklayan katılımcıların kullandıkları kavramlardır. Bu elementler şu şekilde tanımlanabilir:

- Pozitif veya Negatif Yük: Noktasal tek bir yük elektrik alan meydana getirir. Bu yük pozitif ya da negatif olabilir.
- Durgun veya Hareketli Yük: Duran ya da hareket eden yükler elektrik alan meydana getirir.
- Boşluk veya Ortam: Elektrik alanın oluşması için herhangi bir ortama ihtiyaç yoktur. Boşlukta ya da herhangi bir ortamda elektrik alan meydana gelir.
- Açık Eğri: Elektrik alan açık eğriler şeklinde meydana gelir. Başladığı noktaya geri dönmez. Ya yüke doğru ya da yükten dışarı doğru yönelir.
- Vektörel Alan: Elektrik alan vektörel bir alandır. Bu nedenle de toplanabilirlik özelliği vardır.
- Yük Büyüklüğü ve Cinsi: Elektrik alanının şiddeti, yükün büyüklüğü ile doğru orantılıdır ve alanın yönü yükün cinsine göre değişir. Yüksüz cisimler elektrik alan oluşturmaz. Pozitif yüklerde elektrik

alan yükten dışarı doğru oluşurken, negatif yüklerde yüke doğru oluşur. Ortamda her iki yükün bulunması durumunda, elektrik alanın yönü pozitif yükten negatife yüke doğrudur.

- ❖ Uzaklık: Düzgün olmayan elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.
- ❖ Elektriksel Etkileşim: Aynı cins yükler arasında itme, farklı cins yükler arasında çekme kuvveti oluşur.
- ❖ Maddenin Elektriksel Özelliği: Maddenin iletkenlik veya yalıtkanlık özelliğine göre elektrik alan ile etkileşimi.
- ❖ Kutuplanma: Nötr cisimler dış bir elektrik alan etkidiğinde kutuplanırlar.

Bilimsel olmayan (ilgisiz) elementler ise elektrik alan kavramını bilimsel olarak açıklayamayan, ilgisiz ifadeler kullanan katılımcıların söylemlerinin analizi sonucunda ortaya çıkan durumlardır. Bu elementler şu şekilde tanımlanabilir:

- ❖ Pozitif ve Negatif Yük: Noktasal tek bir yük elektrik alan oluşturamaz. Elektrik alanın meydana gelebilmesi için, en az iki aynı veya farklı cins yük gereklidir.
- ❖ Yalnızca Hareketli Yük: Yalnızca hareket eden yükler elektrik alan meydana getirir. Durgun yükler elektrik alan meydana getirmez.
- ❖ Maddesel Ortam: Elektrik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç vardır. Boşlukta elektrik alan meydana gelmez.
- ❖ Kapalı Eğri: Elektrik alan kapalı eğriler şeklinde meydana gelir. Yani başladıkları noktaya geri dönerler.
- ❖ Etkisiz Alan: Herhangi bir yük elektrik alanda bulunduğu durumda, üzerine elektriksel kuvvet etki etmez. Elektrik alan ile elektriksel kuvvet birbirinden bağımsızdırlar.
- ❖ Kuvvetten Doğan Alan: Elektrik alan, elektriksel kuvvet tarafından meydana getirilir.

- ❖ İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası: Maddeler elektriksel olarak iletken ya da yalıtkan olabilirler. İletken ve yalıtkan cisimler yük geçişi açısından aynıdır/ iletkenler yüklenemez/ yalıtkanlar yüklenemez.

Fizik öğretmen adayları bağlamlarla ilgili açıklama yaparken bahsi geçen bilimsel elementleri kullandıklarında, saf bilimsel bir modele sahip olurlar. Fakat ifadelerinde bilimsel elementlerin yanı sıra bilimsel olmayan elementler de kullandıklarında, bu katılımcılar melez bilimsel olmayan bir modele sahip olurlar. Eğer bağlamları yalnızca bilimsel olmayan elementleri kullanarak açıklarlarsa, bu durumda da katılımcılar saf bilimsel olmayan bir modele sahip olmuş olurlar. Katılımcılarla yapılan görüşmelerden elektrik alan bağlamları yardımıyla elde edilen veriler analiz edildiğinde, sırasıyla aşağıdaki modellere ulaşılmıştır:

Elektrik Alan ile ilgili Zihinsel Modeller

Fizik öğretmen adaylarına bağlamlarla ilgili yöneltilen sorular neticesinde verdikleri cevaplara göre belirlenen elementlerin bir araya gelmesiyle, çeşitli modeller elde edilmiştir. Bu modeller şu şekilde ifade edilebilir:

- ❖ Bilimsel Model (BM)
- ❖ Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM)
- ❖ Mekanik Dalga Modeli (MDM)
- ❖ Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM)
- ❖ Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM)
- ❖ Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)

Elektrik alan kavramı ile ilgili belirlenen bu altı model, operasyonel tanımlarına göre bilimsel olan ya da hem bilimsel hem de bilimsel olmayan elementlerden meydana gelmektedirler. Bu durum Tablo 9'de ifade edilmiştir.

Tablo 9

Model-Element İlişkisi

Modeller	Bilimsel Elementler										İlgisiz Elementler						
	Pozitif veya Negatif Yük	Durgun veya Hareketli Yük	Boşluk veya Ortam	Açık Eğri	Vektörel Alan	Yük Büyüklüğü ve Cinsi	Uzaklık	Elektriksel Etkileşim	Maddenin Elektriksel Özelliği	Kutuplanma	Pozitif ve Negatif Yük	Yalnızca Hareketli Yük	Maddesel Ortam	Kapalı Eğri	Etkisiz Alan	Kuvvetten Doğan Alan	İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası
Bilimsel Model (BM)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM)			✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓			✓
Mekanik Dalga Modeli (MDM)					✓	✓	✓	✓		✓			✓				✓
Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM)					✓		✓	✓		✓							✓
Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM)					✓	✓	✓			✓					✓		✓
Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)					✓	✓	✓	✓		✓						✓	✓

Bilimsel Model (BM). Bilimsel model bilimsel elementlerin tamamını içermektedir. Fizik öğretmen adayları bağlamlar hakkında yapmış oldukları bilimsel açıklamaları, bu on bilimsel element yardımı ile ifade ettikleri için, saf bilimsel modele sahip olmuş olurlar. Bilimsel elementler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

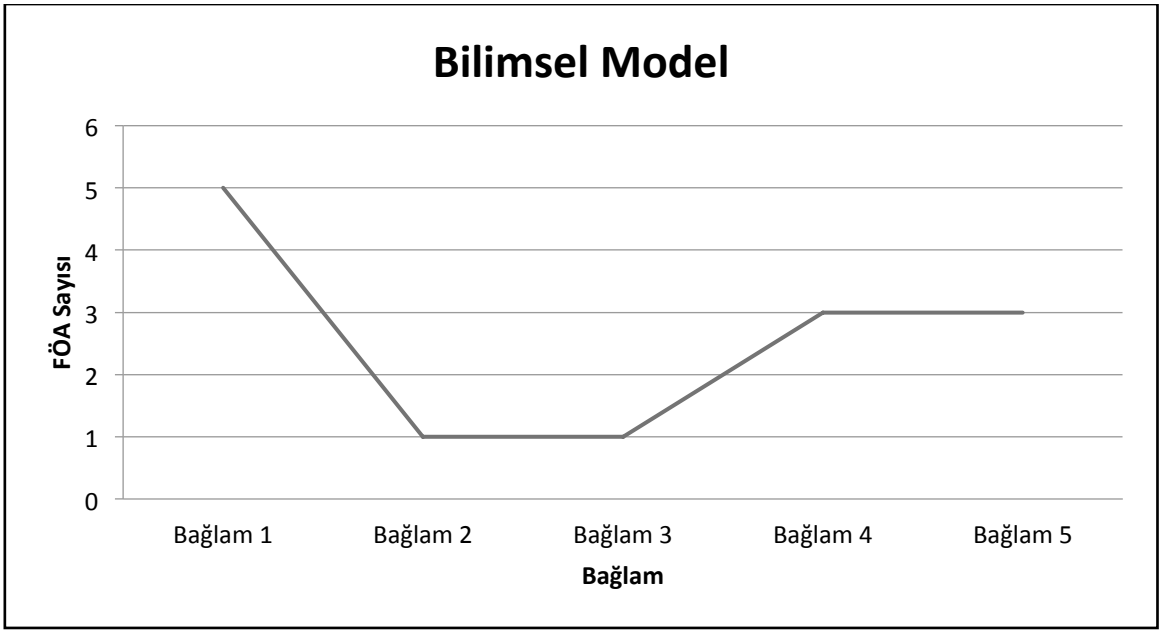
- Pozitif veya Negatif Yük
- Durgun veya Hareketli Yük
- Boşluk veya Ortam
- Açık Eğri
- Vektörel Alan
- Yük Büyüklüğü ve Cinsi
- Uzaklık
- Elektriksel Etkileşim
- Maddenin Elektriksel Özelliği
- Kutuplanma

Bu modelin operasyonel tanımları ise şu şekilde ifade edilebilir:

- Elektrik alan durgun veya hareketli tek bir yük tarafından meydana gelir. Bu yük pozitif ya da negatif olabilir.
- Elektrik alan hem boşlukta hem de herhangi bir ortamda meydana gelir.
- Elektrik alan açık eğriler şeklinde meydana gelir. Pozitif yüklerde yükten dışarı, negatif yüklerde ise yüke doğru yönelmiştir.
- Elektrik alan vektörel bir alandır.
- Yükün büyüklüğü ve cinsi, elektrik alanı doğru orantılı olarak etkiler. Yüksüz maddeler elektrik alan oluşturmazlar.
- Düzgün olmayan elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.
- Elektrik alanda bulunan deneme yükü üzerine, elektriksel bir kuvvet etki eder. Elektrik alandaki cisim nötr ise kutuplanır ve elektrik alanın kaynağına doğru yönelir.

- İletken ve yalıtkan maddelerin yük geçişleri serbest elektronlarından dolayı farklılık gösterirler. İletkenler yalıtkanlara göre daha kolay yüklenebilmelerine rağmen, her ikisi de yüklenebilirler. Kapalı yüzey oluşturduklarında ise yükler iletkenin dış yüzeyinde toplanırken, yalıtkanın tüm yüzeyine dağılırlar.

Bilimsel Model'in uygulama öncesi bağlamlara göre dağılımı Şekil 42 ile verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, bilimsel model en fazla ilk bağlamda kullanılmıştır. Dördüncü ve beşinci bağlamda ise ilk bağlama göre nispeten daha az kullanılırken, ikinci ve üçüncü bağlamlarda oldukça düşük sayıda yer almıştır.



Şekil 42. Bilimsel Model-Bağlam ilişkisi.

Bilimsel Model'e Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının bağlamları Bilimsel Modelle ifade ettikleri durumların örnekleri şu şekilde verilebilir:

- ***Bilimsel Model-Bağlam 1***

İlk bağlamda, nötr yalıtkan bir maddenin (plastik bebek) elektrik alan kaynağına (Van de Graaff jeneratörü) temas ettiği durum incelenmiştir. Jeneratör çalıştırıldığında, üç farklı durum için plastik bebeğin elektrik alandan kaynaklı yapısal ve şekilsel değişimleri incelenmiştir.

- İlk aşamada nötr yalıtkan plastik bebeğin, Van de Graaff jeneratörünün üzerine temas ettiği durum

- İkinci aşamada nötr yalıtkan bebeğin Van de Graaff jeneratörüne yaklaştırıldığı durum
- Üçüncü aşamada ise Van de Graaff jeneratörünün üzerine temas eden bebeğe, topraklama yapan nötr kürenin yaklaştırıldığı durum incelenir.

Bu bağlamın üç farklı aşamasında vurgulanan noktalar şunlardır:

İlk aşamada,

- yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına temas ettiği durumda yüklenmesi ve
- elektriksel kuvvet sonucunda bebeğin kalkan saçlarının elektrik alanın doğrultusunu ve yönünü göstermesidir

İkinci aşamada,

- yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına yaklaştırıldığında kutuplanması ve
- elektriksel kuvvet sayesinde saçların elektrik alan doğrultusunu göstermesidir.

Üçüncü aşamada ise

- pozitif elektrik alan kaynağına yaklaşan nötr ucun, kaynağa yakın tarafının negatif yüklenmesi ve
- elektrik alan kaynağına temas eden bebeğin, saçlarının pozitif ve negatif yükler arasında meydana gelen elektrik alanın doğrultusunu göstermesidir.

Uygulama öncesi görüşmeler analiz edildiğinde, K1, K13, K15, K20 ve K21'in Bağlam 1'i BM ile açıkladığı belirlenmiştir. Örneğin K1 fizik konularına oldukça ilgili ve bu konular ile ilgili çeşitli kaynaklar okuyarak, çevrimiçi ders videolarını izleyerek kendisini geliştirmiş bir öğrencidir. Bağlam 1 ile ilgili sorulara verdiği cevaplar bilimsel tanımlarla uyuşacak nitelikte cevaplar olmuştur. Başka bir ifadeyle, bu öğrenci bilimsel modeli oluşturan elementleri görüşmenin başlangıcından bitimine kadar tutarlı bir biçimde kullanmaya özen göstermiştir. Elektrik alanın kaynağının yükün cinsine bağlı olmayacağını (pozitif veya negatif tek bir yük) ve aynı zamanda bir alanın varlığını ancak bir deneme yükü kullanarak tespit edebileceğimizi belirtmiştir. Ayrıca elektrik alanda bulunan deneme yükü

üzerine etkiyen elektriksel kuvveti de bağlamın her aşamasında bilimsel bilgilerle tutarlı olacak biçimde yorumlamıştır. Aynı zamanda bu katılımcı, yalıtkan maddelerle ilgili bilimsel bilgilere sahip olduğu için de, bu bağlamın tamamında Bilimsel Modeli kullanarak açıklamalarda bulunmuştur. Bu bilimsel bilgilerle uyuşan açıklamalarını Bağlam 4 ve Bağlam 5'te de sürdüren K1, iletken katı maddelerle ilgili yanlış bilgilere sahip olduğu için, bu bağlamları (Bağlam 2 ve Bağlam 3) bilimsel olmayan bir modelle (MBAM) açıklamıştır. K1'in kullandığı modeli yansıtması açısından önemli sayılabilecek bir alıntı aşağıda verilmiştir.

A: Elektrik alan kavramı sana ne ifade ediyor?

K1: Elektrik alan, iki farklı pozitif ve negatif yük arasındaki etkileşime sebep olabilecek bir ortam.

A: Peki bu ortamın oluşması için her zaman hem pozitif hem de negatif yükler mi gereklidir? Yani tek bir yük de elektrik alanı oluşturabilmek için yeterli midir?

K:1 Evet, *tek bir pozitif ya da negatif yük de yeterlidir. Hatta durgun ya da hareketli olabilirler.*

A: Nasıl tespit edebiliriz bu alanı?

K1: Tespit edebiliriz ancak başka bir şey yapamayız. O yüzden "orada elektrik alan vardır" diyoruz. *Test etmek için başka bir yük, deneme yükü, getiriyoruz. Yükün üzerinde kuvvetin oluşmasından dolayı, "demek ki orada elektrik alan vardır"* deriz.

A: Peki boşlukta elektrik alan meydana gelir mi?

K1: *Boşlukta da, bir ortamda da* oluşur.

A: Pozitif ve negatif yükün oluşturduğu elektrik alan aynı mıdır?

K1: Her zaman pozitif yükten dışarı, negatif yükten içeri doğrudur. Ortamda ikisi de varsa, pozitif yükten negatife doğrudur (EK-A/BM-1.).

***

A: Peki şimdi deneyimizle ilgili daha ayrıntılı sorularımıza geçelim. İlk olarak Van de Graaff jeneratörü ile başlayacağız. Jeneratörün üzerine nötr plastik bir bebek oturtsam, jeneratör çalıştıktan sonra bebekte bir değişim meydana gelir mi?

K1: Kürenin tamamı pozitif yükle yüklenecek diye duymuştum. Ona temas eden her şeyde, pozitif yükle yüklenecek o zaman. Dolayısıyla *yalıtkan bebekte pozitif yüklenecek.*

A: Bebeğin dış görünüşünde bir değişim gözlemler miyiz?

K1: Elektroskobun yaprakları gibi saçlarda da bir değişim olacak. *Saçların birbirini itmesi lazım.*

A: Peki neden itiyor?

K1: Jeneratör elektrik alan yaratır. Saçlarda bu alandaki yükler gibi olur. O nedenle de üstüne kuvvet uygulanır.

A: Jeneratörü daha fazla yüklersem, değişen bir şey olur mu?

K1: Sonuçta yük artınca elektrik alan da artmış olur. Daha fazla kuvvet uygular saçlara.

***

A: İkinci aşamada nötr plastik bebeği, jeneratörü çalıştırıp bu defa jeneratöre değdirmeden, sadece yanına yaklaştırsam, sence bebekte herhangi bir değişim meydana gelir mi?

K1: Saçlar yalıtkan. *Kutuplanma olması lazım. Bir çekim olması lazım* diğer tarafa doğru yani küreye doğru.

A: Saçların pozitif yüklü küreye doğru hareket edebilmesi için, sence hangi yükle yüklenmiş olması gerekir?

K1: Ağırlıklı olarak saçın uçlarında negatif yükler vardır.

A: Peki, kalkan saçlar üzerine etki eden elektriksel bir kuvvet durumu söz konusu mudur?

K1: *Coulomb kuvveti vardır.*

A: Elektrik alan ve elektriksel kuvvet arasında nasıl bir ilişki vardır?

K1: *Birim yük başına düşen elektrik kuvvet,* elektrik alanı veriyordu. Yani $\vec{F} = \vec{E}.q$ O zaman *yüküm negatif olduğunda, elektriksel kuvvet de ters yöne olmuş oluyor.* Bu formülden de anlaşılıyor zaten.

A: Peki bebeğin kaynağa ne kadar yaklaştırdığımın bir önemi var mıdır?

K1: Tabii ki vardır. Çünkü *elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.* Uzaklaştıkça saçlara etkiyen kuvvette azalacaktır.

***

A: Üçüncü aşamada ise pozitif yüklü jeneratörün üzerine nötr plastik bebeği oturtup, jeneratörü çalıştırdıktan sonra; saça değdirmeden, saçların yakınına nötr bir küre yaklaştıracağım. Sence bu defa saçlarda bir değişim meydana gelir mi?

K1: Saçların uçlarında artılar birikiyor demiştik. Nötr küreyi saça yaklaştırıyorum. Saça yakın taraf negatif olur o zaman. Sonra saçları kendine yaklaştırır. *Bebeğin başı pozitif yüklü olduğu için, negatif küre üzerine kuvvet etki ettirir.*

K21 fizik dersine oldukça ilgili, fizik dersine olan sevgisini sık sık ifade eden ve konuları birden fazla kaynaktan çalışan bir öğretmen adayı olmasına karşın, not ortalaması orta düzeyde olan ve Elektrik ve Manyetizma dersini orta düzeyde bir notla geçmiş bir öğretmen adayıdır. Buna rağmen konuyu çok iyi özümsemesinden kaynaklı olarak, tüm bağlamlarda Bilimsel Model kullanarak açıklamalar yapan tek öğretmen adayıdır. Bu katılımcının kullandığı tanımların ve açıklamaların bilimsel bilgilerle örtüştüğünün daha detaylı görülebilmesi için, katılımcı ile yapılan görüşmeden bir alıntı aşağıda verilmiştir.

A: Elektrik alan nedir?

K21: *Bir yükün başka bir deneme yüküne etki etmesidir. Kuvvet oluşturur onun üzerine.*

A: Mesela *noktasal bir yük* elektrik alan oluşturur mu?

K21: *Oluşturur***.**

A: Peki, ben bu elektrik alanı görebiliyor muyum? Nedir onu meydana getiren şey?

K21: *Göremiyoruz. Noktasal bir yükü başka bir yüke yaklaştırdığım zaman, elektrik alan olduğu gözlemleniyor. Pozitif yükten negatif yüke doğrudur. Hep pozitiften dışarı, negatife doğru bir elektrik alan oluşur.*

A: Elektrik alan oluşurken, yükün hızının bir önemi var mıdır?

K21: *Hayır, durgun yükler de hareketli yüklerde elektrik alan meydana getirebilir.*

A: Elektrik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç var mıdır?

K21: Hayır, *boşlukta* da meydana gelir.

***

A: Kuvvet ile elektrik alanın arasında nasıl bir ilişki vardır?

K21: *Elektrik alana bir yük getirildiğinde, ona bir kuvvet etki eder.* Pozitif yük için kuvvet elektrik alanla *aynı yöndedir.* Negatif yükteyse; kuvvet elektrik alanla *zıt yönde* olacaktır. Yani *elektrik alan elektriksel kuvveti doğurur.*

A: Şimdi deneyimizle ilgili sorularımıza geçelim. Van de Graaff jeneratörü yüklendikten sonra, bir elektrik alan meydana getirir mi?

K21: Evet, getirir. Çünkü *elektrik alanın kaynağı yüktür.*

A: Yüksüz cisimler bir elektrik alan meydana gelir mi?

K21: Hayır gelmez. *Yüksüz cisimler elektrik alan oluşturmaz.*

A: Peki ben Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr plastik bir bebek oturtsam ve jeneratörü çalıştırsam, sence nötr yalıtkan bebekte bir değişim meydana gelir mi?

K21: Bebek de *pozitif yüklenir.*

A: Dış görünüşünde bir değişim meydana gelir mi?

K21: Hımm... Sanırım saçları dikelir.

A: Neden?

K21: Jeneratörün alanından dolayı olması lazım. *Yüklü saçlara kuvvet uygulanır çünkü.*

***

A: Peki ikinci kısımda nötr yalıtkan plastik bebeği, Van de Graaff jeneratörüne değdirmeden yakınına getirsem, sence bebekte bir değişim söz konusu olur mu?

K21: Saçtaki negatif yüklerin jeneratöre yaklaşması lazım bu defa.

A: Neden?

K21: Jeneratör pozitif yüklü dedik. Saçlardaki *negatifleri alanından kaynaklı olarak kendisine doğru çeker diye düşünüyorum.*

A: Bu durumda alan ve kuvvetin yönleri için ne söyleyebilirim?

K21: Yüküm negatif olduğu için, *ters yönlüdür.*

***

A: Üçüncü aşamada ise Van de Graaff jeneratörünün üzerinde oturan plastik bebeğin yakınına, nötr küre yaklaştıracağım ve jeneratörü çalıştıracağım. Bu durumda bebekte bir değişim bekler misin?

K21: Sanırım nötr küre saçlara yaklaşınca, saça yakın tarafı negatif yüklenir. Hımm... O zaman da *saça elektriksel kuvvet uygulayıp yine kendine çeker.*

Yukarıda verilen alıntılar incelendiğinde, K21'in kullandığı elektrik alan ile ilgili kavram ve tanımların oldukça bilimsel olduğunu söyleyebiliriz. Özellikle elektrik alanın kaynağının yük olduğuna ve bir alanın oluşması için tek bir yükün yeterli olduğuna ve oluşan alanın ortamdan (boşluk) bağımsız olması gerektiğine vurgu yapması bu katılımcının kullandığı modelin neden Bilimsel Model olduğunu açıklar niteliktedir. Ayrıca bu katılımcı elektrik alanın tanımını yaparken vektörel niceliği önceleyen ifadeler de kullanmıştır. Başka bir ifadeyle, Bilimsel Modele sahip bu katılımcı, elektrik alanın yükün cinsine bağlı olarak yönünün farklı olabileceğine vurgu yapmıştır. Katılımcının bu açıklaması alan kavramına yönelik zihnindeki modelin bilimsel bilgilerle (katılımcının kullandığı elementler) uyuştuğunu göstermektedir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 2***

İkinci bağlam nötr iletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına temas etmesi halinde, aralarındaki farklılıkların sorgulanmasını hedefleyen bir bağlamdır. Ortamdaki elektrik alan kaynağı ilk bağlamda olduğu gibi yine Van de Graaff jeneratörüdür. İlk aşamada deney iletken nötr alüminyum folyolar ile gerçekleştirilip iletkenin durumu incelendikten sonra, ikinci aşamada nötr yalıtkan kağıtlar kullanılarak yalıtkan ile iletken arasındaki farkın anlaşılması hedeflenmiştir. Burada vurgulanan noktalar,

- iletkenlerin ve yalıtkanların da yüklenebildiği ve
- yalıtkanların serbest elektronları yok denecek kadar az olduğu için, iletkenlere göre daha zor elektrik alandan etkilendiğidir.

Uygulama öncesi analizlerde K21'in bu bağlamı da Bilimsel Model ile ifade ettiği ve ilk bağlamdaki vermiş olduğu cevapları destekler nitelikte açıklamalar yaptığı görülmüştür. Yalıtkan madde için kullandığı bilimsel argümanları, iletken madde ile ilgili kısımları açıklarken de kullanmıştır. Ayrıca katılımcılar arasında bu bağlam ile ilgili açıklamalar yaparken, bilimsel modeli kullanan tek öğretmen adayıdır. Bu katılımcı ile ilgili yapılan görüşmelerden bir alıntı aşağıda verilmiştir.

> A: Peki ikinci bağlamımıza geçelim. Ben nötr iletken alüminyum folyolarımı Van de Graaff jeneratörünün üzerine düşmeyecek şekilde bıraksam, jeneratörüm yüklendikten sonra herhangi bir değişim gözlemlemeyi bekler miyim?
>
> K21: *Bir düşüneyim... Şimdi bir kere temas olacağı için, folyolarda ilk başta yüklenir.*
>
> A: Peki ya sonra?
>
> K21: Sonra ikisi de aynı yükleneceği için *jeneratör iter folyoları.*
>
> A: Neden iter sence?
>
> K21: *Elektriklenmeden dolayı.*
>
> A: Biraz açıklar mısın elektriklenmeyi?
>
> K21: Şimdi jeneratörün bir alanı var. Folyolarda yüklenince ne oldu? Bu alandaki deneme yükü gibi oldu. Zaten biz alanı nasıl tanımladık? Alana yük girince, kuvvet uygular dedik. İşte yükte pozitif olunca alan yönünde yani dışa kuvvet uygular.
>
> A: Bu kuvvetin nasıl bir etkisi olur sence?
>
> K21: İşte o da folyoları fırlatır.
>
> ***
>
> A: İkinci aşamada alüminyum folyo yerine nötr kağıtlar koyuyorum Van de Graaff jeneratörü üzerine. Sence bir değişim olur mu?
>
> K21: Yani... Olması lazım bence.
>
> A: Neden?
>
> K21: *Serbest elektronu yok sonuçta.* Varsa da çok az yani.
>
> A: O zaman kağıtlar hareket etmez mi?
>
> K21: Yok yok eder de, daha zor belki. Sonuçta o da yükleniyor. Ama iletken kolay etkilenir elektrikten.

K21 ile yapılan görüşmeyi detaylı inceleyecek olursak, bu katılımcının Bağlam 2 ile ilgili yaptığı açıklamaların yine bilimsel bilgilerle örtüşen açıklamalar olduğu görebiliriz. Diğer katılımcılar ile karşılaştırdığımızda, K21'in iletken ve yalıtkan arasındaki temel farkları bildiğini ve yalıtkanların serbest elektronlarının

iletken malzemelere göre daha az olduğuna vurgu yaptığını görebiliriz. Ayrıca bu katılımcı, dokunma ile elektriklenme de cisimlerin aynı türden elektrik yükü ile yüklendiğine de vurgu yapmıştır. Buna bağlı olarak, Van de Graaff jeneratörüne dokundurulan iletken veya yalıtkanlar ile jeneratör arasındaki etkileşmeyi de yine elektriksel etkileşme kapsamında değerlendirerek açıklamalarda bulunmuştur.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 3***

Bağlam 3'te Bağlam 2'den farklı olarak, Fizik öğretmen adaylarının nötr iletken ve yalıtkan maddelerin dış bir elektrik alanda bulunma durumlarında meydana gelecek farklılıkları nasıl yorumladıklarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Elektrik alan kavramını bilimsel olarak yorumlayabilen ve iletken-yalıtkan maddelerin özelliklerini tam olarak anlayan K21, bu bağlamı da Bilimsel Model kullanarak açıklamıştır. Bağlam 3 ile ilgili yapılan görüşmeden alıntılar aşağıda verilmiştir. Bu kısımda 2. bağlamdan farklı olarak temas olmadan etkileşim söz konusudur. K21 Bağlam 2 de olduğu gibi bu bağlamda da yalıtkan ve iletkenler arasındaki temel farklılıkları bilimsel olarak açıklamıştır. Sürtünme ile elektriklenen yalıtkan çubuğun oluşturduğu dış elektrik alan ile, kağıt ve alüminyum parçaları arasında temas olmadan da bir etkileşimin olacağını belirtmiştir. Başka bir ifade ile K21, iletken malzemelerde olduğu gibi, yalıtkan malzemelerin de dış bir elektrik alandan etkilenebileceklerini belirtmiştir. Ancak yalıtkan malzemelerin alandan etkilenebilmesi için alan şiddetinin yeterli düzeyde olması gerektiği de K21 tarafından vurgulanmıştır. K21 bu açıklamasına gerekçe olarak, yalıtkanların iletkenler kadar alandan kolay etkilenmedikleri bilgisini ileri sürmüştür. Görüşme esnasında, yalıtkanların da serbest elektronlarının olduğunu ancak iletkenler kadar fazla olmadığını ifade etmesi, K21 in açıklamalarının bilimsel bir temeli olduğunun göstergesidir. Bu katılımcı ile ilgili görüşmelerden bir alıntı aşağıda verilmiştir.

> A: Şimdi de diğer bağlamımıza geçelim. Van de Graaff jeneratörünün topraklama ucu yardımıyla nötrlenmiş ve küçük parçalara ayrılmış alüminyum folyolarımı ve kağıtlarımı rastgele bir yüzeye sersem ve yüne sürtülmüş plastik bir çubuğu yanlarına yaklaştırsam, sence bir etkileşim gözlemler miyim?
>
> K21: *Sanırım ilkokulda bunu kağıtla yapmıştık ve çekmişti.*
>
> A: Neden çekmiş olabilir sence?
>
> K21: Kağıdım nötr. Ama bu demek değil ki içinde hiç yük yok. Var da eşit var. Çubukta yüne sürtülünce negatif yüklenir. Şimdi bunlar

çubuğun oluşturduğu alana girince ne olacak? Etkilenecek. Üstlerine Coulomb kuvveti etki edecek.

A: Peki neden çubuğa doğru çekiliyor? Sonuçta iki tür yüke de kuvvet etki etmedi mi?

K21: Etti ama şimdi çubuk negatif. Ne olacak? O pozitifleri kendisine çekecek. Yani onlar daha yakınında olacak. O yüzden de kuvvetin yönü çubuğa doğru olur.

A: O zaman elektrik alan nötr yalıtkanlara da etki eder diyebilir miyiz?

K21: Aynen.

A: Peki iletkenlerim için ne söyleyebilirim?

K21: Şimdi mantıken düşünüyorum... Yalıtkan elektrik alandan etkileniyorsa, iletken hayli hayli etkilenir. Az önce de dediğim gibi *onun serbest elektronları var.*

A: O zaman aralarında bir fark olur mu?

K21: Hımm... Olur da ne olabilir diye düşünüyorum. Mesela daha hızlı çekilebilir.

A: Mesela çubuğumu az yüklesem, sence ilk aşamada hangisi çekilir?

K21: İletken tabii ki...

❖ *Bilimsel Model-Bağlam 4*

Bağlam 4'te iletken sıvıların elektrik alandan etkilenme durumu incelenmiştir. Elektrik alan kaynağı olarak yüne sürtülmüş bir yalıtkan çubuk seçilmiştir. Başka bir ifadeyle, yüklü yalıtkan bir maddenin iletken sıvılar üzerindeki etkisi incelenecektir. Diğer bağlamlardan farklı olarak iletken olarak sıvı bir maddenin seçilmiş olması, katılımcıların sıvılarla ilgili bilimsel olmayan bilgilerinin de ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu aşamada K1, K20 ve K21'in uygulama öncesi görüşmelerde bilimsel modele sahip olduğu görülmüştür. K1 Bağlam 1'i Bilimsel Model'le açıklamış olmasına karşın, iletken maddelerin elektrik alandan etkilenme durumuna dair bilimsel olmayan bilgilere sahip olduğu için, Bağlam 2 ve Bağlam 3'ü farklı bir zihinsel modelle (MBAM) açıklamıştır. Fakat iletken sıvılar ve yalıtkan maddeler hakkında bilimsel bilgiye sahip olduğu için, Bağlam 4'ü tekrar Bilimsel Model'le açıklayabilmiştir. K1'in iletken sıvıların da elektrik alan karşısında kutuplanıp, yüklerin üzerine etkiyen net elektriksel kuvvetten kaynaklı olarak hareket ettiğini ifade etmesi, bu bağlamın en önemli noktalarındandır. Görüşmelerden alınan bir alıntı aşağıda verilmiştir.

A: Nötr bir cismi düşündüğümüz zaman, iç yapısı ile ilgili olarak ne söyleyebiliriz?

K1: Atom vardır. Atom nötrdür. *Yani hem pozitif hem de negatif yükler eşittir.*

***

A: Kaç tür yük vardır?

K1: İki tür, pozitif ve negatif.

A: Peki bunların özellikleri nelerdir?

K1: *Pozitif negatifi çeker, pozitif pozitifi iter.*

***

A: Peki ben yüne sürtülmüş plastik çubuğu ince bir şekilde çeşmeden akan suyun yanına getirsem, herhangi bir değişim gözlemler miyim?

K1: *Su molekülleri çekim hissederler. Çubuğa doğru... Çubuk negatif olur yüne sürtülünce. Hidrojenler çubuğa doğru yönelirler. Oksijenlerde itilmek isterler. Bu yüzden çubuğa doğru hareket eder.*

A : Peki bunların arasında bir elektrik alan oluşur mu?

K1: *Çubuktan elektrik alan oluşur.*

A: Bir elektrik alan içerisindeki su molekülüne etkileyen bir kuvvet var mıdır?

K1: *Elektrik alan içerisindeyse evet.*

A: Kuvvet neyin üzerine etki eder?

K1: *Yükün... Her iki yüke de etki eder kuvvet. Ama arada oluşan uzaklık farkı oksijen ve hidrojen üzerine etkiyen kuvveti değiştirir. Hidrojene daha çok kuvvet etki eder. Böylece çubuğa doğru çekilir.*

A: Bir elektrik alanımız var diyoruz. Bir de q_0 deneme yükümüz var. Bu deneme yükümüzün bir elektrik alanı yok mudur?

K1: *Bu deneme yükünün elektrik alanı diğer elektrik alanın kaynağını etkiler.*

A: Kendisini etkiler mi peki?

K1: *Kendisini etkilemez. Kendisi diğerinden etkilenir.*

A: Peki kendisi üzerine bir kuvvet oluşur mu?

K1: *Onun üzerine öbür kaynaktan gelen kuvvet etki eder.*

A: Peki bu kuvvetler sonucunda bir hareket meydana gelir mi?

K1: *Evet yükler hareket ederler. İteler veya çekerler.*

K1'in iletken sıvıların dış bir elektrik alanda bulunma durumunda kutuplanacağını ve sonrasında ise net kuvvetin elektrik alan kaynağına (plastik çubuk) doğru çekileceğini ifade ederek Bilimsel Model için en temel vurguları yapmıştır. Bunun yanı sıra elektrik alanda bulunan yüklerin de üzerine kuvvet etki

edeceğine vurgu yapmış olması, elektrik alan tanımını doğru bir şekilde açıklayabildiğini göstermektedir. İletken sıvı maddelerin de elektrik alandan etkileneceğini ifade etmesi de, K1'in bize iletken katılara dair yanlış bilgilere sahip olsa da iletken sıvılar konusunda bilimsel bilgiye sahip olduğunu göstermektedir.

K21 diğer bağlamlarda olduğu gibi, bu bağlamı da Bilimsel Model'le ifade etmiştir. Elektrik alanın iletken ve yalıtkan maddeler üzerine etkisini bilimsel olarak kavradığı için, bu bağlamı da anlamlı bir şekilde yorumlayabilmiştir. Uygulama öncesi görüşmeden bir alıntı şu şekildedir.

> A: Peki ben yüne sürttüğüm plastik çubuğu zayıf bir şekilde akan suyun yanına yaklaştırsam, herhangi bir etkileşim meydana gelir mi?
>
> K21: Çubuğum negatif olur. Bu durumda suya negatif çubuk yaklaşırsa, pozitifleri çeker kendine.
>
> A: Sudaki negatifler ne olur?
>
> K21: Onları da iter.
>
> A: Peki bu çekme ve itme durumları nasıl gerçekleşir?
>
> K21: Ortamdaki alan sayesinde.
>
> A: Elektrik alan mı çeker veya iter yükleri?
>
> K21: Hayır**,** *elektrik alanın yarattığı kuvvetten dolayı.* Yük alana girince, kuvvet oluşur.
>
> A: Pozitif ve negatif yüke aynı kuvvet mi etkir bu durumda?
>
> K21: Yok, aynı olmaz. Sonuçta pozitifler daha yakın. Ona daha fazla kuvvet etki eder (EK-A/BM-3.).
>
> A: Bu durum suda bir değişime neden olur mu sence?
>
> K21: E tabi. Sonuçta net kuvvet suya doğru. O yüzden de çubuğa doğru gelir su.

K21'in suyun hareketinin kaynağının elektrik alanın yarattığı kuvvet olduğunu vurgulaması, elektrik alan-elektriksel kuvvet ilişkisini net olarak anladığını gösterir. Elektrik alan kaynağına (çubuğa) yakın olan yüklerin üzerine daha fazla kuvvet etki edeceğini ifade etmiş olması da, K21'in düzgün olmayan elektrik alanın büyüklüğünün uzaklıkla ters orantılı olduğunu bildiğini göstermektedir. Başka bir deyişle katılımcı Bağlam 4'ü tıpkı diğer bağlamları olduğu gibi Bilimsel Model elementlerini kullanarak ifade etmiştir.

❖ ***Bilimsel Model-Bağlam 5***

Bağlam 5'te kapalı bir yüzey oluşturan iletken ve yalıtkan yüzeylerin elektrik alan ile ilişkisi incelenmiştir. Fizik öğretmen adaylarının oldukça zorlandıkları bu bağlama, K1 ve K21 bilimsel bir yaklaşım geliştirmiştir. Kapalı bir yüzey oluşturduğunda iletken maddede yüklerin dışarda toplanıyor olması, katılımcıların eksik bilgi veya yanlış yorumlamadan kaynaklı olarak, onları bilimsel olmayan modellere sürüklemiştir. Bu bağlamda özellikle iletken ve yalıtkan kapalı yüzeylerdeki yük dağılımları ve oluşturdukları elektrik alandaki farklılıklar ele alınmaktadır. K1 ile uygulama öncesi görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir.

A: Peki iletken kapalı bir yüzeyin üzerinde yükler nerede durur?

K1: İletkenlerde her zaman *dış yüzeyinde durur.*

A: Yüzey yalıtkan olsaydı nasıl olurdu?

K1: Bu defa *içerde de vardır.*

A: İçi boş iletken ve yalıtkan kürenin içerisindeki elektrik alan için ne söyleyebilirim?

K1: *İletkende içerisinde sıfırdır, çünkü yüzeyin iç kısmında yük yok. Ama yalıtkan da sıfırdan farklıdır. Çünkü yüzeyin her yerinde yük var.*

A: Peki bir alüminyum folyonun içerisine telefonumu koysam, ve başka bir telefon ile alüminyum folyo içerisindeki telefonu arasam, sence telefon çalar mı?

K1: Haberler de görmüştüm, öyle yapın demişlerdi. Alüminyum folyo kullanın demişlerdi. Hatta bazı trenlerde yapıyorlarmış sanırım ses insanları rahatsız etmesin diye. Nedenini araştırmıştım. *Elektrik alan trenin içerisinde sıfır oluyor. O yüzden telefon çekmiyor.*

A: Neden?

K1: *Elektromanyetik dalgaların yayılması için elektrik alana ihtiyaç var. Onlarda elektromanyetik dalga.*

A: Peki alüminyum folyo yerine, yalıtkan bir maddeyle sarmış olsam, değişen bir şey olur muydu? Örneğin kağıtla sarsam...

K1: Değişen bir şey olur, *faydası olmaz.*

A: Neden?

K1: *Çünkü yalıtkanda her yerde yük var. Yani her yerde elektrik alan var. O yüzden telefon çeker.*

İletken ve yalıtkan maddelerin kapalı bir yüzey oluşturma durumunda sahip olduğu özellikleri bilimsel olarak açıklayan K1, sonrasındaki bağlamla ilgili bilimsel akıl yürütmeleri sayesinde bağlamı Bilimsel Model ile açıklamıştır. Yükün olmadığı

yerde elektrik alanın da olmayacağını söylemesi, diğer bir değişle elektrik alanın kaynağının yük olduğunu belirtmesi, K1'in bilimsel bilgiye oldukça hakim olduğunu ve bağlamı bilimsel elementlerle açıkladığını göstermektedir.

K21 diğer tüm bağlamları olduğu gibi, bu bağlamı da Bilimsel Model'le açıklamıştır. Bu katılımcı maddelerin elektriksel geçirgenliğini ve yüzey oluşturma durumlarını zihninde bilimsel olarak kodladığı için, elektrik alan bağlamlarına da bilimsel bir model geliştirebilmiştir. Bu sayede de bütün bağlamları Bilimsel Model'le ifade edebilen tek katılımcı olmuştur. Bağlam ile ilgili alıntı şu şekildedir.

A: Nötr iletken içi boş bir küreyi pozitif yüklesem, yükler yüzeye nasıl dağılır?

K21: *Yalnızca kürenin dışında toplanır.*

A: Peki yüzeyin şeklinin bir önemi var mıdır?

K21: Hayır yoktur.

A: Ortamda bir elektrik alan meydana gelir mi?

K21: Basit bir Faraday kafesi gibi olur. İçeriden veya dışarıdan… Ya tamamen… Nasıl anlatacağımı bilemedim. İçeriye ve dışarıya alan sızmaz. *Yani ne dışarıdan içeriye bir alan girebiliyor ve ne de dışarıdan içeriden dışarıya bir alan çıkabiliyor. Yani iletken yüzey orada alanı perdeler. Çünkü yükler sadece dışarda var. İçerde yük olmadığı için, alan da olmuyor.*

A: Peki ben telefonu iletken bir yüzey olan alüminyum folyo ile sarsam ve başka bir telefon ile alüminyum içerisindeki telefonu arasam, sence telefon çalar mı?

K21: Çalmaz.

A: Neden?

K21: Faraday kafesinden dolayı çekmez. *Sinyal dışarı çıkamaz ya da içeri giremez.*

A: Peki telefonla yüzey arasındaki veya yüzeyin dışındaki elektrik alan için ne söyleyebilirim?

K21**:** *İçeride elektrik alan yok ama dışarıda var… Dışarıdan hiçbir şekilde sinyal giremiyor.*

A: Peki yüzeyimi yalıtkan bir kağıttan oluşturmuş olsaydım, o zaman bu durumda telefonum için ne söyleyebilirdim?

K21: *Kağıt yalıtkan bir maddedir. Yalıtkanda yükler yüzeyin her yerine yayıldığı için, telefon çeker.*

A: Yüzeyin her yerine dağılması sinyali nasıl etkiliyor?

K21: Yük her yerde olunca, *her yerde elektrik alan da oluyor.* Bu da ne demek? Demek ki sinyal her yerde rahatça iletilebilecek.

K21 Faraday kafesi olayının mantığını bilimsel olarak kavradığı için, Bağlam 5'in de bu etkiyi yaratacağını belirtmiştir. Yükün bulunduğu yerde elektrik alanın olduğunu ve kapalı yüzey oluşturan iletkenlerde yükün yalnızca dışarda toplanacağını belirtmesi ve kapalı yüzey oluşturan yalıtkanlarda ise tüm yüzeye yayılacağını ifade etmesi, onun bağlamı Bilimsel Model ile ifade ettiğinin bir kanıtı olmuştur. İletken-yalıtkan madde arasındaki bu ayrımı biliyor olması da, K21'in bilimsel elementleri doğru kullandığının bir göstergesi olmuştur. Yani kendisi bilimsel elementleri uygun yerlerde doğru bir şekilde ifade ederek, bağlamı Bilimsel Model ile ifade etmiştir.

Bilimsel Model'e Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Bilimsel Model'in Fizik öğretmen adayları tarafından uygulama sonrasında ifade ettikleri durumların örnekleri şu şekilde verilebilir:

- ***Bilimsel Model-Bağlam 1***

Pozitif yüklerin, negatif yüklerin ve *pozitif ve negatif yüklerin* sistem oluşturduğu durumda meydana getirmiş olduğu elektrik alanın ve bu alan neticesinde meydana gelen elektriksel kuvvetin oluşumunun incelendiği Bağlam 1'i Fizik öğretmen adayları yalnızca bilimsel elementler kullanarak ifade ediyorlarsa, bu durumda BM'ye sahip olurlar. Uygulama sonrasında K1, K2, K3, K4, K8, K9, K10, K11, K13, K15, K16, K20, K21, K22 Bağlam 1'i BM kullanarak ifade etmişlerdir. Örnek olarak K1 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıda verilmiştir.

> A: Bağlam 1'in ilk aşamasında jeneratörün toprak ucu ile nötrlediğim plastik bebeğimi, Van de Graaff jeneratörüm üzerine oturtturuyorum ve jeneratörümü çalıştırıyorum. Bebekte herhangi bir değişim bekler misin?
>
> K1: *Bu büyük küre pozitif yükle yüklenecek. Tabii ona temas ettiği için bebekte pozitif yükle yüklenecek.* Jeneratörün gücü yeterse de fırlatıp atacak.
>
> A: Gücü yetmezse ne olacak?
>
> K1: O zaman bebeğin saçları kalkar.
>
> A: Peki neden?
>
> K1: Jeneratörün çevresinde elektrik alan var. Bu önemli. Çünkü saçlara etki edecek. Nasıl ki bir yük elektrik alana girince üzerine kuvvet etki ediyor, burada da o olmuş olur.
>
> A: Saçların yönü ile elektrik alanın yönü için ne söyleyebiliriz?

K1: Hımm... Elektrik alan küreden dışarı. Elektriksel kuvvette dışarı. O zaman aynı olması lazım.

A: Elektriksel kuvvet nasıl meydana geldi?

K1: Saçtaki yükler üzerine elektrik alan kuvvet etkiledi. O yüzden kalkar zaten saç.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir)

K1: Saçlar kalktı işte elektrik alandan dolayı.

***

A: İkinci aşamada nötr bebeğimi bu defa jeneratöre yaklaştırıyorum. Bir değişim meydana gelir mi?

K1: Bu defa temas etmiyor. Şimdi temas yok ama saçlar hareket edebiliyor. O zaman negatifi kendisine çekip, pozitifleri itebilir. Burada saçları kendisine çekmesi lazım negatif olduğu için.

A: Bebekte bir değişim gözlemler miyiz yani?

K1: Saçlar jeneratöre doğru gider.

(Uygulama gerçekleştirilir.)

A: Evet, saçlar jeneratöre doğru yöneldi. Peki nasıl oldu biraz daha açıklar mısın?

K1: Az önceki durumdan yola çıkacak olursak, Orada saçlar pozitifti, elektrik alanla aynı yönlü dedim. Şimdi burada tam tersini olduğunu düşünürsem,... Burada da ters yönlü olur. Zaten formülden de bulabilirdim aslında.

A: Peki bebeği yine Van de Graaff jeneratörüne oturtsam ve nötr iletken bir küreyi bebeğin saçlarına yaklaştırsam, sence aralarında bir etkileşim olur mu?

K1: Bebeğin saçlarının kalkacağını biliyorum zaten. Küre nasıl etkilenir? O kutuplanır. Negatifler bebeğe doğru gelir. Sonra ne olabilir? Hımm... Şimdi saçlar pozitifle negatifin arasında kaldı. Saçlar pozitifti. Kürem negatif. O zaman küre saçları kendisine doğru çeker.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Evet. Negatif yükler saça kuvvet uyguladı ve çekti işte.

K1 kendisine yöneltilen tüm sorulara bilimsel cevaplar vermiştir. İfadelerinin tamamı birbiri ile tutarlı ve uyumludur. Elektrik alan ile elektrik kuvvet arasındaki ilişkiyi net bir şekilde dile getirmiştir. Elektrik alandaki yüklerin cinsinin önemini açık ve anlaşılır bir şekilde ifade ettiği için, K1'in Bağlam 1'de BM kullandığı belirlenmiştir.

❖ ***Bilimsel Model-Bağlam 2***

Fizik öğretmen adayları nötr iletken ve yalıtkanların elektrik alan kaynağına temas halindeki durumunun incelendiği Bağlam 2'yi yalnızca bilimsel elementler yardımıyla ifade ediyorlarsa, bu durumda bağlamı BM ile ifade etmiş olurlar. Uygulama sonrasında K1, K2, K3, K4, K8, K9, K10, K11, K13, K15, K16, K20, K21, K22 Bağlam 2'yi BM kullanarak ifade etmişlerdir. K1 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı örneği aşağıdaki gibidir:

> A: Bağlam 2'de Van de Graaff jeneratörünün üzerine ilk aşamada nötr iletken alüminyum folyolar bırakacağız ve jeneratörü çalıştıracağız. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K1: İletken öylece durur.
>
> A: Neden?
>
> K1: İletken yüklenemez. Yapısı buna uygun değil.
>
> A: Bakalım öyle mi olacak?
>
> *(Uygulama gerçekleştirilir.)*
>
> K1: Aaa... Uçtular. Ama nasıl oldu bu? Demek ki onlarda yüklenebiliyormuş. İçindeki elektronlar yüklenmesini sağladı. Çünkü jeneratöre değiyor. Temas olunca folyo da yüklendi. Sonra folyo tabii elektrik alanda duruyor şuan pozitif olarak ve sonra kuvvet onu itiyor.
>
> A: Hangi kuvvet?
>
> K1: Elektriksel kuvvet, elektrik alanın uyguladığı. Ama ben sadece yalıtkanlar uçuşur sanmıştım aynı prensiple.
>
> A: Bakalım o da uçacak mı?
>
> *(Uygulama gerçekleştirilir.)*
>
> K1: Uçtu işte.
>
> A: Peki jeneratörü aynı mı yükledim?
>
> K1: Bu defa daha fazla yükledik. Aynı yüklediğimizde uçmadı. Demek ki bu daha fazla yüklenince uçuyor.
>
> A: Buradan nasıl bir sonuca varabiliriz?
>
> K1: Yalıtkana elektrik alan daha zor etki etti. Yalıtkan daha zor yüklendi.

Yapılan görüşme incelendiğinde, K1'in uygulama öncesi açıklamalarının uygulama sonrasında değiştiği gözlemlenmektedir. Uygulama öncesinde iletkenlerin yüklenemeyen yalnızca yalıtkanların yüklenebilen cisimler olduğunu düşünürken, uygulama esnasında bu durumun düşündüğü şekilde olmadığını gözlemlemiştir. Uygulama yardımıyla iletken ve yalıtkan maddelerin de

yüklenebildiğini ve hatta yalıtkanların iletkenlere göre daha zor yüklenebildiğini ifade etmiştir. Bu ifadeler de K1'in açıkça BM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 3***

Bağlam 3'te nötr iletken ve yalıtkanların dış bir manyetik alanda bulunma durumu incelenmiştir. Fizik öğretmen adayları ifadelerinde yalnızca bilimsel elementler kullanıyorlarsa, bağlamı BM ile açıkladıkları anlaşılmaktadır. Uygulama sonrasındaki görüşmeler incelendiğinde K1, K2, K3, K4, K8, K9, K10, K11, K13, K15, K16, K20, K21, K22'nin Bağlam 3'ü BM kullanarak ifade ettikleri görülmüştür. K1 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı örneği aşağıda verilmiştir:

> A: Bu bağlamın ilk aşamasında çok kısa süre yani yüne sürttüğüm plastik çubuğumu, ufak parçalara ayrılmış nötr iletken folyolar ve nötr yalıtkan kağıtların yakınına getiriyorum. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K1: *İletkenleri çekmez demişim daha önce ama az önce gördüğüm kadarıyla iletkenlerde elektrik alandan etkileniyor. Hatta daha bile önce. O yüzden cevabımı değiştiriyorum. Sadece iletkenleri çeker.*
>
> A: Bu çekme durumu nasıl gerçekleşir?
>
> K1: Çubuk yün nedeniyle negatif yüklenecek. O zaman da negatif elektrik alan kaynağı olacak. Mesela folyoyu anlatayım. Folyonun yanına gelince de folyoyu kutuplayacak.
>
> A: Kutuplayınca nasıl bir hareket meydana gelir?
>
> K1: *Uzaklık işin içine giriyor. Pozitife daha çok kuvvet etki eder. Net kuvvette çubuğa olur.*
>
> A: Bakalım öyle mi olacak?
>
> *(Uygulama gerçekleştirilir.)*
>
> K1: Kağıtları çekmedi işte. Gücü yetmedi onları çekmeye. Ama şimdi elektrik alan büyüyünce çekecek onları da.
>
> A: Deneyelim bakalım.
>
> *(Uygulama gerçekleştirilir.)*
>
> K1: Evet dediğim gibi. Şimdi daha iyi anladım aradaki farklarını. Demek ki iletkenin serbest elektronları fazla olduğu için, daha kolay etkileniyormuş. Hiç böyle düşünmemiştim.

K1 ile gerçekleştirilen uygulamanın görüşmesi incelendiğinde, Bağlam 3 ile ilgili bilimsel elementler kullandığı açıkça görülmektedir. İletken ve yalıtkan maddeler arasındaki farkı net olarak anladığı tespit edilmiştir. Bu nedenle de K1'in daha önce MBAM ile açıkladığı Bağlam 3'ü, BM ile açıkladığı görülmüştür.

❖ ***Bilimsel Model-Bağlam 4***

Bağlam 4 iletken sıvıların dış bir manyetik alandan etkilenme durumu incelenmiştir. Tüm açıklamalarını bilimsel elementlerle tutarlı ve uyumlu bir şekilde ifade eden Fizik öğretmen adayları, bu bağlamı BM ile açıklamışlardır. Uygulama sonrasındaki görüşmeler incelendiğinde K1, K2, K3, K4, K8, K9, K10, K11, K13, K15, K16, K20, K21, K22'nin Bağlam 4'ü BM kullanarak ifade ettikleri görülmüştür. K1 ile gerçekleştirilen görüşmeden ilgili bir alıntı örneği aşağıda aşağıdaki gibidir:

> A: Bağlam 4'te ise uzun süre yüne sürttüğümüz plastik çubuğumuzu çeşmeden çok ince bir şekilde akan suyun yakınına getirsem, sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K1: Kesin olur. *Suyu da çeker az önceki folyo gibi. Çünkü bu da iletken.*
>
> A: Hangi prensibe göre çeker peki?
>
> K1: Az önceki ile aynı. Kutuplaşmadan dolayı hidrojenler çubuğa doğru gelir, oksijenler itilir ve çubuğa doğru çekilme olur. Yine uzaklık farkı oluşur yani.
>
> A: Bakalım öyle mi olacak?
>
> *(Uygulama gerçekleştirilir.)*
>
> K1: Tamam anladım ben bu işi. *Yalıtkanda yükleniyor. İletken de yükleniyor. Elektrik alan oluşturuyorlar ve aynı zaman da dış bir elektrik alandan da etkileniyorlar.*

Bağlamlar arasındaki ilişkiden yola çıkarak, uygulama öncesindeki bilimsel olmayan modellerini değiştiren K1, Bağlam 4'ü de BM ile açıklamıştır. İletken ve yalıtkan maddelerin arasındaki farklılık ve benzerlikleri bilimsel olarak ifade edebilmiştir. Yalnızca katı iletkenlerin değil, sıvı iletkenlerin de elektrik alandan etkilenebileceğini gözlemleyip, nedenlerini açıkça ifade edebilmiştir.

❖ ***Bilimsel Model-Bağlam 5***

Kapalı yüzey meydana getiren iletken ve yalıtkan yüzeylerin elektrik alan meydana getirme durumlarının incelendiği Bağlam 5'i, Fizik öğretmen adayları tüm bilimsel elementlerini tutarlı ve uyumlu bir şekilde kullandığı durumda BM'e sahip olurlar. Uygulama sonrasında K1, K2, K3, K4, K7, K8, K9, K13, K15, K16, K18, K20, K21, K22 Bağlam 5'i BM ile açıklayabilmişlerdir. K1 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Bağlam 5'te ilk olarak telefonumu iletken alüminyum folyo ile tamamı kapanacak şekilde sarsam ve ikinci bir telefonla folyo içerisindeki telefonumu arasam, sence folyo içindeki telefonum çalar mı?

K1: Buna çalmaz demiştim.

A: Neden o şekilde düşünmüştün?

K1: Folyonun özelliğinden dolayı. O iletken olduğu için, tüm yükler folyonun dışında toplanacak. İçinde yük kalmayınca da doğal olarak sinyal iletilmeyecek. Hatta daha önce yine tren örneğini vermiştim. Orada da treni iletkenle kaplıyorlardı yolcuların telefonu çekmesin diye.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Trendeki mantık işte.

A: Peki yalıtkan kağıtla kaplasam?

K1: Onun bir etkisi olmaz çeker.

A: Neden etkisi olmaz?

K1: *Çünkü yükler her yere yayılır. Elektrik alanın olmadığı yer kalmaz.*

A: Deneyelim bakalım.

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: İşte çaldı. *Zaten çalmasa o zaman treni kağıtla kaplarlardı. Yalıtkanların öyle bir özelliği yok.*

K1 iletken ve yalıtkan maddelerin kapalı bir yüzey oluşturduğundaki yapısal farklılıklarını net bir şekilde ifade ettiği için, BM'ye sahip olduğu anlaşılır. Çünkü kendisi kapalı iletken yüzeylerde yüklerin yüzeyin dışında toplanacağını ve yalıtkan yüzeylerde tüm yüzeye dağılacağını açık bir şekilde ifade edebilmiştir.

Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM). Manyetik Temelli Alan Modeli katılımcıların elektrik alan kavramını, manyetik alana ait elementlerle açıkladığı bir modeldir. Katılımcılar elektrik alanla ilgili bağlamları açıklarken, bilimsel elementlerin yanı sıra kullandıkları ilgisiz elementlerden kaynaklı olarak, Manyetik Temelli Alan Modeli bilimsel olmayan bir modeldir. Modelin içerisinde elektrik alan kavramı ile ilgili olarak; altı tane bilimsel, dört tane de ilgisiz olmak üzere toplamda 10 tane element yer almaktadır. Bu elementler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Bilimsel Elementler:

- Boşluk veya Ortam
- Vektörel Alan
- Yük Büyüklüğü ve Cinsi
- Uzaklık
- Elektriksel Etkileşim
- Kutuplanma

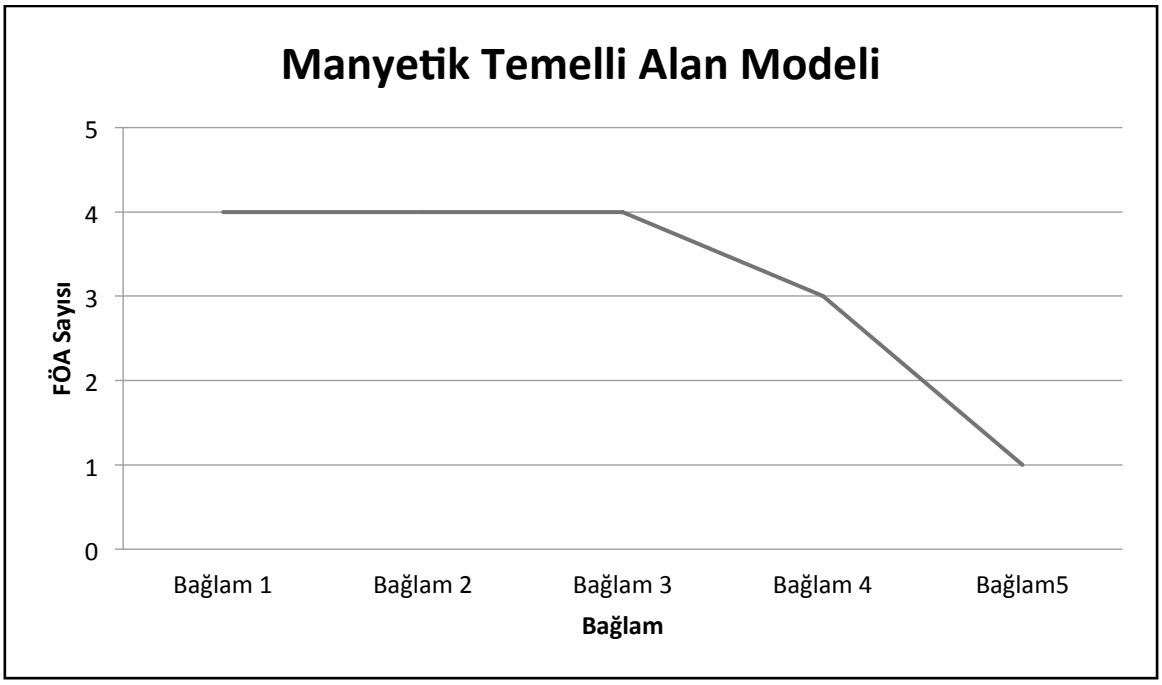
Bilimsel Olmayan Elementler:

- Pozitif ve Negatif Yük
- Yalnızca Hareketli Yük
- Kapalı Eğri
- İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası

Bu modelin operasyonel tanımları ise şu şekilde ifade edilebilir:

- Elektrik alan meydana gelebilmesi için hem pozitif hem de negatif yüke ihtiyaç vardır. Bu yüklerin aynı zamanda hareket etmesi gerekmektedir.
- Elektrik alan hem boşlukta hem de herhangi bir ortamda meydana gelir.
- Elektrik alan kapalı eğriler şeklinde meydana gelir.
- Elektrik alan vektörel bir alandır.
- Yükün büyüklüğü ve cinsi, elektrik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- Düzgün olmayan elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.
- Elektrik alanda bulunan deneme yükü üzerine, elektriksel bir kuvvet etki eder. Elektrik alandaki cisim nötr ise kutuplanır ve elektrik alanın kaynağına doğru yönelir.
- İletken ve yalıtkan cisimler yük geçişi açısından aynıdır ya da iletkenler yüklenemez veya yalıtkanlar yüklenemez. Kapalı bir yüzey oluşturduklarında ise yükler her ikisinde de her yere dağılır veya yükler hep dışarda toplanır.

Manyetik Temelli Alan Modeli'nin uygulama öncesi bağlamlara göre dağılımı Şekil 43 ile verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, Manyetik Temelli Alan Modeli ilk üç bağlamda en fazla kullanılırken, dördüncü ve beşinci bağlamda kullanma sıklığı gittikçe azalmaktadır.



Şekil 43. Manyetik Temelli Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Manyetik Temelli Alan Modeli'ne Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının bağlamları Manyetik Temelli Alan Modeli ile ifade ettikleri durumların örnekleri şu şekilde verilebilir:

- ***Manyetik Temelli Alan Modeli-Bağlam 1***

Bağlam 1, yalıtkan madde-elektrik alan ilişkisini sorgulayan bir bağlamdır. MTAM'ye sahip Fizik öğretmen adayları bu bağlamı ifade ederken, elektrik alanı manyetik alan ile karıştırıp, ortamdaki alan manyetik alanmış gibi açıklamışlardır. Bunun yanı sıra bu modele sahip katılımcılar maddelerin elektriksel geçirgenliği ile ilgili yanılgılara da sahip oldukları için, maddelerle ilgili de bilimsel olmayan ifadelerde bulunmuşlardır. Uygulama öncesinde K3, K4, K10, K11 MTAM'ye sahip Fizik öğretmen adaylarıdır. Bu duruma örnek olarak K3 gösterilebilir. K3 elektrik alan ile ilgili tüm sorulara, manyetik alan için bilimsel kabul edilen cevaplar vermiş, elektrik alan-manyetik alan karmaşasına düşmüştür. Maddelerin elektriksel geçirgenliğine dair de bilimsel olmayan bilgilere sahip olduğu için, bağlamı

yorumlarken hatalar yapmıştır. Sahip olduğu bu modeli ısrarlı bir şekilde tüm bağlamlarda sürdürmüştür. K3 ile yapılan görüşmeden alıntı aşağıdaki gibidir.

A: "Elektrik alan" nedir?

K3: *Yüklü parçacıkların çevresinde oluşturduğu alandır. İçe doğru dışa doğru olunca manyetik alan oluyordu hep aklıma manyetik alan geliyor.... Elektrik alan pozitiften negatife gider.*

A: O zaman +q ve -q örneği çizelim. Bunların arasındaki etkileşimi gösterelim.

K3: *Mıknatıs gibi çizebilirim değil mi?... Kuzey güney diye çizsem diye düşündüm bu manyetik alan olacak ama...*

A: Elektrik alan çizgisi üzerindeki bir A noktasındaki elektrik alanın yönünü gösterebilir misin?

K3: *Sağ el kuralından yapabilir miyiz acaba? Alan çizgisi ile aynı yönde olur mu acaba? Dairesel hareket gibi düşünsek yönü alan çizgisini teğet kesecek şekilde devam eder...*

A: Noktasal bir yük elektrik alan oluşturabilir mi?

K3: *Sanki tek bir yükten oluşmayacakmış gibi. Evet evet oluşturmaz. Elektrik alan dipol momente sahiptir diyorduk. O yüzden bir yükten elektrik alan oluşmaz.*

A: Peki bu yüklerin işaretlerinin bir önemi var mıdır?

K3: *Olması lazım birbirinden farklı olacak ki çekim oluşsun diye düşünüyorum. Orada bir akım oluşması lazım akım sonucunda elektrik alan oluşsun.*

A: Peki yükün durgun ya da hareketli olmasının bir etkisi var mıdır?

K3: *Hareketli olması lazım. Durgun olurlarsa olmaz. Zaten ikisi birbirini hareket ettirir ve öyle oluşur.*

A: Cismi yüklemek için iletkenler ve yalıtkanlar da bir değişim söz konusu olabilir mi?

K3: *İletken ve yarı iletkenlerde yük alışverişi olur ama yalıtkanlar da olmayacak.*

A: Yalıtkan maddelerin yükleyemez miyiz yani?

K3: *Hayır yüklenmezler.*

A: Örneğin nötr plastik bir bebeği pozitif yüklü Van de Graaff jeneratörüne oturtsam herhangi bir etkileşim gözlemleyebilir miyim?

K3: *Hayır. Zaten pozitif yüklü jeneratör tek başına alan oluşturamaz. Yanında negatifte olması lazım. Bebekte yalıtkan olduğuna göre, o zaten hiçbir şekilde yüklenemez.*

K3'ün yaptığı açıklamalar incelendiğinde, elektrik alanın kaynağının iki yükten oluşacağını belirtmiş olması ve bu yüklerinde hareket etmesi gerektiğini belirtmesi onun manyetik alan ile ilgili elementlere sahip olduğunu göstermektedir.

Başka bir deyişle, manyetik alanın meydana gelmesi için gereken şartları, elektrik alan için ifade etmiş olması, onun MTAM'ye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca yalıtkanların da yüklenemeyeceğini ifade etmesi, elektriksel geçirgenlikle de ilgili problemlerinin olduğunu işaret etmiş ve MTAM'ye sahip olduğunu kanıtlamıştır. K4 'te elektrik alanı tıpkı manyetik alan gibi ifade etmiştir. Manyetik alanın sahip olduğu özelliklerin elektrik alan için geçerli olduğunu düşünmüş ve tüm bağlamı buna göre ifade etmiştir. Yalıtkan maddelerin özelliği ile ilgili de bilimsel olmayan açıklamalarda bulunmuştur. Son bağlama cevap verememekle birlikte, tüm bağlamlara MTAM ile açıklama getirmiştir. K4 ile ilgili alıntı şu şekildedir.

A: "Elektrik alan" nedir?

K4: *Bir yükün elektrik alan çerçevesinde, kuvvet sayesinde hareket etmesi geliyor aklıma.*

A: Biraz açıklayabilir misin?

K4: *Elektrik alan içerisinde yükün üzerine kuvvet etki ediyor.*

A: Peki bu elektrik alanın kaynağı nedir?

K4: *Yükler.*

A: Noktasal bir yük elektrik alan oluşturabilir mi?

K4: *Hayır, oluşturmaz. İki tane lazım. Pozitif ve negatif. Bunlar arasında etkileşim söz konusu olur ikisi arasında.*

A: Peki bu alanın yönü nasıldır?

K4: Pozitiften negatifedir. Mesela mıknatıs gibi düşünürsek, bir ucuna artı bir ucuna eksi yazalım, *pozitiften negatife döner ve kapanır* (Ek-A/MTAM-1.)**.**

A: Peki yüklerin durgun ya da hareketli olmasının bir etkisi var mıdır?

K4: Hareketli olması lazım. *Onlar mıknatıs gibi birbirlerini çekerler. Mıknatısta bir sürü yük var ama.*

A: Peki boşlukta elektrik alan oluşur mu?

K4: Evet. Boşluğun elektriksel geçirgenlik katsayısı var sonuçta.

***

A: Peki o zaman ilk bağlamımıza geçelim. Van de Graaff jeneratörümün üzerine plastik nötr bir bebek oturtsam ve jeneratörü çalıştırsam, sence herhangi bir etkileşim gözlemlenir mi?

K4: Jeneratör neyle yüklenecek?

A: Pozitif.

K4: Hımm... Şimdi *elektrik alan oluşması için, iki yüke ihtiyaç var dedim. Ama burada sadece bir tane var, pozitif. O zaman bir şey olmaması lazım. Hem zaten yalıtkanlarda yüklenemeyeceği için, yine olmaz.*

A: Peki Van de Graaff jeneratörünün yanına değmeyecek şekilde yaklaştırsam bir etkileşim olur muydu?

K4: Yine olmaz *çünkü ortamda negatif yük yok.*

K4 elektrik alan oluşması için pozitif ve negatif iki yük olması gerektiğini belirtmiş ve elektrik alan çizgilerinin pozitif yükten negatife kapalı bir eğri oluşturacağını ifade etmiştir. Bu durum modelin MTAM olduğunu işaret ederken, yüklerin de ayrıca hareketli olması gerektiğini belirtmiş olması, bu modele sahip olduğunu kuvvetlendirir nitelikte olmuştur. Yani manyetik alanın sahip olduğu özellikleri, elektrik alan için belirtmiş olması, K4'ün bağlamı MTAM ile açıkladığını göstermiştir. Yalıtkanların yüklenemeyeceğini belirtmiş olması da, MTAM'nin ilgisiz bir elementi olan iletkenlik-yalıtkanlık karmaşası elementine sahip olduğunu göstermiştir.

- ***Manyetik Temelli Alan Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2 iletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına temas durumundaki davranışlarını incelemektedir. Uygulama öncesinde K3, K4, K10, K11 MTAM'ye sahip Fizik öğretmen adaylarıdır. Örneğin K3 ilk bağlamdaki ifadeleri ile tutarlı ifadeleri bu bağlamda da sürdürmüştür. Elektrik alanı manyetik alan gibi düşündüğü için, bu bağlamı da yine aynı şekilde düşünmüştür. K3 ile yapılan görüşmelerden bir alıntı şu şekildedir.

A: Bu kısımda Van de Graaff jeneratörünün üzerine ilk aşamada nötr iletken folyolar, ikinci aşamada ise nötr yalıtkan kağıtlar bıraksam, sence bir etkileşim meydana gelir mi?

K3: Jeneratörüm pozitif yüklü. Kağıt ve folyo nötr. Bir kere *kağıt yalıtkan olduğu için o elektrik alandan etkilenmez.* O yüzden onu hiç düşünmüyorum.

A: Peki iletken için durum nasıldır?

K3: Folyo nötr. Yani içinde eşit pozitif ve negatif yükler var ama jeneratöre temas ediyor. O zaman o da pozitif yüklenir. Bu durumda ortamda sadece pozitif yükler olur.

A: Folyolar yalnızca pozitif mi yüklenir ve durur mu?

K3: Evet. Hareket için elektrik alan lazım. Ama burada o yok. Çünkü *ortamda negatif yok.* Sadece pozitifle de olmaz. *Nasıl ki tek kutuplu mıknatıs yok, onun gibi işte.* Alan olmayınca da onu ne hareket ettirecek? Kuvvet oluşamaz sonuçta.

A: O zaman iki durumda da hareket olmaz ama yalıtkana hiç etki olmazken, iletken yalnızca yüklenir mi diyorsun?

K3: Evet tam olarak öyle.

K3 elektriksel bir kuvvetin meydana gelmesi için, bir elektrik alana ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Bu açıklaması bilimsel olmakla birlikte, elektrik alan oluşması için iki farklı yüke ihtiyaç olduğunu ifade etmesi, K3'ün bu bağlamı açıklarken MTAM' i kullandığına açık bir örnektir. Hatta vermiş olduğu tek kutuplu bir mıknatıs olamayacağına göre, tek yük de elektrik alan oluşturmaz örneği, MTAM'ye sahip olduğunun açık bir kanıtı niteliğindedir.

K4 ilk bağlamdaki elektrik alan ile ilgili açıklamalarıyla tutarlı bir şekilde, bu Bağlam 2'yi de açıklamıştır. Maddelerin yük geçişleri hakkında yanılgıya sahip olduğu için de, bu bağlamdaki iletken-yalıtkan madde ayrımını yapamamıştır. İlgili alıntı aşağıdaki gibidir.

> A: Van de Graaff jeneratörünün üzerine ilk aşamada nötr iletken folyolar, ikinci aşamada ise nötr yalıtkan kağıtlar bıraksam ve jeneratörü çalıştırsam, sence bir etkileşim meydana gelir mi?
>
> K4: Yalıtkanın az önce sorduğunuz bağlamdan bir farkı olmaz. Yani o da yalıtkandı bu da yalıtkan.
>
> A: Ne diyebiliriz yani cevap olarak?
>
> K4: *Jeneratör pozitif yüklü. İçinde negatif olmadığı için, elektrik alan oluşturmaz.* O yüzden kağıtları etkilemez. Kağıtlarda yalıtkan olduğu için zaten alandan etkilenmez.
>
> A: İletken?
>
> K4: İletken elektrik alandan etkilenir ama ortamda alan yok zaten. O yüzden o da öylece etkilenmeden durur.

K4'ün yalnızca pozitif yüklü jeneratörün elektrik alan oluşturamayacağını, elektrik alan oluşturabilmesi için aynı zamanda negatif yüke de ihtiyaç olduğunu vurgulaması, onun bu bağlamı kullanırken MTAM kullandığını göstermektedir. Benzer bir ifadeyle, elektrik alanın yalnızca iki farklı yük tarafından oluşacağını ifade etmiş olması ve bunun yanı sıra yalıtkan maddelerin de yüklenemeyeceğini belirtmesi, K4'ün bu bağlamı bilimsel olmayan bir elementlerle açıkladığını göstermektedir.

- ***Manyetik Temelli Alan Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 3, Bağlam 2'de elektrik alan kaynağına temas halinde bulunan iletken ve yalıtkan maddelerin, kaynağa temas etmeden yanlarına yaklaştırıldığı durumu incelemektedir. Diğer bağlamlarda olduğu gibi K3, K4, K10, K11 bu

bağlamda da MTAM'ye sahip Fizik öğretmen adaylarıdır. K3 iletken ve yalıtkanların tıpkı elektrik alan kaynağına temas ettiği Bağlam 2'de olduğu gibi, kaynağa temas etmediği durumu da aynı modelle ifade etmiştir. Görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir.

> A: Şimdi üçüncü bağlamımıza geçelim. Bu kez bir yüzeye küçük parçalara ayrılmış nötr iletken alüminyum folyolar ve nötr yalıtkan kağıtlar bırakıyorum. Sonrasında üzerlerinden yüne sürtülmüş plastik çubuk geçiriyorum. Sence bir etkileşim gözlemlenir mi?
>
> K3: Yalıtkan çubuk yüne sürtünce yüklenir. Hatta negatif olması lazım. Değil mi?
>
> A: Evet.
>
> K3: Ama sonrasında onun *kağıtlara etkisi olmaz yalıtkan oldukları için.*
>
> A: İletkenlerde?
>
> K3: İletkeni çeker bence. Çünkü alüminyum folyonun pozitif yükleri ile bir elektrik alan oluşturur ve kendisine çeker. *Çubuğun negatifi ile folyonun pozitifi elektrik alan oluşturacak ve böylece alüminyumlar çubuğa doğru çekilecek.*

K3 yalıtkan maddeler hakkında bilimsel olmayan bir yaklaşım geliştirmiştir. Örneğin yalıtkan çubuğun yüne sürtülerek yüklenebileceğini ifade ederken, yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına (Van de Graaff jeneratörü) temas durumunda ya da temas etmediği durumda bir etkileşim olmayacağını belirtmiştir. Başka bir ifadeyle, maddenin yük geçişi ile ilgili bilimsel olmayan bilgilere sahiptir. Bunun yanı sıra, negatif yüklenen çubuğun, iletken maddenin (alüminyum folyo) pozitif yükleri ile bir elektrik alan meydana getireceğini belirtmiştir. Bu durum K3'ün elektrik alan meydana gelebilmesi için iki ayrı yüke ihtiyaç olduğu düşüncesine sahip olduğunu bize göstermektedir. Yani MTAM için oldukça etkili bir veri sunmuştur.

K4 Bağlam 3'ü açıklarken MTAM'yi kullanmıştır. Elektrik alanın iki farklı hareketli yükten oluştuğunu düşünmesi, onu bu bağlamda da bilimsel olmayan bir modele götürmüştür. İlgili alıntı şu şekildedir:

> A: Peki ben küçük parçalara ayrılmış iletken folyo ve yalıtkan kağıtları Van de Graaff jeneratörünün toprak ucu yardımıyla nötrlesem ve yüne sürtülmüş plastik çubuğu, üzerinden geçirsem, nasıl bir durum olmasını beklersin?

K4: Bir düşüneyim... Yalıtkan etkilenmez dedim zaten. Ama iletken kutuplanır.

A: Nasıl kutuplanır?

K4: Çubuk yüne sürtülünce negatif yüklendi. Pozitifleri kendine çeker, negatifleri iter.

A: Hangi pozitif ve negatifleri?

K4: İletken folyodakileri. Folyonun pozitif yüklerini çeker ve negatif yüklerini iter.

A: Peki yalnızca kutuplanır ve öylece durur mu?

K4: Hımmm**...** *Hareket ettirebilir diye düşünüyorum.*

A: Nasıl ettirir?

K4: *Pozitif yükler daha yakın olduğu için, onlara daha fazla kuvvet uygulanır. Sonuçta kuvvet uzaklıkla ters orantılı.*

A: Peki bu kısımda oluşan elektrik alan için ne söyleyebilirim?

K4: Yükler hareket eder, *pozitiften negatife doğru iki tür yük sayesinde oluşur. Bir de kutuplanınca folyoda da pozitiften negatife oluşur.*

K4 elektrik alanın meydana gelmesi için iki farklı yüke ihtiyaç olduğunu düşündüğü için, bu bağlamı da MTAM ile açıklamıştır. Elektrik alan ile ilgili olarak da, hem çubuğun negatif yükleri ile suyun pozitif yükleri arasında, hem de suyun pozitif ve negatif yükleri arasında bir elektrik alan meydana geldiğini belirtmiştir. Bu durumun da ancak iki farklı yük sayesinde olduğunu ifade etmiştir. Yine bu açıklamalar da göstermektedir ki, elektrik alan oluşması için K4 bilimsel olmayan ve manyetik alana dair elementlere sahiptir.

- ***Manyetik Temelli Alan Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 elektrik alanı yalıtkan madde ve iletken sıvı yardımıyla sorgulayan bir bağlamdır. Fizik öğretmen adaylarından K3, K4, K11 bu bağlamda da MTAM'ye sahip Fizik öğretmen adaylarıdır. Fakat K10 bu bağlamla ilgili herhangi bir model geliştirememiştir. Örneğin K3 ve K4 tıpkı ilk üç bağlamda olduğu gibi, bu bağlamı da Manyetik Temelli Alan Modeli ile açıklamışlardır. Elektrik alanı manyetik alan gibi düşünüyor olmaları, onları bu bağlamı da aynı şekilde yorumlamalarına neden olmuştur. İletken ve yalıtkan maddelerle ilgili sahip oldukları bilimsel olmayan yaklaşımlar ise bu bağlamda da kendisini göstermektedir.

A: Nötr zayıf bir şekilde akan suyun yanına yüne sürtülmüş plastik çubuğu yaklaştırsam, herhangi bir etkileşim gözlemlenir mi?

K3: Sanki olurmuş gibi geliyor...

A: Nasıl olabilir sence?

K3: Böyle çubuğa doğru hafif bir dalgalanma olur diye düşündüm.

A: Bu durumda çubuk nötr suyu hareket ettirebilir diyorsun.

K3: Evet.

A: Peki bu durum nasıl meydana gelir?

K3: *Şimdi suyu hareket ettirmesi kuvvetin olduğunu gösterir. Yani elektrik alan vardır çubuk ve sudan dolayı. Hımm... Şimdi çubuk yüne sürtünce yüklenir. O yükler de sudaki yüklere etkir. Ondan sonra su da çekilir.*

A: Peki çubuk yüklü... Onun da bir elektrik alanı var dedin. Kendi üzerine de bir kuvvet etki ettirir mi?

K3: *Etki eder dersem deminden beri bir alanın oluşması için iki yüke ihtiyaç vardır dedim. Birbiri arasındaki etkileşim sonucu oluşur dedim. Yük tek başına alan oluşturamaz en azından hareketli bir yük olması lazım... Hareket içinde pozitif yüke ihtiyacı vardır diye düşünüyorum...*

K3 iletken suyun elektrik alan yardımıyla hafif bir şekilde dalgalanacağını belirtiyor. Bu hareketlenmenin de elektriksel kuvvet tarafından gerçekleştirileceğini ifade ediyor. Fakat oluşan bu elektrik alanın çubuktaki negatif yükleri ile sudaki pozitif yükler tarafından meydana getirildiğinden bahsediyor. Başka bir ifadeyle, elektrik alanın oluşması için iki ayrı yüke ihtiyaç olduğunu belirtiyor. Bu açıklamalar ise K3'ün MTAM'ye sahip olduğunun açık bir kanıtıdır.

MTAM'ye sahip bir diğer Fizik öğretmen adayı K4'tür. K4 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Bu bağlamda yüne uzun süre sürttüğümüz plastik çubuğu çeşmeden çok ince akan suyun yakınına getireceğiz. Sence aralarında bir etkileşim durumu söz konusu olur mu?

K4: Çubuk yine negatif yüklenecek. Ama bu kez suya yaklaştırıyoruz. Bir şey değişir mi diye düşüneyim. Değişmez. *Su da iletken sonuçta. Bağlam 3 ile benzer. Yine pozitifleri çekip, negatifleri iter.*

A: Peki su ve plastik çubuk arasında bir elektrik alan meydana gelir mi?

K4: *Plastik çubuğun negatif yükü ile çubuğa yakın taraftaki pozitif yükler arasında meydana gelir. Sonuçta iki yük de var ortamda.*

K4 elektrik alanın meydana gelebilmesi için iki yüke ihtiyaç olduğunu düşünmektedir. Yani elektrik alanı manyetik dipol durumu ile karıştırmaktadırlar. Bu nedenle de su ve çubuk arasında meydana gelen elektrik alanın da suyun pozitif yükü ve çubuğun negatif yükünün bir araya gelmesi sayesinde elektrik alanın meydana geleceğini düşünmektedir. Bu nedenle de K4 Bağlam 4'ü MTAM ile açıklamıştır. Kullandığı MTAM'ye özgü bilimsel olmayan elementlerden bu durum açıkça görülmektedir.

- ***Manyetik Temelli Alan Modeli-Bağlam 5***

Bağlam 5 iletken ve yalıtkan maddelerin kapalı yüzey oluşturdukları özel bir durumu incelemektedir. Uygulama öncesinde K3 diğer tüm bağlamlarda olduğu gibi, bu bağlamı da Manyetik Temelli Alan Modeli ile açıklamıştır. Fakat Bağlam 5'i bu modelle açıklayan başka herhangi bir katılımcı bulunmamaktadır.

> A: İletken küre üzerinde yükler nerede bulunur?
>
> K3: *Bütün yüzeyinde bulunur.*
>
> A: Peki yalıtkan kürede nerede bulunur?
>
> K3: *Sadece dış yüzey.*
>
> A: İletken yüzeyin içerisine bir telefon koymuş olsam ve ikinci bir telefonla da iletken yüzeyin içerisindeki telefonu arasam, telefonum çalar mı?
>
> K3: Tabi ki, her yerde elektrik alan var sonuçta.
>
> A: Peki bu alan nasıl oluşuyor?
>
> K3: *Yüzeyde hareket eden yük çiftleri alan meydana getiriyor. Bu sayede de çekiyor telefon.*
>
> A: Peki telefonu yalıtkanla sarmış olsaydım değişen bir şey olur muydu?
>
> K3: O zaman çekmezdi.

K3 kapalı bir yüzey oluşturan iletken maddelerde yüklerin bütün yüzeyde bulunacağını buna karşın, yalıtkanda ise yalnızca dış yüzeyde bulunacağını belirtmiştir. Yani iki maddenin özelliklerini birbirine karıştırmıştır. Bunun yanı sıra, telefonun da yalnızca iletkenin kapalı yüzey oluşturduğunda çekeceğini ifade etmiştir. Bu duruma gerekçe olarak, yüzeyin her yerinde yük bulunduğu için, bunların kendi arasında yük çiftleri oluşturmasını ve bu durumun da elektrik alan

yaratmasını belirtmiştir. Başka bir ifadeyle, elektrik alanı yalnızca iki ayrı yükün oluşturacağını belirtmiştir. Yani MTAM ile açıklama yapmıştır.

Manyetik Temelli Alan Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrasında bu modeli kullanan Fizik öğretmen adayı bulunmamaktadır. Deneyler yardımıyla bu modeldeki bilimsel olmayan elementler giderilmiştir.

Mekanik Dalga Modeli (MDM). MDM, elektrik alan kavramı ile ilgili bilimsel olmayan diğer bir modeldir. Fizik öğretmen adayları bu bağlamla ilgili soruları beş tane bilimsel ve iki tane de ilgisiz olmak üzere toplamda yedi element kullanarak ifade etmişleridir. Bu elementler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Yük Büyüklüğü ve Cinsi
- Uzaklık
- Elektriksel Etkileşim
- Kutuplanma

Bilimsel Olmayan Elementler:

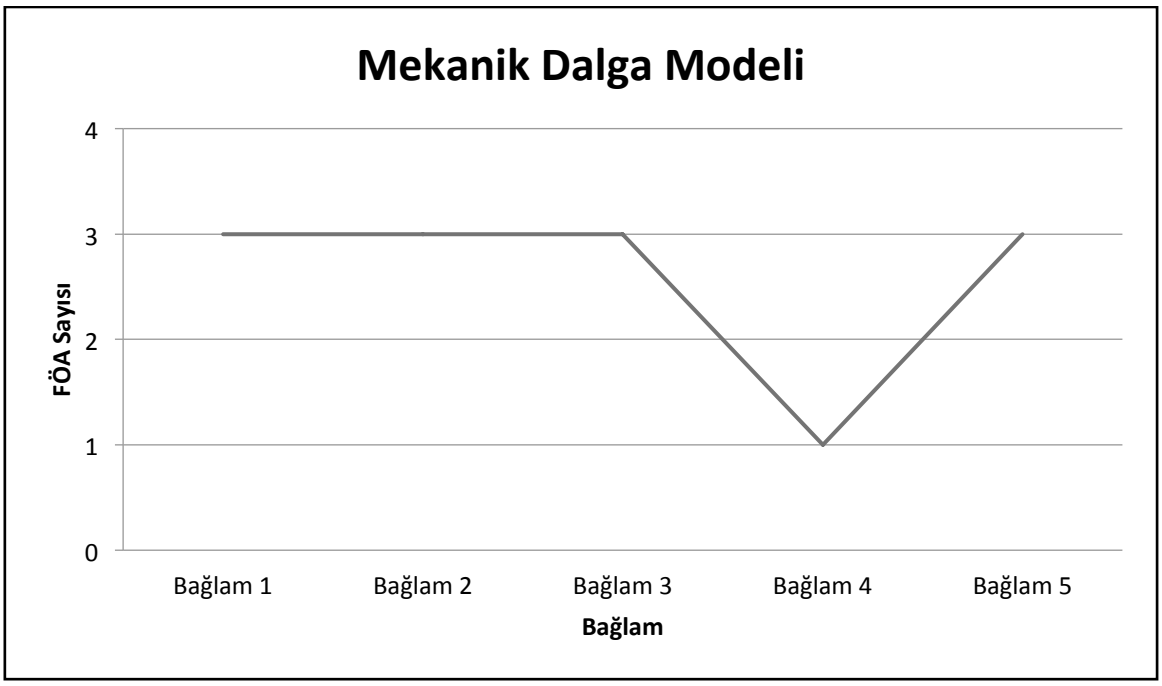
- Maddesel Ortam
- İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası

Bu modelin operasyonel tanımları ise şu şekilde ifade edilebilir:

- Elektrik alanın meydana gelebilmesi için maddesel bir ortama ihtiyaç vardır.
- Elektrik alan vektörel bir alandır.
- Yükün büyüklüğü ve cinsi, elektrik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- Düzgün olmayan elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.
- Elektrik alanda bulunan deneme yükü üzerine, elektriksel bir kuvvet etki eder. Elektrik alandaki cisim nötr ise kutuplanır ve elektrik alanın kaynağına doğru yönelir.
- İletken ve yalıtkan cisimler yük geçişi açısından aynıdır ya da iletkenler yüklenemez veya yalıtkanlar yüklenemez. Kapalı bir yüzey

oluşturduklarında ise yükler her ikisinde de her yere dağılır veya yükler hep dışarda toplanır.

MDM'nin uygulama öncesinde bağlamlara göre dağılımı Şekil 44 ile verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, bu modele en az Bağlam 4'te rastlanmıştır.



Şekil 44. Mekanik Dalga Modeli-Bağlam ilişkisi.

Mekanik Dalga Modeli'ne Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının uygulama öncesi MDM ile ifade ettikleri bağlamlara şu şekilde örnekler verilebilir:

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 1***

Bağlam 1 yalıtkan maddelerin elektrik alan ile ilişkisini sorgulayan bir bağlamdır. Elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünen Fizik öğretmen adayları, bu bağlamda geçen elektrik alanı mekanik bir ortammış gibi yorumlamışlardır. Uygulama öncesinde K12, K14, K17 Bağlam 1'i MDM ile açıklamıştır. Örneğin K12 Bağlam 4'teki açıklamaları hariç tüm bağlamları Mekanik Dalga Modeli ile açıklamıştır. K12 için Bağlam 1'den bir alıntı şu şekildedir:

A: Elektrik alan nedir?
K12: *Noktasal bir yükün etrafında oluşan alandır.*
A: Tüm yüzeyde midir yoksa yalnızca çizgiler üzerinde mi?
K12: *Tüm yüzeyde.*

A: Elektrik alanın kaynağı nedir?

K12: Yüktür.

A: Tek bir yük elektrik alan meydana getirebilir mi?

K12: *Evet.*

A: Peki boşlukta elektrik alan meydana gelir mi?

K12: *Hayır gelmez, ortam lazım* (EK-A/MDM-1.)**.**

A: Elektrik alan nelere bağlı olarak değişir?

K12: *Yükün cinsi, büyüklüğü, uzaklık.*

***

A: Peki şimdi ilk bağlamımızdan bahsedelim. İlk olarak Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr yalıtkan plastik bebeğimizi oturtsam ve jeneratörü çalıştırsam, bir etkileşim olmasını bekler misin?

K12: Jeneratörün etrafında elektrik alan oluşur.

A: Peki deney havasız bir ortamda yapılsa yine de oluşur mu?

K12: Yok o zaman oluşmaz.

A: Peki deneyde oluşan bu alanın nasıl bir etkisi olur?

K12: Yalıtkanın serbest elektronu yoktur. O yüzden etkilenmez. Bir videoda görmüştüm. Kızın saçları kalkmıştı. Ama bu bebek yalıtkan olduğu için kalkmaz bence saçları.

A: Neden kalktı videodaki kızın saçı sence?

K12: Kuvvet kaldırır onları.

A: Hangi kuvvet?

K12: Elektrik.

A: Nasıl meydana geldi bu kuvvet?

K12: Hımm... Elektrik alan kuvvet oluşturur.

A: Neye etkir bu kuvvet?

K12: Yüklü saça.

A: Peki ben nötr bebeği ikinci kısımda jeneratöre yaklaştırsam, sence bir değişim olur mu?

K12: Olmaz.

A: Peki jeneratörün üstündeki bebeğin yakınına toprak ucunu yaklaştırsam, sence bir değişim olur mu?

K12: Olmaz diye düşünüyorum. Toprak ucu sonuçta. Etkisi olmaz bence.

K12 her ne kadar elektrik alan ile ilgili çeşitli bilimsel elementlere sahip olsa da, elektrik alan için bir ortama ihtiyaç olduğunu ifade etmiş olması, onun MDM'ye sahip olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, boşlukta elektrik alanın

oluşmayacağını düşünmesi, onun elektrik alanı mekanik bir ortammış gibi düşündüğünü göstermektedir.

K14 elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşündüğü için tüm bağlamlara MDM ile cevap vermiştir. Elektrik alanın su dalgaları gibi mekanik bir dalga olduğunu ifade etmiştir. İlgili alıntı şu şekildedir*:*

A: Elektrik alan nedir?

K14: *Yüklü cisimlerin çevrelerinde oluşturduğu alana elektrik alanı denir.*

A: Nelere bağlı olarak değişir elektrik alan?

K14: *Yükün büyüklüğüne, cinsine bağlı olarak değişir.*

A: Peki uzaklıkla bir ilişkisi var mıdır?

K14: Aaa... vardır tabii. *Ters orantılı olarak değişir.*

A: Peki elektrik alanın meydana gelmesi için bir ortama ihtiyaç var mıdır?

K14: *Vardır. Aynı su dalgası gibidir.*

***

A: İlk bağlamımızla başlayalım o zaman. Van de Graaff jeneratörün üzerine nötr yalıtkan plastik bir bebek oturtsam ve jeneratörü çalıştırsam, sence bir etkileşim gözlemler miyim?

K14: Gözümle görmem ama bebeğin iç yapısı değişir.

A: Bebek iletken olsaydı değişen bir şey olur muydu?

K14: Yok olmazdı. Onun da sadece iç yapısı değişirdi.

A: İç yapısı ile neyi kast ediyorsun?

K14: Yani *yüklenirdi.*

A: Peki iletken ve yalıtkan da aynı şekilde mi yüklenirdi?

K14: *Evet ikisinde de aynı olurdu.*

A: Peki ben bu deneyi havasız bir ortamda yapmış olsaydım, yine bu etki gözlemlenir miydi?

K14: Yok, gözlemlenmezdi. *Elektrik alan havasız ortamda oluşmaz.*

Açıklamalarından da anlaşılacağı gibi, K14 elektrik alanın havasız ortamda oluşmayacağını düşündüğü için MDM'ye sahiptir. Yani MDM'ye ait bilimsel olmayan ortam elementini kullanmıştır.

❖ ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2'de elektrik alan kaynağına temas halindeki iletken ve yalıtkan maddeler incelenmiştir. Uygulama öncesinde K12, K14, K17'nin Bağlam 2'yi MDM ile açıkladığı belirlenmiştir. Örneğin elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünen K12, bu bağlama da mekanik dalga modeliyle bir yaklaşım geliştirmiştir. Elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşündüğü için, boşlukta bu bağlamın gerçekleşemeyeceğini ifade etmiştir. Görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Bu bağlamda Van de Graaff jeneratörünün üzerine ilk kısımda nötr iletken folyolar, ikinci kısımda ise nötr yalıtkan kağıtlar bırakacağız ve jeneratörü çalıştıracağız. Sence bir etkileşim olur mu?
>
> K12: *Yine jeneratörün etrafında elektrik alan oluşur. Az önceki bağlamda nötr yalıtkan bebek vardı. Onun saçları kalkmaz dedim. Şimdi nötr yalıtkan kağıt var. Hımm… Ona da etki etmemesi lazım. Onu da öylece durur.*
>
> A: Peki deneyi mi boşlukta yapsam bir değişim olur muydu?
>
> K12: *Tabii. Yine alan oluşmazdı. Öylece dururdu.*
>
> A: Peki iletkenlerde bir değişiklik olur mu?
>
> K12: *Onu da videodaki kızın saçları gibi düşünsem... O da itilir yukarı. İnsan saçı gibi. O da iletkendi değil mi bir düşüneyim. Hımm... Evet evet aynen. Ama şimdi düşününce , onun serbest elektronu fazla. O yüzden yukarı itilir.*
>
> A: Jeneratörün folyoları neden iteceğini düşünüyorsun?
>
> K12: İşte kuvvet oluşacak yine.

K12 diğer bağlamda olduğu gibi, bu bağlamda da havasız ortamda elektrik alan meydana gelmeyeceğini düşündüğü için, MDM'ye sahiptir.

K14 ilk bağlamda olduğu gibi, tutarlı bir şekilde bu bağlamı da MDM' yi kullanarak ifade etmiştir. Elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç duyulduğunu düşündüğü için, öncelikle Van de Graaff jeneratöründe olduğu gibi her bağlamı bu modelle açıklamıştır. Görüşmeden bir alıntı aşağıda verilmiştir:

> A: İkinci bağlamımızda ise bu kez Van de Graaff jeneratörünün üzerine ilk aşamada nötr iletken alüminyum folyolar ve ikinci aşamada nötr yalıtkan kağıtlar bırakacağız ve jeneratörü çalıştıracağız. Sence her iki durumda da bir etkileşim gözlemlenir mi?

K14: Nötr kağıtlar ve nötr alüminyum folyolar... Bence her ikisi de *yüklenir ve durur.* Sanırım az önceki bağlamdaki plastik bebekten bir farkı olmayacaktır. Sonuçta o da yalıtkandı, kağıtta yalıtkan.

A: Peki özdeş boyuttaki kağıtlar ve folyolar aynı büyüklükte mi yüklenir?

K14: *Evet bir fark olmaz. Sonuçta kaynak aynı.*

A: Peki aynı deneyi vakum bir ortamda yapmış olsaydım, değişen bir şey olur muydu?

K14*: Az önce de dediğim gibi, vakumda elektrik alan oluşmaz. O yüzden etkilenmeden dururdu.*

Vakumda elektrik alan oluşmayacağını belirtmiş olan K14, bu bağlamda da MDM'ye sahiptir.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 3, Bağlam 2'den farklı olarak nötr iletken ve yalıtkanların elektrik alan kaynağına temas etmediği durumu incelemektedir. Uygulama öncesi K12, K14, K17 Bağlam 3'ü MDM ile açıklamıştır. Örneğin K12, tıpkı iletken ve yalıtkanların elektrik alan kaynağına temas ettiği durumu MDM ile ifade ettiği gibi, bu maddelerin kaynağa temas etmediği durumu da aynı modelle açıklamıştır. İlgili alıntı şu şekildedir:

A: Üçüncü bağlamda bir yüzeye, küçük parçalara ayrılmış nötr iletken folyolar ve nötr yalıtkan kağıtlar saçıyoruz. Sonra yüne sürtülmüş plastik bir çubuğu yakınlarına getiriyoruz. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?

K12: İletkende serbest elektronlar var. O yüzden onun çubuktan etkilenmesi kolay olacaktır. Sonuçta çubuk yüklü. Elektronları çekecektir kendine. Ama kağıt yalıtkan. Onda serbest elektron yok. O yüzden onu çekemez çubuk.

A: Peki iletkendeki çekme işlemi nasıl gerçekleşiyor?

K12: İşte çubuk yüklü ya... *Elektronları kuvvet sonucu çekiyor.*

A: Bu çekmenin elektrik alanla bir ilişkisi var mıdır?

K12: *Kuvvet onun sayesinde oluşur zaten.*

A: Ben bu deneyi boşlukta yapmış olsaydım, sence yine aynı durum söz konusu olur muydu?

K12: *Hayır.*

K12'nin iletken ve yalıtkan maddeler hakkında sahip olduğu bilimsel olamayan ifadeleri bu bağlamda da kullanmıştır. Bunun yanı sıra boşlukta elektrik alanın oluşmayacağını belirttiği için, MDM'ye sahiptir.

K14 herhangi bir ortamda yüklü plastik çubuğun iletken ve yalıtkan maddeleri çekebileceğini belirtmiş olmasına rağmen, boşlukta bu durumun gerçekleşmeyeceğini ifade etmiştir. Bu nedenle de bu bağlamı MDM ile açıklamıştır. Görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Gelelim üçüncü bağlamımıza. Bu kısımda da bir yüzeye, küçük parçalara ayrılmış nötr iletken folyolar ve nötr yalıtkan kağıtlar saçılmıştır. Ardından yüne sürtülmüş plastik bir çubuk yakınlarına getirilmiştir. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K14: İç yapısında bir değişim olur.
>
> A: Neden?
>
> K14: Çubuk yüne sürtülünce yüklenir. O zaman da etrafında elektrik alan oluşur. Sonra o çubuğu yerdeki kağıt ve folyolara yaklaştırınca onların *iç yapısı etkilenir.*
>
> A: Nasıldır bu etki?
>
> K14: Yerdekiler nötr. Onlara yüklü çubuk yaklaşınca *zıt yükleri kendisine çeker, aynı yükleri uzağa iter.*
>
> A: Bu etkinin gözle görülür bir durumu olur mu?
>
> K14: Yok, sadece içte olur. Gözle göremeyiz bu durumu.
>
> A: Peki aynı deneyi boşlukta yapsam?
>
> K14: *Burada da elektrik alan oluşmaz ve öylece dururlar. Etkileyemez.*

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 iletken sıvıların elektrik alanda bulunma durumunu inceleyen bir bağlamdır. Bu bağlamı ise yalnızca K14 MDM ile açıklamıştır. Elektrik alanın yalnızca bir ortamda oluşacağını ifade ettiği için, her ne kadar bir ortamda sudaki yüklerin kutuplanacağını düşünse de, deney bir vakumda yapılsaydı elektrik alan oluşmayacağı için, kutuplanmanın da gerçekleşmeyeceğini ifade etmiştir. Bağlam 4 ile ilgili görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Bu bağlamımızda çeşmeden ince bir şekilde akan suyun yakınına yüne sürtülmüş plastik çubuğumuzu getiriyoruz. Sence herhangi bir etkileşim olur mu?

K14: Bu da az önceki alüminyum folyo gibidir bence. Su da iletken bir madde. Çubuğun yükleri *aynı ondaki gibi aynı cins yükleri iterken, zıt yükleri çeker. Kutuplar yani.*

A: Peki suda gözle görülür bir değişim gözlemler miyim?

K14: Hayır yalnızca iç yapısında olur.

A: Peki bu sudaki yüklerin itilmesinin ya da çekilmesinin sebebi nedir?

K14: Çubuğun yükleri. İşte onlar alan yaratır. *Sudaki yükler de alana girince sağa sola ayrılırlar.*

A: Üzerlerine bir kuvvet etki eder mi?

K14**:** *Eder ama hareket ettirecek kadar değil.*

A: Peki ben aynı deneyi boşlukta yapsaydım da bu durum gerçekleşir miydi?

K14: *Hayır.*

K14'ün açıklamalarından da görüldüğü gibi, çubuğun herhangi bir ortamda suyu kutuplamasına rağmen, boşlukta bu durumun gerçekleşmeyeceğini belirtmesi, onun MDM'ye sahip olduğunu gösterir.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 5***

Bağlam 5 iletken ve yalıtkan maddelerin kapalı bir yüzey oluşturdukları durumda elektrik alan oluşturma durumlarını incelemektedir. Uygulama öncesinde K12, K14 ve K17 MDM'ye sahip öğretmen adaylarıdır. Örneğin K12 kapalı yüzeyin vakum etkisi yaratacağını düşündüğü için, yüzey kapalı olduğunda telefonun çekmeyeceğini ifade etmiştir. İlgili bir alıntı şu şekildedir:

A: Son bağlamımızda ise çalışır durumdaki cep telefonunu ilk kısımda iletken folyoya, ikinci kısımda ise yalıtkan kağıda sarsam ve ikinci bir telefonla arasam, sence telefonum her iki durumda da çalar mı?

K12: *İkisinde de çalmaz bence. Çünkü telefonu sardığımızda vakum etkisi olur. Telefonun çekmesi için ortamda bir elektrik alana ihtiyaç var sonuçta ki sinyal gitsin. Boşlukta da elektrik alan oluşmayacağı için, sinyal iletilemez. İletkende de yalıtkanda da çekmemesi lazım.*

K14 ise maddeleri sinyal iletilebilirliğine göre kendi zihninde kategorize edip, durumu ona göre değerlendirmiştir. Fakat boşlukta hiçbir maddenin sinyali iletemeyeceğini ifade etmiştir. Görüşmeden alınmış ilgili alıntı şu şekildedir:

A: Beşinci bağlamımızda çalışır durumdaki cep telefonunu ilk kısımda iletken folyoya, ikinci kısımda ise yalıtkan kağıda her yeri kapalı olacak şekilde sarıyorum. Sonra da ikinci bir telefonla arıyorum. Sence telefonum her iki durumda da çalar mı?

K14: *Folyoda çalar... Kağıtta çalmaz.*

A: Neden?

K14: Folyo *iletken yani sinyali iletir. Ama kağıt yalıtkan. Ondan sinyal geçmeyebilir.*

A: Peki deneyimizi vakumda gerçekleştirseydik, sence bir değişim olur muydu?

K14: *Bu sefer iletkende de çekmezdi. Sinyalin ilerleyeceği ortam kalmamış olur.*

K14 iletkenin sinyali iletebileceğini fakat yalıtkanın iletemeyeceğini belirtmesine rağmen, deneyin boşlukta aynı sonucu vermeyeceğini belirttiği için, MDM'ye sahiptir.

Mekanik Dalga Modeli'ne Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının uygulama sonrası MDM ile ifade ettikleri bağlamlara şu şekilde örnekler verilebilir:

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 1***

Yalıtkan bir cismin elektrik alandan etkilendiğinin gösterildiği Bağlam 1'de, Fizik öğretmen adayı bu etkileşimlerin gerçekleşebilmesi için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünüyor ise, bu durumda MDM'ye sahiptir. Uygulama sonrasında K12, K14, K17'nin Bağlam 1'i MDM ile açıkladığı belirlenmiştir. Örnek olarak K12 ile yapılan görüşmeden ilgili bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: İlk deneyimizde Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr plastik bebeğimizi oturtturuyoruz ve jeneratörü çalıştırıyoruz. Aralarında bir etkileşim gerçekleşir mi?

K12: İnsan olsaydı kalkardı ama bebek yalıtkan olduğu için kalkmaz.

A: İnsan olsaydı neden kalkardı?

K12: Elektrik alan saça kuvvet uygulardı.

A: Elektrik alan hangi durumda nasıl kuvvet uygular?

K12: Elektrik alan yüke elektriksel kuvvet uygular.

A: Peki bu bağlamda elektrik alan kaynağı nedir?

K12: Jeneratördür.

A: Peki ben bu deneyi boşlukta yapsam, yine jeneratör elektrik alan oluşturur mu?

K12: Hayır. *Ortam yoksa elektrik alan da yok.*

K12 elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Jeneratörün elektrik alan kaynağı olduğunu bilmesine rağmen, deney boşlukta tekrarlandığında elektrik alan oluşmayacağı belirttiği için MDM'ye sahip olmuştur.

❖ ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 2***

İletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına temas halinde olduğu durumda, maddeler arasındaki farklılığı göstermeyi amaçlayan Bağlam 2'de, eğer öğretmen adayı elektrik alanın oluşabilmesi için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünüyor ise, bağlamı açıklarken MDM'yi kullanıyor demektir. Uygulama sonrasında K12, K14 ve K17 Bağlam 2'yi MDM ile açıklamıştır. K12 ile gerçekleştirilen görüşmeden ilgili bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Bağlam 2'de ise ilk olarak Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr alüminyum folyoları bırakıyoruz ve jeneratörü çalıştırıyoruz. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?

K12: Az önceki mantıkla olur. Nasıl kızın saçları kalmıştı, şimdi de folyolar uçar. Bir farkı yok.

A: Neden uçar peki?

K12: İki cisim birbirine temas edince aynı yükle yüklenir. Burada da her ikisi pozitif yüklenir ve birbirini iterler.

A: Peki ben bu deneyi boşlukta yapsam yine aynı şey olur mu?

K12: *Hayır*.

K12 Bağlam 1'deki açıklamasıyla uyumlu olacak şekilde yine havasız ortamda elektriksel etkileşimlerin olmayacağını dile getirmiştir. Bu nedenle de K12 Bağlam 2'de de MDM'ye sahip olmuştur.

❖ ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 2'de elektrik alana temas halindeki iletken ve yalıtkan maddeleri inceledikten sonra, Bağlam 3'te dış bir elektrik alanda bulunan iletken ve yalıtkan maddeler incelenmektedir. Fakat Fizik öğretmen adayları bu bağlamla ilgili açıklamalarında elektrik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç duyduklarını belirtiyorlar ise bu durumda MDM'ye sahip olurlar. Uygulama

sonrasında K12, K14 ve K17'ün Bağlam 3'ü MDM ile açıkladıkları belirlenmiştir. Örnek olarak K12 ile yapılan görüşmeden bir alıntı verilebilir:

> A: Bu bağlamda ilk olarak çok kısa süre yüne sürttüğümüz plastik çubuğu nötr iletken folyo ve yalıtkan kağıtların üzerinden geçireceğim. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K12: İletkeni çeker, yalıtkanı hareket ettirmez. Serbest elektronları ile alakalı.
>
> A: İletkeni nasıl çeker peki?
>
> K12: Çubuk yüklü olduğu için folyoya kuvvet uygular.
>
> A: Yükler nasıl kuvvet uygular?
>
> K12: Etrafındaki elektrik alan sayesinde.
>
> A: Peki ben bu deneyimi boşlukta yapsam, yine iletkenleri çeker mi?
>
> K12: Çekmez elektrik alan oluşmayacağı için.

K12 Bağlam 3'te çubuk tarafından meydana gelen elektrik alanın boşlukta meydana gelmeyeceğini ifade ettiği için, bu bağlamı MDM kullanarak açıklamıştır.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 iletken sıvının dış bir elektrik alanda bulunduğu durumu inceleyen bir bağlamdır. Fizik öğretmen adayları elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu ifade ettiği durumda, Bağlam 4'ü MDM ile açıklamış olurlar. Uygulama sonrasında K14 Bağlam 3'ü MDM ile açıklamıştır. Görüşmeden ilgili bir alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: Bağlam 4'te çeşmeden ince bir şekilde akan suyun yakınına yüne sürtülmüş plastik çubuğu yaklaştırıyoruz. Sence aralarında herhangi bir etkileşim olur mu?
>
> K14: Çubuk suyu kutuplayacak.
>
> A: Başka bir etkisi olur mu peki?
>
> K14: Nasıl yani?
>
> A: Su hareket eder mi mesela?
>
> K14: Yok hareket olmaz. Yalnızca kutuplar.
>
> A: Bu kutuplama durumunun elektrik alan ile bir ilişkisi var mıdır?
>
> K14: Alan zaten yükleri kutuplar. O ittirir ya da çeker. Ama hareket ettiremez.

A: Peki ben bu deneyimi boşlukta yapsaydım, yine bu kutuplanma durumu meydana gelir miydi?

K14: *Kutuplanmasının nedeni elektrik alan dedim. E o da boşlukta oluşmayacağına göre, demek ki kutuplanmaz.*

K14 yüklü çubuğun iletken suyu kutuplayacağını fakat bu durumun boşlukta gerçekleşmeyeceğini belirtmiştir. Bunun nedenini de boşlukta elektrik alanın meydana gelmemesi olarak açıklamıştır. Bu nedenle de K14 Bağlam 4'ü MDM kullanarak açıklamıştır.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 5***

Bağlam 5'te iletken ve yalıtkan maddelerin kapalı bir yüzey oluşturduğu durum incelenmektedir. Telefon yardımıyla gerçekleştirilen bu bağlamda, telefonun çekmesi için gerekli olan elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünen Fizik öğretmen adayları, bağlamı MDM kullanarak açıklamışlardır. Uygulama sonrasında bu bağlamı MDM kullanarak açıklayan katılımcılar K14 ve K17'dir. K12 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Çalışır durumdaki cep telefonunu ilk kısımda iletken folyoya, ikinci kısımda ise yalıtkan kağıda sarsam ve ikinci bir telefonla arasam, sence yüzeyin içerisindeki telefonum her iki durumda da çalar mı?

K14: Folyo da çalar. Neticede folyo iletken yani elektriği, sinyali iletir.

A: Kağıt?

K14: Kağıdın yalıtkan. Böyle mantık yürütünce o da sinyali geçirmez, yalıtır.

A: Peki ben bu deneyleri boşlukta yapsam, değişen bir şey olur mu?

K14: *O zaman folyo da çekmez. Elektromanyetik dalda boşlukta iletilemez.*

K14, Bağlam 5'i de MDM ile açıklamıştır. Elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç duyduğu düşüncesi, onun tüm bağlamları MDM ile açıklamasına neden olmuştur.

Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM). MBAM, görüşmeler esnasında Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramını ifade ederken bilimsel elementlerin yanı sıra kullandıkları ilgisiz elementten kaynaklı olarak, bilimsel olmayan bir modeldir. Bu model dört tane bilimsel, bir tane de ilgisiz olmak üzere

toplamda beş tane element içermektedir. Bu elementler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Uzaklık
- Elektriksel Etkileşim
- Kutuplanma

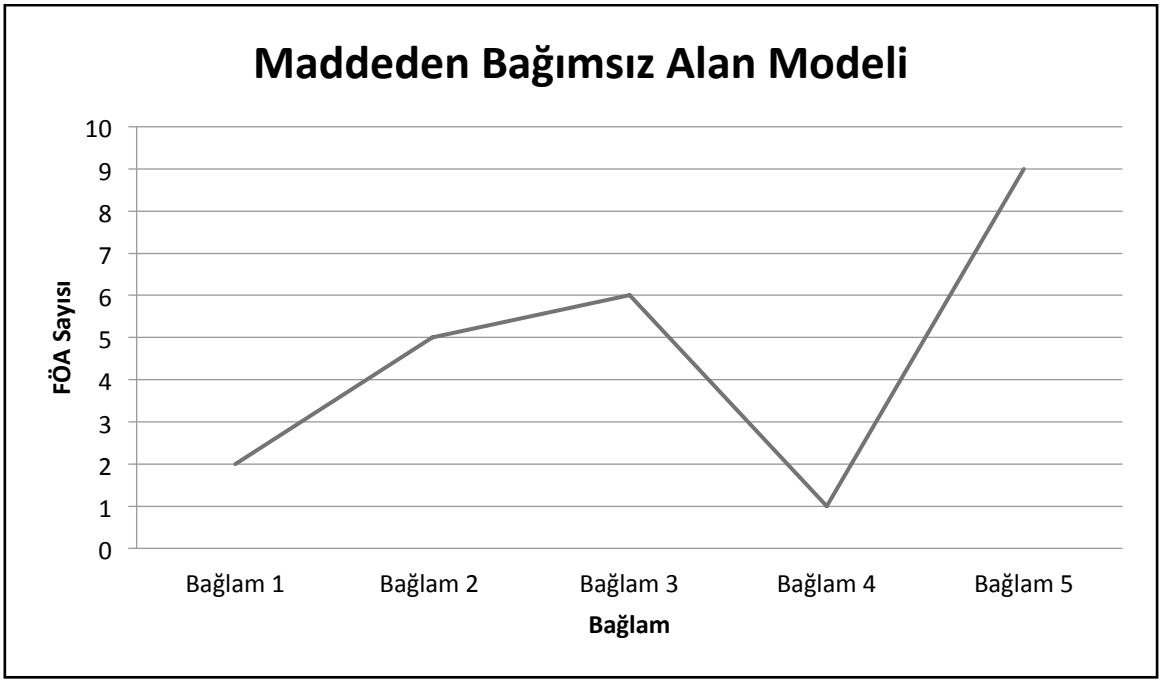
Bilimsel Olmayan Elementler:

- İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası

Bu modelin operasyonel tanımları ise şu şekilde ifade edilebilir:

- Elektrik alan vektörel bir alandır.
- Düzgün olmayan elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.
- Elektrik alanda bulunan deneme yükü üzerine, elektriksel bir kuvvet etki eder. Elektrik alandaki cisim nötr ise kutuplanır ve elektrik alanın kaynağına doğru yönelir.
- İletken ve yalıtkan cisimler yük geçişi açısından aynıdır ya da iletkenler yüklenemez, yalıtkanlar ya da nötr maddeler yüklenemez. Kapalı bir yüzey oluşturduklarında ise yükler her ikisinde de her yere dağılır veya yükler hep dışarda toplanır.

MBAM Fizik öğretmen adaylarının maddelerin iletken ve yalıtkan olma durumlarını tam olarak kavrayamadığı ve bu maddelere ilişkin bilimsel cevaplar veremediği durumdur. Bu duruma uygulama öncesinde en çok beşinci bağlamda rastlanırken, dördüncü bağlamda yalnızca bir öğretmen adayında rastlanmıştır. (Şekil 45)



Şekil 45. Maddeden Bağımsız Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Maddeden Bağımsız Alan Modeli'ne Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının MBAM'yi kullanarak verdiği cevaplar şu şekilde örneklendirilebilir:

- ***Maddeden Bağımsız Alan Modeli-Bağlam 1***

Bağlam 1 yalıtkan maddelerin elektrik alandan etkilenme durumunu inceleyen bir bağlamdır. Maddelerin yapısal farklılıklarını bilimsel olarak ifade edemeyen öğretmen adayları, bağlamları MBAM ile açıklamaktadırlar. Uygulama öncesinde K8'in bu bağlama verdiği cevaplar MBAM'ye örnek olarak gösterilebilir. Görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: Elektrik alan nedir?
>
> K8: *Belli bir q yükünün başka bir yüke ya da bir noktaya etki ettiğinde oluşan alandır.* Yani bir elektrik alan oluşması için, ya bir yüke ya da belli bir noktaya etki etmesi gerekir.
>
> A: Noktasal bir yük yeterli midir o zaman?
>
> K8: Evet.
>
> A: Peki nasıl bir etkidir bu bahsettiğin?
>
> K8: q yükü elektrik alanı oluşturur. Mesela bir nokta seçersem, o noktada bir elektrik alan vardır. *Uzaklaştıkça da yükten gittikçe azalır. Mesela o noktaya başka bir yükte getirebilirim. O zamanda ona kuvvet etki eder işte. Diyelim ki zıt yük getirdik, hemen onu kendisine çeker. Ama aynı cins getirirsek, o zaman iter.*

A: Peki elektrik alan vektörel bir büyüklük müdür yoksa skaler midir?

K8: *Vektörel bir büyüklüktür.* Yönü vardır, büyüklüğü vardır.

***

A: Şimdi ilk bağlamımızla ilgili kısma geçelim. Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr yalıtkan bir bebek oturtsam ve jeneratörü çalıştırsam, sence bir etki gözlemler miyiz?

K8: Normalde iki cisim temas ettiğinde birbirlerine büyüklükleri oranında yük geçişi oluyordu. Ama o maddenin cinsiyle ilgili ne demiştik bir düşünmem lazım. *Yalıtkanın elektriği iletmediğini biliyorum.* Elektrik çarpmalarında da tahtayla müdahale edin deniyor mesela.

A: Peki bu durum ne anlama geliyor sence?

K8: Demek ki jeneratör ne kadar yüklenirse yüklensin yalıtkan bebek yüklenemez.

A: İç yapısında bir değişim olur mu?

K8: Hayır olmaz, *hiç etkilenmez.*

A: Peki bebek iletken olsaydı?

K8*: İletken zaten adından da belli olduğu gibi elektriği iletendir. O yüzden o etkilenirdi.*

A: Nasıl bir değişim gözlemlemeyi beklerdin?

K8: *İç yapısı değişirdi.* Ama mesela ayağımız yere değerse ve biz gidip dokunsak çarpılırız. Saçımız kalkar.

K8 yalıtkanların elektriği iletmediğini düşündüğü için, elektrik alandan da etkilenmeyeceğini ifade etmiştir. İletkenin ise elektrik alan kaynağına temas ettiğinde yalnızca iç yapısının değişeceğini düşünmektedir. Başka bir deyişle, maddelerin cinsine dair bilimsel olmayan bilgilere sahiptir. Plastik bebek yerine iletken bir bebek kullanılsaydı ya da bizler gidip dokunsaydık, o zaman da bebeğin saçlarının elektrik alandan etkilenip kalkacağını belirtmiştir. Yani K8 maddenin cinsiyle alakalı bilimsel olmayan bilgiye sahip olduğu için, MBAM'ye sahiptir.

K22 ise nötr cisimlerin yüklenemeyeceğini düşündüğü için elektrik alanın cisimler üzerine bir etkisinin olamayacağını ifade etmiştir.

A: Elektrik alan nedir?

K22**:** *Noktasal bir yükün etrafında oluşturduğu alandır.*

A: Ben bir ortamda elektrik alanın varlığını nasıl anlarım?

K22: Ortama başka bir yük getirir bakarım. *Yüke elektriksel kuvvet etki ederse, ortamda elektrik alan vardır derim.*

A: Nasıl bir ilişki vardır elektrik alan ve elektriksel kuvvet arasında?

K22: Elektrik alan artarsa, yüke etki eden kuvvette artar.

A: Nasıl bir büyüklüktür peki? Vektörel mi skaler mi?

K22: *Vektöreldir***.**

***

A: Şimdi ilk bağlamımıza geçelim. Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr yalıtkan bir bebek oturtsam ve jeneratörü çalıştırsam, sence bir etki gözlemler miyim?

K22: Gözlemlemem çünkü *nötr cisimler yüklenemez.*

K22 nötr cisimlerin yüklenemeyeceğini ifade ettiği için MBAM'ye sahiptir. Elektrik alan kavramını noktasal bir yükün etrafında oluşan alan olarak tanımlasa da, nötr cisimler hakkında belirtmiş oldukları, onun nötr cisimleri tam olarak anlayamadığını göstermektedir.

❖ ***Maddeden Bağımsız Alan Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2 iletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına temas durumundaki davranışlarını kıyaslayan bir bağlamdır. Maddelerin yapıları arasındaki fark konusunda bilimsellikten uzak bilgilere sahip olan Fizik öğretmen adayları, bu bağlamları MBAM ile açıklamışlardır. Uygulama öncesinde K1, K13, K15, K20 ve K22 Bağlam 2'yi MDM kullanarak açıklamıştır. Örneğin K1 birinci, dördüncü ve beşinci bağlamı Bilimsel Modelle açıklamış olmasına rağmen, ikinci ve üçüncü bağlamı MBAM ile açıklamıştır. Çünkü iletkenler konusunda bilimsel olmayan bilgilere sahiptir. Bağlam 2 ile ilgili bir alıntı şu şekildedir:

A: İkinci bağlamımıza geçelim. İlk aşamasında jeneratörün üzerine iletken nötr iletken alüminyum folyolar ve ikinci aşamasında yalıtkan kağıtlar bıraksam ve jeneratörü çalıştırsam, herhangi bir etki gözlemler miyim?

K1: İletkende bir şey olmaması lazım. Yalnız yalıtkan koyduğumuz zaman harekete geçmesi lazım. *Çünkü sadece yalıtkanlar yüklenebilir.*

A: O zaman jeneratörün üzerine yalıtkan nötr kağıtlar bıraksam, onlar hareket eder mi diyorsun?

K1: Evet. *Kağıt yapraklar pozitif yüklenirler ve yukarı fırlarlar.*

A: Neden fırlarlar?

K1: *Çünkü yalıtkan madde jeneratöre değince aynı yükle yüklenir ve birbirlerini iterler.*

A: Bu itme nasıl meydana gelir?

K1: Kuvvet sayesinde.

A: Peki ortamda bir elektrik alan var mı?

K1: Kuvvet zaten elektrik alan sayesinde oluşur.

K1 bağlamla ilgili olarak yalnızca yalıtkan maddelerin yüklenebileceğini fakat iletkenlerin yüklenemeyeceğini belirtmiştir. Bu nedenle de yalnızca jeneratörün üzerinde bulunan yalıtkanların önce jeneratörle aynı yükle yüklenip, ardından iki aynı yük arasında meydana gelecek elektriksel kuvvet sayesinde fırlayacağını belirtmiştir. Oluşan bu elektriksel kuvvetin kaynağının ise elektrik alan olduğunu belirtmiştir. Başka bir deyişle, K1 maddelerin özellikleri ile ilgili bilimsel olmayan bilgilere sahip olmasına rağmen, yalıtkan maddenin bağlamdaki davranışını bilimsel elementler kullanarak açıklayabilmiştir. Bu da onun MBAM'ye sahip olduğunu gösteren bir durumdur.

K15 insanların yalıtkan olduğunu düşündüğü için, yaşantılarından yola çıkarak maddeler ile ilgili yanlış genellemelere gitmiştir ve bu nedenle de MBAM ile açıklamalar yapmıştır.

A: İkinci bağlamımızda ilk olarak Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr iletken alüminyum folyolar ve ikinci kısımda da nötr yalıtkan kağıtlar bırakıp jeneratörü çalıştırıyoruz. Sence durumda bir değişim gözlemlenir mi?

K15: Mesela *bizler yalıtkanız. Hava çok kuru olduğu zaman üzerimizdeki elektriği atamıyoruz yani yükleniyoruz. Ama iletken olsaydık yüklenmezdik. Demek ki yalıtkanlar yükten yani elektrik alandan etkileniyor, iletkenler etkilenmiyor.*

A: Bu bağlamımız için ne söyleyebiliriz o zaman?

K15: Burada jeneratör yük kaynağı. O da elektrik alan yaratıyor. Pozitif miydi yükü?

A: Evet.

K15: Ama burada temas var. O zaman kağıtlarda büyüklükleri oranında yüklenir. *Onlar da pozitif olurlar. Pozitif pozitifi iter ve uçarlar.*

A: Bu itmenin sebebi nedir?

K15: Kuvvet.

A: Peki bu kuvvetin kaynağı nedir?

K15: Elektrik alan. *Jeneratör alan yaratır. Kağıtlara kuvvet uygular.*

A: Peki iletkenler için durum nasıldır?

K15: *Onlar bu dış yüklerden etkilenmezler. Öylece kalırlar.*

İnsanların yalıtkan olduğunu düşünen K15, buradan yola çıkarak yapmış olduğu yanlış yorumlar nedeniyle maddeler hakkında bilimsel olmayan elementlerle açıklamalarda bulunmuştur. Yani yalıtkanların yüklenip, iletkenlerin yüklenemeyeceğini belirtmiştir. Bu sayede elektrik alan kaynağına temas halinde olan yalıtkanların jeneratörle aynı yükle yüklenip, fırlayacağını ifade etmiştir. Daha ayrıntılı bir ifadeyle, elektrik alanda bulunan yüklerin üzerine elektriksel kuvvet uygulanması sonucunda yukarıya fırlayacağını dile getirmiştir. Bu ifadeleri ise K15'in bu bağlamı MBAM ile açıkladığını göstermektedir.

- ***Maddeden Bağımsız Alan Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 3 iletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına temas halinde olduğu durumu incelemektedir. Uygulama öncesinde K1, K13, K15, K19, K20 ve K22 Bağlam 3'ü MDM kullanarak açıklamıştır. Fakat K1 ve K15 iletken ve yalıtkanlar hakkında bilimsel bilgiye sahip olmadıkları için, tıpkı Bağlam 2 de olduğu gibi, bu bağlamda da tutarlı bir şekilde MBAM ile açıklama yapmışlardır.

> A: Peki, boş bir zemin üzerinde bir miktar küçük parçalara ayrılmış nötr iletken alüminyum folyolar ve nötr yalıtkan kağıtlar olsun. Yüne sürtülmüş plastik çubuğu bu maddelerin yakınına getirsem, sence onlara etki edebilir mi?
>
> K1: *İletkenleri çekmez sadece yalıtkanlar çekilir. Çünkü yalıtkanlar yüklenir, iletkenler yüklenemez.*
>
> A: Yalıtkanları nasıl çeker?
>
> K1: Hımm... *Kutuplanma ile çekebilir. Yüne sürtünce çubuk negatif yüklenir. Plastik çubuğu yüksüz herhangi bir cisme yaklaştırdığımız zaman, kutuplanmış olur. Negatif çubuktan dolayı cisimdeki pozitif yükleri çeker. Negatifler de tam tersine gitmiş olur. Pozitif ile negatif arasında elektrik alan oluşur. Bir kuvvet meydana gelir ve çekme işlemi olur. Pozitif yük çubuğa daha yakın olduğu için, ona etkiyen kuvvet daha büyük olur.*
>
> A: Çubuk ve kağıt arasında nasıl bir alan oluşur?
>
> K1: Çubuk negatif. Bu durumda *kağıdın pozitif ucundan, çubuğa doğru bir alan oluşur.*
>
> A: Elektrik alanın büyüklüğü her noktada aynı mıdır?
>
> K1: Hayır. *Yükten uzaklaştıkça azalır.* Mesela çubuğu kağıttan uzaklaştırsak, o zaman kağıdın üzerine daha az kuvvet uygulanır.
>
> A: Peki iletkenler neden yüklenemez?
>
> K1: *Onların yüklenme özelliği yoktur.*

Yalnızca yalıtkanların yükleneceğini düşünen K1, diğer bağlamlarda olduğu gibi bu bağlamda da tutarlı açıklamalarda bulunmuştur. Yüne sürtülen çubuğun yerdeki nötr yalıtkanları kutuplayacağını ve bu sayede net kuvvetin çubuğa doğru olacağını belirten K1, çubuğun iletkenler üzerinde herhangi bir etkisinin olmayacağını ifadelerine eklemiştir. Bağlamı bilimsel olarak açıklamaya çalışmasına rağmen, maddelerin cinsleriyle ilgili bilimsel olmayan bilgiye sahip olduğu için, K1 MBAM'ne sahiptir.

K15'in Bağlam 3 ile ilgili verdiği cevaplar şu şekildedir:

> A: Gelelim üçüncü bağlamımıza. Küçük parçalara ayrılmış nötr iletken alüminyum folyoları ve nötr yalıtkan kağıtları bir zemin üzerine bırakıyorum ve yüne sürttüğüm plastik çubuğu yakınına yaklaştırıyorum. Sence bir etkileşim gözlemler miyim?
>
> K15: *Bence yalıtkanları çeker, iletkenleri etki etmez.*
>
> A: Neden?
>
> K15: Az önceki bağlamımızda da söyledim. *Yalıtkanlar elektrik alandan etkileniyor, iletkenler etkilenmiyor.* O yüzden de yüklü çubuk kağıtları çeker, folyolara etki etmez.
>
> A: Peki yalıtkanları çekme işlemi nasıl gerçekleşir?
>
> K15: Çubuk yüne sürtülünce negatif yüklenir, yün de pozitif yüklenir. Biz negatif yüklü çubuğu yerdekilere yaklaştırınca, yalıtkan elektrik alandan etkilenir. Bu *sefer içindeki pozitif yükler çubuğa doğru kayar. Negatif pozitifi çeker ve kağıtlar çekilir.*
>
> A: Peki kağıttaki negatifler de itilmez mi?
>
> K15: İtilir ama onlar uzak olduğu için daha az itilir. *Net kuvvet çubuğadır.*

Yalıtkanların elektrik alandan etkilenmesine rağmen iletkenlerin etkilenmeyeceğini düşünen K15, nötr yalıtkanların dış bir elektrik alan sayesinde kutuplanacağını ifade etmiştir. Bu kutuplanmanın ise kağıtların çubuğa doğru çekilmesine neden olacağına, çünkü oluşan net kuvvetin çubuğa doğru olduğuna ifadelerinde yer vermiştir. Bu açıklamaları incelendiğinde, K15'in MBAM'ye sahip olduğu görülmektedir.

❖ ***Maddeden Bağımsız Alan Modeli-Bağlam 4***

İletken sıvının dış bir manyetik alanda bulunduğu durumun incelendiği Bağlam 4'ü yalnızca K13 MBAM ile açıklamıştır. Görüşmeden ilgili alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: Bu bağlamımızda çeşmeden ince bir şekilde akan suyun yakınına yüne sürtülmüş plastik çubuğumuzu yaklaştırıyoruz. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K13: Biraz düşünmek istiyorum çünkü sıvıları daha önce hiç görmemiştim. Bence sıvılar yüklü çubuktan etkilenmez. Yalnızca katılar etkilenir.
>
> A: Neden etkilenmez sence?
>
> K13: *Yani moleküller sürekli hareketli. Katıdaki gibi sabit olsun ki elektrik alandan etkilensin.*

K13 ile gerçekleştirilen görüşmeden de anlaşılacağı gibi, sıvıdaki moleküllerin hareketli olmasından dolayı elektrik alandan etkilenmeyeceğini düşünmektedir. Diğer bir ifadeyle sıvı maddelerin iletkenlik özelliğini net olarak kavrayamamıştır. Bu nedenle de Bağlam 4'ü MBAM ile açıklamıştır.

❖ ***Maddeden Bağımsız Alan Modeli-Bağlam 5***

Bağlam 5 kapalı iletken ve yalıtkan maddelerin etrafında oluşan elektrik alanı inceleyen bir bağlamdır. İletken ve yalıtkanlar kapalı bir yüzey oluşturduklarında özel durumlara sahip olurlar. Maddelerin özellikleri hakkında bilimsel olmayan bilgilere sahip katılımcılar, bu bağlamı MBAM ile açıklamaktadırlar. Uygulama öncesinde K2, K7, K8, K9, K10, K13, K18, K19, K20 ve K22 Bağlam 5'i MBAM ile açıklamıştır. K7 ile yapılan görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Yüklü iletken bir küreyi düşünecek olursan, yükler bu kürenin neresinde bulunur?
>
> K7: Dış kısımda pozitifler, iç kısımda negatifler bulunur.
>
> A: Peki ortamda bir elektrik alan var mıdır?
>
> K7: Pozitiften negatife vardır.
>
> A: Peki kürem yalıtkan olsaydı nasıl olurdu?

K7: Onun serbest elektronu yok. O yüzden yüklenemez ama iletken dediğim gibi. Dışı pozitif, içi negatif olur.

***

A: Şimdi ise son bağlamımızdan bahsedelim. Çalışır durumdaki bir telefonun tüm yüzeyini iletken alüminyum folyo ile kaplasam ve ikinci bir telefon yardımıyla folyo içerisindeki telefonu arasam, sence telefonum çalar mı? Neden?

K7: Değişik bir soru. *Sanki çalarmış gibi.* Çünkü sonuçta iletken. Yani elektriği iletecek ve telefonda çalacak.

A: Elektrik nasıl iletilir?

K7: Yüklerle iletilir. *İletkende de serbest elektronlar her yerde olduğu için,* sinyal kolaylıkla iletilir.

A: Peki alüminyum folyo yerine yalıtkan kağıt ile kaplasaydım, sence telefon yine çeker miydi?

K7: Yok bu defa çekmezdi. Az önceki mantıkla gidecek olursam, bu defa *serbest elektron yok. Sinyal nasıl iletilsin? Yo yo iletim olmaz. O yüzden de telefon çekmez.*

Kapalı iletken yüzeylerde pozitif yüklerin yüzeyin dış kısmında, negatif yüklerin yüzeyin iç kısmında toplanacağını düşünen K7, yalıtkanların serbest elektronları olmamasından dolayı yüklenemeyeceğini düşünmektedir. Buradan yola çıkarak Bağlam 5 ile ilişkili de iletkenin serbest elektronlarından dolayı her zaman çekeceğini, yalıtkanların ise benzer mantıkla serbest elektronları olmamasından dolayı çekmeyeceğini belirtmiştir. Maddelerin kapalı yüze oluşturma durumundaki yapısal özellikleri hakkında bilimsel olmayan ifadelerde bulunması, K7'nin MBAM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

K18 de Bağlam 5 ile ilgili MBAM'ye sahiptir. Yapılan görüşmelerden bu durum açıkça anlaşılmaktadır. İlgili kısımdan bir alıntı şu şekildedir:

A: Yüklü iletken bir küreyi düşünecek olursan, yükler bu kürenin neresinde bulunur?

K18: Dağılırlar.

A: Nasıl dağılırlar?

K18: Her yerine eşit olarak dağılırlar.

A: Peki kürem yalıtkan olsaydı nasıl olurdu?

K18: Şimdi yalıtkanda serbest elektron olmadığını biliyorum. O yüzden o yüklenemez.

***

A: Beşinci bağlamımız iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada çalışır durumdaki bir telefonun tüm yüzeyini iletken alüminyum folyo ile kaplanır ve ikinci bir telefon yardımıyla folyo içerisindeki telefon aranır. Sence telefon çalar mı? Neden?

K18: Telefon çalar mı...? Şimdi yüzey kapalı**.** *Kapalı yüzeyde iletkende her yerde yük vardı, öyle biliyorum. Her yerde yük varsa da etkileşim olur. Sinyal telefona gelir ve içerdeki telefon çalar.*

A: İletkende çalar diyorsun. Peki ben yüzeyi yalıtkan kağıt ile kaplamış olsaydım, o zaman da yine yüzeyin içerisindeki telefon çalar mıydı?

K18: Hımm... Yalıtkanda işler değişir tabii... *Yalıtkan yüklenemez yani nötrdür.* Nötr cisimler sinyal iletebilir mi bir düşüneyim...

A: Sinyal iletimi için yük mü gerekli?

K18: Evet. *Yalıtkan yüksüz olduğu için, telefon çalmaz diyorum.*

Kapalı bir yüzey oluşturan iletken kürede yüklerin yüzeye eşit olarak dağılacağını belirten K18, yalıtkanlarda serbest elektron bulunmayacağı için onların yüklenemeyeceğini ifade etmiştir. Tıpkı bu ifadelerinde olduğu gibi, ilerleyen kısımlarda da bilimsel olmayan açıklamalarda bulunmuştur. İletken yüzeyin her noktasında yük olduğunu ifade eden K18, bu nedenle de iletken yüzeye sarılı telefonun çalacağını, hiçbir zaman yüklenemeyeceğini düşündüğü yalıtkan yüzeye sarılı telefonun ise çalmayacağını ifade etmiştir. Yani bu bağlamı MBAM ile açıklamıştır.

Maddeden Bağımsız Alan Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrasında bu modeli kullanan Fizik öğretmen adayı bulunmamaktadır. Deney setleri yardımıyla bu modeldeki bilimsel olmayan elementler giderilmiştir.

Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM). KEAM elektrik alan kavramı ile ilgili bilimsel olmayan bir modeldir. Dört tane bilimsel, iki tane de ilgisiz olmak üzere toplamda altı tane element içermektedir. Bu elementler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Yük Büyüklüğü ve Cinsi
- Uzaklık
- Kutuplanma

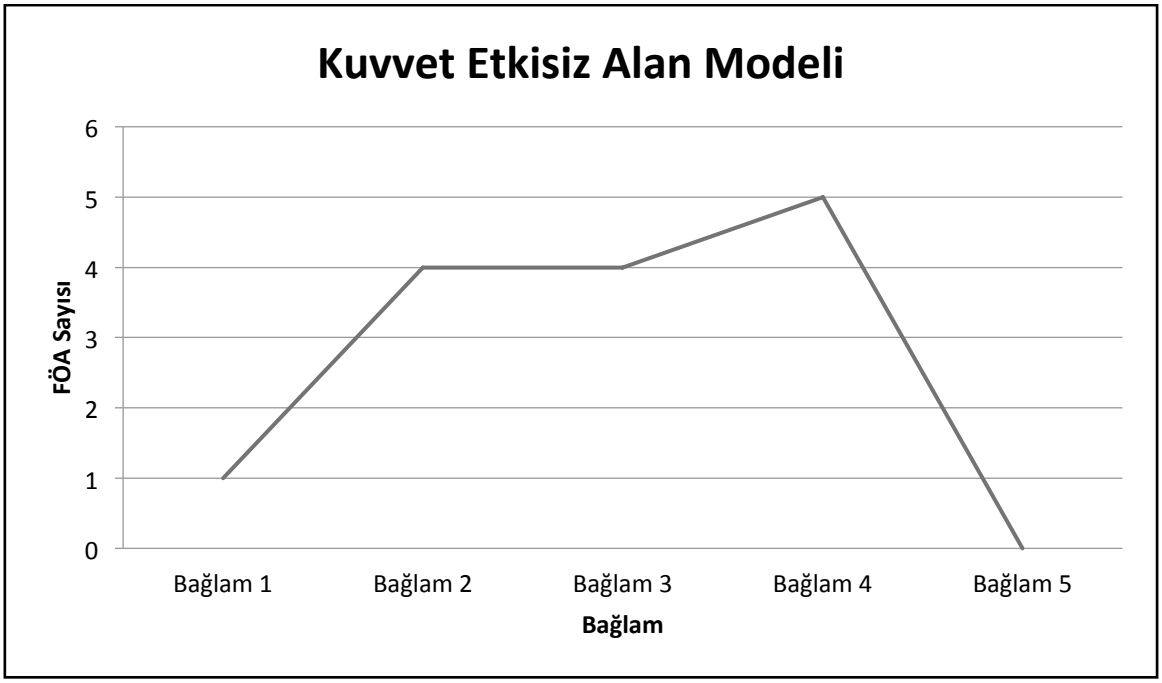
Bilimsel Olmayan Elementler:

- Etkisiz Alan
- İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası

Bu modelde öğrencilerin ifade etmiş oldukları kavramlar; şu şekilde ifade edilebilir:

- Elektrik alan vektörel bir alandır.
- Yükün büyüklüğü ve cinsi, elektrik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- Düzgün olmayan elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.
- Elektrik alanda bulunan deneme yükü üzerine, elektriksel bir kuvvet etki eder. Elektrik alandaki cisim nötr ise elektrik alan tarafından kutuplanır ve üzerine bir kuvvet etki etmediği için ilk durumunu korur.
- Herhangi bir yük elektrik alanda bulunduğu durumda, üzerine bir elektriksel kuvvet etki etmez. Elektrik alan ile elektriksel kuvvet birbirinden bağımsızdırlar.
- İletken ve yalıtkan cisimler yük geçişi açısından aynıdır ya da iletkenler yüklenemez veya yalıtkanlar yüklenemez. Kapalı bir yüzey oluşturduklarında ise yükler her ikisinde de her yere dağılır veya yükler hep dışarda toplanır.

KEAM'nin bağlamlara göre dağılımı Şekil 46 ile verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, bu model uygulama öncesinde en fazla dördüncü bağlamda kullanılmıştır. Bağlam 5'te hiçbir katılımcı tarafından kullanılmazken, Bağlam 1'de yalnızca bir kişi, Bağlam 2 ve Bağlam 3'te dört kişi tarafından kullanılmıştır.



Şekil 46. Kuvvet Etkisiz Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Kuvvet Etkisiz Alan Modeli'ne Ait Uygulama Öncesi Bulgular. KEAM'nin bağlamlara göre kullanım örnekleri aşağıda verilmiştir.

- ***Kuvvet Etkisiz Alan Modeli-Bağlam 1***

Bağlam 1 yalıtkan bir maddenin elektrik alan kaynağına temas durumunda ve yaklaştırıldığında aralarındaki yalıtkan madde ile elektrik alan kaynağı arasındaki etkileşimi inceleyen bir bağlamdır. Fizik öğretmen adaylarından K2 bu bağlamı KEAM ile açıklamıştır. İlgili görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: İlk bağlamımızda Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr plastik bebeğimizi oturtuyoruz ve jeneratörümüzü çalıştırıyoruz. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K2: Jeneratör pozitif mi yükleniyordu?
>
> A: Evet.
>
> K2: Bebek nötr. Jeneratör gittikçe pozitif oluyor. O zaman bebekte gittikçe pozitif yüklenir.
>
> A: Peki bu süreçte bebekte bir değişim gözlemler miyiz?
>
> K2: Pozitif yüklendiğini bakarak anlamamızın imkanı yok.
>
> A: Ortamda elektrik alan var mıdır peki?
>
> K2: Pozitif yükten kaynaklı olarak evet.
>
> A: Elektrik alanın nasıl bir etkisi olur sisteme?

K2: Her ikisinin de pozitif yüklenmesini sağlar.

A: Peki bir elektriksel kuvvet meydana gelir mi?

K2: *Gelmez. Gelse bir hareket olurdu. Bu sistem sabit durur* (EK-A/KEAM-1.).

K2 Bağlam 1'e ilişkin elektrik alanın yalnızca birbirine temas eden cisimlerin aynı yükle yüklenmesini sağladığını belirtmiştir. Fakat pozitif yüklü bebeğin üzerine herhangi bir kuvvet etki etmeyeceğini ifade etmiştir. Yani elektrik alanın başka bir yük üzerine elektriksel kuvvet etkisinin olmayacağını belirtmiştir. Bu ifadelerinde de açıkça anlaşılacağı gibi, K2 Bağlam 1'i KEAM ile açıklamıştır.

❖ ***Kuvvet Etkisiz Alan Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2 iletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına (Van de Graaff jeneratörü) temas ettiği durumu inceleyen bir bağlamdır. Bu bağlamla ilişkili olarak, elektrik alanın oluştuğunu fakat yük üzerine herhangi bir kuvvet etki ettirmediğini düşünen Fizik öğretmen adayları (K2, K8, K9, K16), KEAM'ye sahiptir. Bağlam 2 için K8 ile yapılan görüşme bu modele örnek olarak gösterilebilir. Bu görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Şimdi ikinci bağlamımıza bakalım. Van de Graaff jeneratörünün üzerine düşmemek şartı ile ilk kısımda nötr iletken alüminyum folyolar ve ikinci kısımda ise nötr yalıtkan kağıtlar bıraksam, sence bir etkileşim söz konusu olur mu?

K8: İletken elektriği iletir demiştim. İç yapısı değişir demiştim. Hımm... Şimdi *elektriği ileteceğine göre, o da yüklenecek demektir.*

A: Yüklendikten sonra ne olur?

K8: *Öylece durur üstünde.*

A: Peki ortamda bir elektrik alan var mıdır?

K8: Vardır. *Jeneratör yüklü zaten, ondan dolayı var. Hem de çok fazla var. Şimdi folyolarda yüklendi. Onlardan dolayı da var.*

A: Peki bu elektrik alanların yükler üzerinde bir etkisi var mıdır?

K8: *Üzerine etki eder ama gözle görülür bir şey olmaz.*

A: Folyo üzerine elektriksel kuvvet etki eder mi?

K8: *Etmez. Etse hareket ederdi.*

A: Yalıtkan kağıtlar için ne söyleyebilirim?

K8: *Jeneratörün yalıtkana hiç etkisi olmaz. O elektriği iletemiyor.*

K8 iletken maddeler hakkında bilimsel bilgilere sahip olmasına rağmen, yalıtkan maddelerle ilgili bilimsel olmayan bilgilere sahiptir. Başka bir ifadeyle yalıtkan maddeler ile ilgili açıklamalarında bilimsel olmayan elementler kullanmıştır. Bunun yanı sıra iletken maddelerin elektrik alan kaynağı olan Van de Graaff jeneratörüne temas ettiği durumda ise iletken maddelerin yalnızca yükleneceğini fakat gözle görülür bir değişimin olmayacağını ifade etmiştir. Yani elektrik alanın yükler tarafından oluşturulduğunu fakat elektrik alanın yükün üzerinde herhangi bir elektriksel kuvvetin oluşmasında bir etkisinin olmayacağını ifade etmiştir. Bu nedenle katılımcı bu bağlamı KEAM ile açıklamıştır.

K16 KEAM kullanan bir diğer katılımcıdır. Görüşme esnasında Bağlam 2 ile ilgili açıklamalarından bir alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: Peki, ben jeneratörün üzerine düşmemek şartı ile ilk aşamada nötr iletken ve ikinci aşamada nötr yalıtkan maddeler bıraksam, bir hareket söz konusu olur mu?
>
> K16: *Yüklenirler ve dururlar. İletken ve yalıtkan maddeler elektrik alandan etkilenmezler. Sadece pozitif küreye değdiği için iletken yüklenir. Yalıtkanda o da olmaz.*
>
> A: Elektrik alanın kaynağı burada nedir?
>
> K16: Jeneratördeki pozitif yükler. *Jeneratörden dışarı doğru* oluşur.
>
> A: Peki bu alana giren yükler üzerinde bir kuvvet oluşmaz mı?
>
> K16: Hayır oluşmaz. *Çünkü elektrik alan ve elektriksel kuvvet ilişkili değildir. Sadece elektrik alanda durdukları için, iletken yüklenir.*

K16 iletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alandan etkilenmeyeceğini yalnızca iletken maddelerin yüklenebileceğini ifade etmiştir. Bu yüklenme durumunun ise başka yüklü bir cisme temasıyla gerçekleşeceğini belirtmiştir. İletkenin kendisi yüklendikten sonra, elektrik alan kaynağına temas halinde bulunan yüklü bir cisim olmasına rağmen, K16 iletken üzerine bir kuvvet etki etmeyeceğini belirtmiştir. Elektrik alan ile elektriksel kuvvetin birbirinden bağımsız olduğunu ifade etmiştir. Bu durumda K16'nın bu bağlamı KEAM ile açıkladığının en önemli göstergelerindendir.

❖ ***Kuvvet Etkisiz Alan Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 3 iletken ve yalıtkan maddelerin dış bir elektrik alanda bulunduğu durumu incelemektedir. Elektrik alanın bulunduğu bir ortamda, ikinci bir yük üzerine elektriksel bir kuvvet oluşamayacağını ifade eden katılımcılar (K2, K8, K9, K16) KEAM'ye sahiptirler. Bağlam 3'ü açıklarken K8'in kullanmış olduğu ifadeler, örnek olarak gösterilebilir. Görüşmeden bir alıntı aşağıda verilmiştir.

> A: Üçüncü bağlamımızda bir yüzey üzerinde küçük parçalara ayrılmış nötr iletken alüminyum folyolar ve nötr yalıtkan kağıtlar durmaktadır. Sonrasında ise yakın bir mesafeden yüne sürtülmüş bir plastik çubuk geçirilmektedir. Sence aralarında bir etkileşim meydana gelir mi?
>
> K8: Burada da iletken ve yalıtkan var**.** *Yalıtkanı hiç etkilemez ama iletkeni kutuplar bence.*
>
> A: Neden?
>
> K8: Yalıtkan elektrikten etkilenmiyor zaten. Ama çubuğu yüne sürtünce iletkeni etkiler. Dışardan bir etki var çubuğa. O sanırım negatif yükleniyordu. Değil mi?
>
> A: Evet.
>
> K8: Hıh işte negatif yüklü çubuk iletkene *yaklaşınca onun pozitiflerini kendi tarafına çeker, negatiflerini de uzağa iter. Böylece folyo kutuplanmış olur.*
>
> A: Burada bir elektrik alan meydana gelir mi peki?
>
> K8: Çubukta gelir. Onun alanı sayesinde nötr folyo da kutuplanır işte.
>
> A: Peki bir elektriksel kuvvet meydana gelir mi?
>
> K8: Yok gelmez*. O iki yük karşılaşınca oluşur, ya iterler ya çekerler.*

K8 yalıtkan maddelerin elektrik alandan etkilenmeyeceğini ifade ederken, söz konusu maddenin yalıtkan (plastik çubuk) olduğunda, yüne sürtüldüğü durumda yükleneceğini belirtmiştir. Başka bir deyişle, yalıtkan maddelerin farklı durumlarda farklı özellikler göstereceğini ifade etmiştir. Ancak her ne kadar plastik çubuk yüklense de, yalıtkan maddeyi etkileyemeyeceğini belirtmiştir. Söz konusu iletken madde olduğunda, yüklü yalıtkan çubuğun alüminyum folyoyu etkileyeceğini ve hatta folyonun pozitif yüklerini kendisine çekip, negatif yüklerini ise iteceğini açıklamalarında söylemiştir. Bir başka ifadeyle, folyonun kutuplanacağını belirtmiştir. Yalnız bu kutuplanmanın elektrik alan sayesinde olacağını ve yükler üzerine elektriksel bir kuvvetin etki etmeyeceğini

düşünmektedir. Bu düşünce ise K8'in ifadelerinde KEAM'yi kullandığının açık bir göstergesidir.

K16 Bağlam 2'de olduğu gibi, Bağlam 3'te de KEAM'yi kullanmıştır ve bağlam ile ilgili görüşmelerden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Peki, yüne sürtülmüş yalıtkan bir çubuğum olmuş olsa ve ben bu çubuğu yerdeki nötr yalıtkan ve iletken cisimlere yaklaştırsam bir etki söz konusu olur mu?
>
> K16: Olmaz.
>
> A: Neden?
>
> K16: *İletken madde de, çubuğu yaklaştırdığımda negatif yükler pozitiflere doğru hareket ediyor. Cisimdeki pozitifler diğer tarafa gidiyor. Negatifler gitmek istiyor, diğeri de gelmek istiyor. Onun için zıt yönlü. Kutuplanır yani...*
>
> A: Bir elektriksel kuvvet meydana gelir mi?
>
> K16: *Kuvvetin bir etkisi olmaz. Çubuğun elektrik alanı onları kutuplar.*
>
> A: Peki iletken ve yalıtkanlarda da bu durum aynı mıdır?
>
> K16: Yalıtkanı hiç etkilemez, iletken dediğim gibi olur.

K16, bu bağlamda da tutarlı bir şekilde yalıtkanın elektrik alandan etkilenmeyeceğini fakat, iletkende durumun daha farklı olduğunu belirtmiştir. İletkenin çubuğun oluşturduğu elektrik alanın etkisiyle, kutuplanacağını ifade etmiştir. Başka bir ifadeyle, çubuğun negatif yüklerini folyonun pozitif yüklerini kendisine çekeceğini fakat negatif yüklerini ise iteceğini belirtmiştir. Tüm bu durumun neticesinde, folyo üzerine herhangi bir kuvvetin etki etmeyeceğini belirtmiş olmasından dolayı da, katılımcının KEAM'yi kullandığı açıkça görülmektedir.

- ***Kuvvet Etkisiz Alan Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 iletken bir sıvının dış bir elektrik alanda bulunma durumunda meydana gelen etkilerini inceleyen bir bağlamdır. Bu bağlamda elektrik alanın meydana gelmesine rağmen, yük üzerinde bir elektriksel kuvvet etki etmeyeceğini belirten Fizik öğretmen adayları (K2, K8, K9, K16, K22), KEAM'yi kullanmışlardır. Örneğin ikinci ve üçüncü bağlamı KEAM ile açıklayan K8, bu bağlamı da aynı modelle ifade etmiştir. Söz konusu açıklamalara ait bir alıntı aşağıda verilmiştir.

A: Dördüncü bağlamımızda çeşmeden akan ince bir suyun yakınına yüne sürtülmüş bir plastik çubuk yaklaştırıyoruz. Sence bir etkileşim olur mu?

K8: Su iletken bir maddedir. O yüzden negatif yüklü çubuktan etkilenir diye düşünüyorum.

A: Nasıl bir etkileşim olur aralarında?

K8: Az önceki folyo gibi. Yani *çubuğa doğru pozitifler gelir, uzağa negatifler gider.*

A: Peki suyun görselinde bir değişim söz konusu olur mu?

K8: Yok *o akmasına devam eder aynı şekilde, iç yapısı değişir.*

A: Burada da elektrik alan meydana gelir mi?

K8: Çubuğun etrafında gelir, aynen. O da kutuplar işte suyu.

A: Peki burada elektriksel kuvvet durumu oluşur mu?

K8: *Elektrik alan suyu kutuplar ve öylece akar.*

K8'in kendisinin de yapmış olduğu vurgudan anlaşılacağı gibi, bir önceki bağlamla tutarlı bir şekilde açıklamalarda bulunmuştur. Negatif yüklü yalıtkan çubuğun iletken suyu kutuplayacağını fakat gözle görünen kısmında bir değişim yaratmayacağını belirtmesi, K8'in bağlamı KEAM'yi kullanarak açıkladığının açık bir göstergesidir.

K16 Bağlam 4'ü KEAM ile açıklayan bir diğer katılımcıdır. K16'nın elektrik alanın elektriksel kuvvetten nasıl bağımsız olarak meydana geldiğini açıkladığı bu bağlama dair bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Su molekülünü düşünecek olursak, iç yapısı ile ilgili neler söyleyebilirsin?

K16: Bir bilgim yok.

A: Peki, çeşmeden ince bir şekilde akan ince bir suyum olduğunu düşünelim. Yüne sürtülmüş bir çubuğu, suyun yanına yaklaştırsam, suyla bir etkileşim meydana gelir mi?

K16: Hımm... *Hareket gözlemlemeyiz. Çünkü su bir sıvı ve ben sıvılarda olmaz diye düşünüyorum. Zaten suyun nötr olması lazım. Siz çubuğu yüne sürtünce çubuk negatif olur. Sonra da suya negatif çubuk ile yaklaşacaksınız. Suyun içindeki negatifler uzaklaşacak. Pozitifler yaklaşacak çubuğa. Bir kutuplanma olacak ama bir hareket gözlemlenmeyecek. Sonuçta su nötr. Elektrik alan nötr cisimlere etki edemez çünkü. Sadece kutuplanma olur.*

A: Peki ortamda bir elektrik alan meydana gelir mi?

K16: *Negatif yüklü çubuktan kaynaklı olarak gelir.*

A: Burada bir elektriksel kuvvet söz konusu mu?

K16: Bir elektrik kuvvet söz konusu değildir. Sadece elektrik alan sayesinde bir kutuplanma durumu gerçekleşir.

K16 suyu nötr olarak ele almıştır. Yüklü cisimlerin de nötr cisimlere etki edemeyeceğini düşündüğü için, aralarında yalnızca bir kutuplanma olacağını belirtmiştir. Fakat bu kutuplanmanın da kaynağının elektrik alan olduğunu ifade etmiş ve elektriksel kuvvetin elektrik alanla bir ilişkisinin olmadığını bu bağlamda da tutarlı bir şekilde belirtmiştir. Bu açıklamaları ise kendinin KEAM'ye sahip olduğunun açık bir kanıtı niteliğindedir.

Kuvvet Etkisiz Alan Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrasında KEAM'yi kullanan Fizik öğretmen adayı bulunmamaktadır. Deneyler yardımıyla bu modeldeki bilimsel olmayan elementler giderilmiştir.

Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM). Kuvvet Temelli Alan Modeli, fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramını bilimsel elementlerin yanı sıra, bilimsel olmayan elementler de kullanarak ifade ettikleri bir modeldir. Bu nedenle de, melez bilimsel olmayan bir modeldir. Elektrik alan kavramı ile ilgili olarak; beş tane bilimsel ve iki tane de ilgisiz olmak üzere toplamda yedi tane element içermektedir. Bu elementler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Yük Büyüklüğü ve Cinsi
- Uzaklık
- Elektriksel Etkileşim
- Kutuplanma

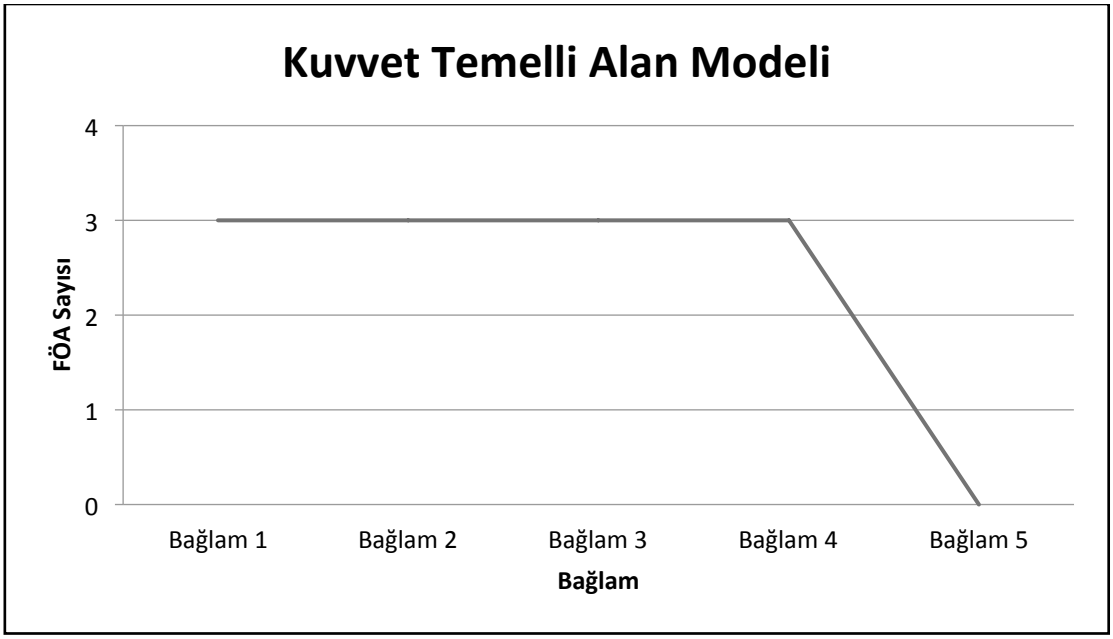
Bilimsel Olmayan Elementler:

- Kuvvetten Doğan Alan
- İletkenlik-Yalıtkanlık Karmaşası

Bu modelde öğretmen adaylarının ifade etmiş oldukları kavramlar; şu şekilde ifade edilebilir:

- ❖ Elektrik alan pozitif yüklerde yükten dışarı, negatif yüklerde ise yüke doğru yönelmiştir.
- ❖ Elektrik alan vektörel bir alandır.
- ❖ Yükün büyüklüğü ve cinsi, elektrik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- ❖ Düzgün olmayan elektrik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.
- ❖ Elektrik alanda bulunan deneme yükü üzerine, elektriksel bir kuvvet etki eder. Elektrik alandaki cisim nötr ise kutuplanır ve elektrik alanın kaynağına doğru yönelir.
- ❖ Elektrik alan elektriksel kuvvet tarafından meydana getirilir. Yani elektriksel kuvvetin meydana gelmesi sonucunda, elektrik alan meydana gelir.
- ❖ İletken ve yalıtkan cisimler yük geçişi açısından aynıdır ya da iletkenler yüklenemez veya yalıtkanlar yüklenemez. Kapalı bir yüzey oluşturduklarında ise yükler her ikisinde de her yere dağılır veya yükler hep dışarda toplanır.

KTAM'nin uygulama öncesi bağlamlara göre dağılımı Şekil 47 ile verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, beşinci bağlamı ifade ederken hiçbir katılımcı tarafından kullanılmazken, diğer bağlamlarda aynı sayıda katılımcının ifadesinde yer almaktadır.



Şekil 47. Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Kuvvet Temelli Alan Modeli'ne Ait Uygulama Öncesi Bulgular. KTAM'nin bağlamlarda kullanım örnekleri aşağıda verilmiştir.

❖ ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 1***

Bağlam 1 yalıtkan bir maddenin elektrik alan kaynağına temas ettiği durumu incelemektedir. KTAM Fizik öğretmen adaylarının (K6, K7, K18) elektrik alan kaynağını elektriksel kuvvet olarak ifade ettikleri bir modeldir. Başka bir ifadeyle katılımcıların elektriksel kuvvetin elektrik alan doğurduğunu ifade ettikleri modeldir. Bu duruma örnek olarak K7 gösterilebilir. Bu modele ait Bağlam 1 ile ilgili bir alıntı şu şekildedir:

A: Elektrik alan nedir?

K7: *Elektrik alan, elektrik yüklerinin kuvveti sonucunda meydana geldiği alandır.*

A: Yani yükler birbirine kuvvet uyguluyor ve bu sayede bir elektrik alan mı meydana geliyor diyorsun?

K7: Evet aynen öyle oluşur.

A: Peki elektrik alan nelere bağlı olarak değişir?

K7: Uzaklığın karesiyle değişir. Sonra... yükle değişir doğru orantılı olarak.

A: Uzaklığın karesiyle nasıl değişir?

K7: Onunla (uzaklıkla) ters orantılı değişir ama yükle doğru orantılı.

A: Elektrik alan nasıl bir büyüklüktür? Skaler mi yoksa vektörel mi?

K7: *Vektöreldir. Yönü vardır, büyüklüğü vardır.*

A: Bir noktaya iki farklı alan etki etse, o noktadaki elektrik alan için ne söyleyebiliriz?

K7: *Toplarım* her ikisini ama yönleri önemli tabi, skaler gibi değil.

***

A: Peki, elektrik alanı kuvvet oluşturur dedin. Nasıl bir ilişki vardır aralarında?

K7: Doğru orantılıdır. *Kuvvet arttıkça alan da artar.*

A: Bunu bize formülle ifade edebilir misin?

K7: Tabii $\vec{F} = \vec{E}q$

***

A: İlk bağlamımıza geçelim o zaman. Van de Graaff jeneratörünün üzerine nötr yalıtkan plastik bebek oturtsam. Çalıştığı durumda, sence bir değişim olur mu?

K7: Bence olmaz.

A: Neden?

K7: Çünkü bebek yalıtkan dediniz. Şimdi benim bildiğim nasıl ki elektrikli suda tahtaya basabiliyoruz, elektriği iletmiyor. Sonuçta tahta da yalıtkan. O zaman bunun da *elektriği iletmemesi lazım.*

A: Öylece durur mu diyorsun yani hiç bir değişim olmadan?

K7: Evet.

A: Peki yanına yaklaştırsam, sence bir değişim olur mu?

K7: Yok yine olmaz.

Yapılan görüşmeden de anlaşılacağı üzere, K7 elektriksel kuvvetin elektrik alan oluşturacağını belirtmiştir. Yani bir yüke kuvvet etkidiği durumda, bir elektrik alan oluşacağını ifade etmiştir. Bu ifadeler, K7'nin Bağlam 1 ile ilgili KTAM'ye sahip olduğuna ışık tutan belirleyici bir durumdur. Bunların yanı sıra, yalıtkan maddelerin yüklenemeyeceğini belirtmiş olması da, onun bilimsel olmayan bilgiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda yalnızca yalıtkan bir madde incelendiğinde, K7 yalıtkan bebekte hiçbir değişim olmadan duracağını belirtmiştir.

K18' de Bağlam 1 ile ilgili açıklamalarında KTAM'yi kullanmıştır. Bu bağlamla ilişkin elektrik alan ile ilgili yapmış olduğu açıklamalardan bir alıntı şu şekildedir:

A: Elektrik alan nedir?

K18: *Elektrik alan deyince aklıma pozitif ve negatif yükler geliyor. Yüklerden dışarıya doğru çıkan alan çizgileri ya da negatif olunca yüke doğru gelen... Ama gerçek değiller tabii...*

A: *Nasıl meydana geliyor peki bu alan? Yüklerle nasıl bir ilişkisi var?*

K18: Elektrik alanın oluşması için elektriksel kuvvete ihtiyaç vardır. Yükler birbirini itiyor ya da çekiyor. Öylece oluşuyor.

A: Nasıl yani?

K18: *Yani etrafta bir elektriksel kuvvet olmalı ki, elektrik alan meydana gelsin.*

A: Elektrik alan nelere bağlı olarak değişebilir?

K18: Formülü düşünüyorum... $\vec{F} = \vec{E}q$ Yani kuvvetle ve deneme yüküyle ilgili ama bir formül daha vardı sanki... O da $\vec{E} = \frac{k\,q}{r^2}$. uzaklıkla ters orantılı aynı zamanda.

***

A: Peki pozitif yüklü Van de Graaff jeneratörünün üzerine yalıtkan nötr bebek oturtsam, sence bir etkileşim olur mu?

K18: Yani *bebek yalıtkan olduğu için etkilenmeyebilir. Aslında bir kuvvet oluşur ama yalıtkanı etkilemez. Üzerindeki iletken bebek olsaydı etkilenirdi.*

A: Peki bir elektrik alan meydana gelir mi?

K18: *Tabii ki. Sonuçta kuvvet oluşuyor. O da alanı oluşturur. Mesela ben bir video izlemiştim. Kızın saçları kalkıyordu. Sonuçta bizler de iletkeniz. O yüzden kalktı. Ama dediğim gibi yalıtkan etkilenmez.*

K18 yük tarafından bir elektriksel kuvvet meydana geleceğini ve oluşan bu kuvvet sonucunda bir elektrik alan meydana geleceğini belirtmiştir. Formül yardımıyla ($\vec{E} = \frac{k\,q}{r^2}$) da oluşan bu elektrik alanın uzaklıkla ve yükle ilişkisini ortaya koymuştur. Fakat yalıtkan maddelerin elektriksel kuvvetten ve bunun bir sonucu olarak da elektrik alandan etkilenmeyeceğini belirtmiş olması, K18'in bağlamı açıklarken KTAM'yi kullandığının açık bir göstergesi olmuştur.

❖ ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2'de elektrik alan kaynağına temas halinde bulunan iletken ve yalıtkan maddelerin davranışları incelenmektedir. Uygulama öncesinde K6, K7, K18 KTAM'yi kullanmıştır. Örneğin K7 ilk bağlamda olduğu gibi, bu bağlamı da KTAM ile açıklamıştır. Elektrik alanın kaynağının elektriksel kuvvet olduğunu düşünüyor olması, aynı modeli buraya da taşımasına neden olmuştur. Bağlam 2'den bir alıntı şu şekildedir:

A: İkinci bağlamımıza geçelim o zaman. Bu kısımda ilk olarak Van de Graaff jeneratörünün üzerine önce nötr iletken alüminyum folyolar daha sonraki aşamada ise nötr yalıtkan kağıtlar bırakıp, jeneratörü çalıştırıyoruz. Sence her iki aşamada da bir değişim gözlemler miyiz?

K7: İlk olarak yalıtkanı düşüneyim... *Onun yüklenmediğini söyledim zaten.* Bebekten bir farkı olmaz. Bu da yüklenmez. Öylece hareketsiz durur.

A: Yapısal anlamda iç kısmında bir değişim olur mu?

K7: Yok olmaz.

A: Peki iletken kağıtlar için ne söyleyebiliriz?

K7: İletkenin elektronları serbest. O bence çabuk etkileşime geçer. Uçar onlar havaya doğru.

A: Neden uçar peki?

K7: *Kuvvetten dolayı. Kuvvet onları yukarı doğru ittirir.*

A: Peki burada elektrik alan var mıdır?

K7: Vardır. *Sonuçta kağıtları uçuran bir kuvvet oluşuyor. Bu kuvvette elektrik alan meydana getirir.*

A: Peki neden itilir kağıtlar?

K7: Jeneratöre temas ediyor. Temastan dolayı da aynı yüklenir. Pozitif de pozitifi iter.

A: Peki ben jeneratörümü daha fazla yüklesem ne olur?

K7: O zaman daha büyük kuvvet olur. Sonuçta *kuvveti oluşturan yük. Daha hızlı itilir.*

K7 bir yüke elektriksel kuvvet etki ettikten sonra, ortamda bir elektrik alan meydana geleceğini belirtmişti ve bu kuvvet sayesinde de iletken folyoların uçacağını ifade etmiştir. Yani onun için folyoların üzerine etkiyen kuvvet, elektrik alandan bağımsızdır. Alan sadece elektriksel kuvvetin oluşması sonucunda meydana gelmiş bir durumdur. Süreçle bir ilişkisi yoktur. Bunun yanı sıra yalıtkan maddelerin hiçbir zaman yüklenemezken, iletkenlerin sahip olduğu elektrik alandan dolayı yüklenebileceğini belirtmiştir. Bu durum onun elektriksel kuvvetten etkilenemeyeceğini düşünmesine neden olmuştur. Tüm bu veriler ise K7'nin KTAM'ye sahip olmasına neden olmuştur.

Bağlam 2 için bir diğer örnek olarak K18 gösterilebilir. Tıpkı birinci bağlamda olduğu gibi, bu bağlamı da KTAM'ye ait elementlerle ifade etmiştir. Bu modele ait bir alıntı şu şekildedir:

A: Şimdi de ikinci bağlamımıza bakalım. İlk olarak Van de Graaff jeneratörünün üzerine önce nötr iletken alüminyum folyolar sonraki aşamada ise nötr yalıtkan kağıtlar bırakıp, jeneratörü çalıştırıyoruz. Her iki aşamada da bir etki gözlenir mi sence?

K18: İletkenim hareket eder, yalıtkan etmez.

A: Neden peki?

K18: *Yalıtkan elektriksel şeylerden etkilenmez. Yüklenemiyor sonuçta. Elektriği iletemiyor. O yüzden o bıraktığımız gibi durur. Ama iletken öyle değil. Onun elektronları serbest. Ondan elektron koparmak da kolay.* O yüzden o jeneratörden etkilenir bence.

A: Nasıl bir etkileşimdir bu?

K18: Yani o jeneratörün üstünde duruyor dedik. Sonra bu jeneratör çalıştı ve ne oldu? Yüklendi pozitif. Pozitifti değil mi?

A: Evet.

K18: İşte ondan sonra, folyo da yüklenir ve onu iter.

A: Folyo hangi yük ile yüklenir?

A18: Pozitif.

A: Peki bu bahsettiğin itmenin sebebi nedir?

K18: *Yükler kuvvet oluşturur ve birbirlerini iterler.*

A: Burada bir elektrik alan oluşur mu?

K18: E tabi. *Kuvvet sonucunda meydana gelir. Kuvvet yok mesela yalıtkanda, elektrik alan da yok.*

K18 ilk bağlamda belirtmiş olduğu yalıtkanların yüklenemeyeceği bilgisini, bu bağlamda da ileri sürmüştür. Vermiş olduğu cevaplar kendi içerisinde tutarlı olmasına karşın, bilimsel değildir. Buna rağmen katılımcı iletken maddeler ile ilgili bilimsel bilgilere sahiptir. Bu sayede de, bağlamla ilişkili bilimsel bilgilerle uyumlu açıklamalar yapabilmiştir. Fakat her ne kadar iletken maddelerin iç yapısına dair bilimsel bilgilere sahip olsa da, elektrik alanın elektriksel kuvvet sonucunda meydana geldiğini belirtmiş olması, onun KTAM'ye sahip olmasına neden olmuştur.

- ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 3 iletken ve yalıtkan maddelerin dış bir elektrik alanda bulunma durumlarını incelemektedir. KTAM'ye sahip katılımcılar (K6, K7, K18), bağlam içerisinde bir elektriksel kuvvet meydana geldiği durumda elektrik alanın meydana geleceğini ifade etmiştir. K7 bu bağlamı da yine KTAM ile açıklamıştır. İlgili alıntı şu şekildedir:

A: Gelelim üçüncü bağlamımıza. Şimdi bu kısımda küçük parçalara ayrılmış nötr iletken alüminyum folyoları ve nötr yalıtkan kağıtları yere rastgele saçıyoruz ve üzerinden yüne sürttüğümüz plastik çubuğumuzu geçiriyoruz. Sence bir değişim söz konusu olur mu?

K7: İletkende hareket gözlemlerim, yalıtkanda gözlemlemem.

A: Neden?

K7: *Yalıtkanlar yüklenemez* demiştim zaten. Burada da aynı durum var.

A: Peki ya iletken?

K7: *İletken yüklenebilir.*

A: Peki burada nasıl yüklenir? Bir temas yok sonuçta.

K7: Hımm... Doğru ama burada da pozitifleri kendine çeker. Çubuk negatif olacağı için yine çeker kendine.

A: Folyodaki negatiflere ne oldu?

K7: Onların etkisi olmaz.

A: Burada bir elektrik alan meydana geldi mi?

K7: Yine aynı şekilde, *kuvvet folyoları çektiğine göre bir elektrik alan oluşur.*

K7 iletken maddelerin yakınına bir elektrik alan kaynağı yaklaştırıldığı durumda, iletken maddeleri kendisine doğru çekeceğini belirtmiştir. Bir elektriksel kuvvet oluştuğu içinse, bir elektrik alan meydana geleceğini tekrar bu bağlamda da ifade etmiştir. Fakat yalıtkan maddelerin yüklenemeyeceğini düşünmesi, onun maddelerin yapıları hakkında bilimsel olmayan elementlere sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum K7'nin bu bağlamda da KTAM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

İlk iki bağlamda olduğu gibi, K18 bu bağlamla ilgili sorulara tutarlı bir şekilde KTAM'yi kullanarak cevaplar vermiştir. Vermiş olduğu cevaplardan bir alıntı şu şekildedir:

A: Üçüncü bağlamımızda ise yüne sürtülmüş plastik çubuğu rastgele saçılmış küçük parçalar halindeki nötr iletken alüminyum folyoların ve yalıtkan kağıtların üzerinden geçiriyoruz. Sence bir etki gözlemlenir mi?

K18: *Gözlemlenmez çubuk plastik olduğu için yüklenmez.*

A: Peki yüklü bir çubukla yaklaşmış olsaydım, o zaman ne olurdu?

K18: O zamanda sadece iletkenler hareket ederdi.

A: Nasıl gerçekleşirdi bu hareket?

K18: Yüklü çubuk nötr folyodaki pozitifleri çekerdi. Kuvvet meydana gelirdi.

A: Bu kuvvetin kaynağı nedir?

K18: *Yükler***.**

A: Bu durumda bir elektrik alan meydana geldi mi peki?

K18: Evet gelir yine. Sonuçta az önceki gibi yine kuvvet oluştu.

Yalıtkanların yüklenemeyeceğini her bağlamda dile getiren K18, bu bağlamda elektrik alanın kaynağı olan plastik çubuğun da yalıtkan olmasından dolayı, çubuğun yüklenemeyeceğini ifade etmiştir. Bu nedenle de hem iletkenler hem de yalıtkanlar üzerinde bir etkisinin olmayacağını ifade etmiştir. Fakat yüklenmiş başka bir kaynak sistemin yakınına getirilseydi, iletkenleri hareket

ettirebileceğini belirtmiştir. Bu hareketi sağlayan elektriksel kuvvetin ise elektrik alana kaynaklık edeceğini belirtmiş olması, onun KTAM'ye sahip olduğunun bir kanıtı olmuştur.

❖ ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 iletken sıvıların (su) dış bir elektrik alanda bulunma durumunu inceleyen bir bağlamdır. KTAM'ye sahip katılımcılar, su ve elektrik alan arasında meydana gelen elektriksel kuvvet neticesinde elektrik alan meydana geleceğini belirtmişlerdir. K7 bu bağlamı da KTAM ile açıklamıştır. Görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Dördüncü bağlamımıza geçecek olursak, yüne sürtülen plastik çubuğu çeşmeden çok ince bir şekilde akan suyun yanına yaklaştırırsam, sence bir etkileşim gözlemler miyim?
>
> K7: Biraz düşünmem lazım. Çünkü bu sefer madde sıvı...
>
> A: Sence nasıl bir farklılık gözlemlenebilir?
>
> K7: Sıvı olması etkili ama sıvı da iletken bir madde sonuçta. Katıdan farkı moleküllerinin rahat hareket edebiliyor olması. Aaa.. bak şimdi düşününce aklıma geldi. O zaman kuvvetten daha bile çabuk etkilenir.
>
> A: Nasıl yani?
>
> K7: Tamam şimdi cevap veriyorum. Çubuktaki yükler sudaki pozitifleri çeker. Sonuçta sıvı olduğu için de su hemen çubuğa doğru gelir.
>
> A: Suyun çekilme nedeni nedir?
>
> K7: Kuvvet oluşur yine.
>
> A: Peki elektrik alan?
>
> K7: Ee... tabii *kuvvetten dolayı yine o da meydana gelir.*

K7 iletken sıvıların, iletken katılardan tek farkını madde içerisinde moleküllerin rahat hareket etmesi olarak açıklamıştır. Bu durum sayesinde, iletken sıvıların da elektriksel kuvvetten daha kolay etkilenebileceğini ifade etmiştir. Oluşan bu kuvvet sayesinde, elektrik alan meydana geleceğini belirtmiş olması, onun KTAM'ye sahip olduğunu açık bir göstergesidir.

K18 tutarlı ifadelerini Bağlam 4'te de devam ettirmiş ve elektrik alanın kaynağının elektriksel kuvvet olduğunu burada da belirtmiştir. Bu durumun yer aldığı ifadelerin bir alıntısı aşağıda verilmiştir:

A: Dördüncü bağlamımızda yüne sürtülen plastik çubuğu çeşmeden çok ince bir şekilde akan suyun yanına yaklaştırıyorum. Sence bir etkileşim gözlemler miyim?

K18: Burada da aynı şekilde *yalıtkan çubuk yüklenmeyeceği için,* su üzerinde bir etkisi olmaz.

A: Peki yüklü bir çubuk olsaydı, o zaman bir etkileşim olur muydu?

K18: Olur gibime geliyor. Yani sonuçta suda da atom ve moleküller var. Onlarda yüklü olabiliyor. Yanına başka bir yük yaklaşsa *kutuplanırdı* herhalde.

A: Kutuplanmanın kaynağı ne olurdu?

K18: Yükler arası çekim kuvveti.

A: Bütün yükleri çeker miydi yani?

K18: Yok zıt olanları da iter.

A: Peki bu durumda bir elektrik alan meydana gelir miydi?

K18: *Elektriksel kuvvet mutlaka her zaman her durumda bir elektrik alan yaratır.*

K18 yalıtkan çubuğun yüklenemeyeceğini bu bağlamda da belirtmiştir. Fakat iletken suyun yakınına yüklü bir cismin yaklaştırılması durumunda, suyun kutuplanacağını sözlerine eklemiştir. Bu kutuplanmanın elektriksel kuvvet sayesinde gerçekleşeceğini belirten K18, bu durumunda elektrik alan meydana geleceğini sözlerine eklemiştir. Yapmış olduğu bu açıklamalar ise K18'in bağlamı KTAM ile ifade ettiğini açıkça göstermektedir.

Kuvvet Temelli Alan Modeli'ne Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Fizik Öğretmen adaylarının KTAM ile ilgili uygulama sonrası modellerine ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir:

- ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 1***

Yalıtkan maddelerin elektrik alana temas durumunda, elektrik alan ile etkileşiminin incelendiği Bağlam 1'de Fizik öğretmen adayları elektrik alanın kaynağının elektriksel kuvvet olduğunu belirtiyor ise KTAM'ye sahip olurlar. Uygulama sonrasında K6, K7 ve K18 KTAM'ye sahip öğretmen adaylarıdır. K7 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Van de Graff jeneratörümün üzerine plastik nötr bebeğini bıraksam, sence aralarında bir etkileşim olur mu?

K7: Olmaz.

A: Neden olmaz?

K7: Bebek yalıtkan çünkü.

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K7: İnanamıyorum saçları havaya kalktı.

A: Neden kalkmış olabilir sence?

K7: Demek ki yalıtkan maddeler de elektriği iletiyormuş.

A: Havaya nasıl kalktı?

K7: O zaman şöyle olmuştur. Bebek jeneratörle aynı yüklenmiştir. O zaman da birbirlerine kuvvet uygulamışlardır.

A: Peki ortamda bir elektrik alan var mıdır?

K7: *İşte bu saçları kaldıran kuvvet, elektrik alan meydana getirir.*

K7 ile gerçekleştirilen görüşmeden de anlaşıldığı gibi, öğretmen adayı elektrik alanın iki yük arasında elektrik kuvvet meydana geldikten sonra oluşacağını belirtmiştir. Bu nedenle de Bağlam 1 ile ilgili KTAM modelini sürdürmeye devam etmiştir. Çünkü deney yardımıyla oluşan alan neticesinde elektriksel kuvvetin meydana geldiği gösterilememiştir.

- ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2'de iletken ve yalıtkan maddelerin elektrik alan kaynağına temas ettiği durumda aralarındaki farkın ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Eğer Fizik öğretmen adayı sistemde meydana gelen etkileşim esnasında elektrik alanın elektriksel kuvvet tarafından oluşturduğunu belirtiyor ise bu durumda KTAM'ye sahip olur. Uygulama sonrasında K6, K7 ve K18 KTAM'ye sahip öğretmen adaylarıdır. K7 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıda verilmiştir:

A: Bu kez Van de Graff jeneratörünün üzerine ilk aşamada iletken folyolar, ikinci aşamada yalıtkan kağıtlar bırakıp, jeneratörü çalıştıracağım. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?

K7: Şimdi aslında yalıtkanla etkileşim olmaz demiştim ama gördüm ki oluyor. O zaman hem iletken hem de yalıtkanla etkileşim olacak. Kuvvetten dolayı ikisi de uçar.

A: Nasıl meydana gelir bu kuvvet?

K7: Aynı yüklü cisimler birbirini iter. Burada da jeneratörle folyo ve kağıt aynı yüklenir ve iter onları jeneratör.

A: Elektrik alan?

K7: *Ortamda bir kuvvet oluşuyorsa, o da her zaman elektrik alan meydana getirir.*

K7 Bağlam 2'yi açıklarken elektrik alanı meydana getiren şeyin elektriksel kuvvet olduğunu diğer bağlamda olduğu gibi tutarlı bir şekilde dile getirmiştir. Bu nedenle de K7 Bağlam 2'de de KTAM'ye sahip olmuştur.

❖ ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 3***

Nötr iletken ve yalıtkan maddelerin dış bir elektrik alan ile etkileşiminin incelendiği Bağlam 3'te, eğer katılımcı meydana gelen elektriksel kuvvetin elektrik alan meydana getirdiğini belirtiyor ise bu durumda KTAM'ye sahip olur. Uygulama sonrasında K6, K7 ve K18 KTAM'ye sahip Fizik öğretmen adaylarıdır. Örnek olarak K7 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıda verilmiştir:

> A: Bu bağlamda ise nötr folyoların ile kağıtların üzerinden ilk aşamada çok kısa süre ikinci aşamada ise daha uzun bir süre yüne sürttüğüm plastik çubuğumu geçireceğim. Sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K7: Şimdi yine az önceki durum oldu. Kağıtlarla etkileşim gerçekleşemez demiştim ama şimdi cevabımı değiştiriyorum. İkisini de etkiler. İkisindeki pozitifleri de kendisine çeker çubuk.
>
> A: Bu kuvvette yine elektrik alan meydana getirir mi?
>
> K7: Aynen.

K7 ilk iki bağlamla tutarlı olacak şekilde yine yüklü cisimler arasında meydana gelen elektriksel kuvvetin elektrik alan meydana getirdiğini belirtmiştir. Bu nedenle de KTAM'ye sahip olmuştur.

❖ ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 iletken sıvıların elektrik alan ile etkileşiminin incelendiği bir bağlamdır. Fakat öğretmen adayları bu etkileşim esnasında meydana gelen elektriksel kuvvetin bir elektrik alan meyana getirdiğini düşünüyorlar ise KTAM'ye sahip olurlar. Uygulama sonrasında K6, K7 ve K18 KTAM'ye sahip Fizik öğretmen adaylarıdır. Örnek olarak K7 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: Bağlam 4'te yüne sürttüğüm çubuğumu çeşmeden ince bir şekilde akan suyuma yaklaştırırsam, sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K7: Hemen çubukla su arasında bir elektriksel kuvvet oluşur, katıdan daha hızlı. Sıvı bu sonuçta. Mantık olarak folyoyla aynı ama.

A: Nasıl aynı?

K7: *Çubuktaki negatif yükler sudaki pozitifleri çekecek ve sonuçta da bir elektrik alan oluşacak.*

K7 Bağlam 4'ü de KTAM ile diğer bağlamlarla tutarlı olacak şekilde açıklamıştır.

Fizik Öğretmen Adaylarının Elektrik Alan Konusundaki Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri

Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramı ile ilgili bağlamlara göre uygulama öncesi zihinsel modelleri ve uygulama sonrası zihinsel modelleri Tablo 10 ve Tablo 11'de verilmiştir. Uygulamanın bir buçuk yıl sonrasında ise ulaşılabilen Fizik öğretmen adaylarıyla elektrik alan bağlamlarıyla ilgili tekrar bir görüşme gerçekleştirilmiş ve uygulama sonrası modellerinin kalıcılıkları incelenmiştir. Uygulama sonrası modellerin kalıcılıkları ile ilgili sonuçlar ise Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 10

Katılımcıların Elektrik Alan Konusundaki Uygulama Öncesi Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri

Katılımcılar	Bağlam 1	Bağlam 2	Bağlam 3	Bağlam 4	Bağlam 5
K1	BM	MBAM	MBAM	BM	BM
K2	KEAM	KEAM	KEAM	KEAM	MBAM
K3	MTAM	MTAM	MTAM	MTAM	MTAM
K4	MTAM	MTAM	MTAM	MTAM	CY
K5	MY	MY	MY	MY	MY
K6	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	CY
K7	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	MBAM
K8	MBAM	KEAM	KEAM	KEAM	MBAM
K9	CY	KEAM	KEAM	KEAM	MBAM
K10	MTAM	MTAM	MTAM	MY	MY
K11	MTAM	MTAM	MTAM	MTAM	MY
K12	MDM	MDM	MDM	MY	MDM
K13	BM	MBAM	MBAM	MBAM	MBAM
K14	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K15	BM	MBAM	MBAM	CY	BM

K16	CY	KEAM	KEAM	KEAM	CY
K17	MDM	MDM	MDM	CY	MDM
K18	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	MBAM
K19	MY	MY	MBAM	MY	MBAM
K20	BM	MBAM	MBAM	BM	MBAM
K21	BM	BM	BM	BM	BM
K22	MBAM	MBAM	MBAM	KEAM	MBAM

** CY: Cevap Yok, MY: Model Yok*

Tablo 11

Katılımcıların Elektrik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri

Katılımcılar	Bağlam 1	Bağlam 2	Bağlam 3	Bağlam 4	Bağlam 5
K1	BM	BM	BM	BM	BM
K2	BM	BM	BM	BM	BM
K3	BM	BM	BM	BM	BM
K4	BM	BM	BM	BM	BM
K5	MY	MY	MY	MY	MY
K6	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	CY
K7	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	BM
K8	BM	BM	BM	BM	BM
K9	BM	BM	BM	BM	BM
K10	BM	BM	BM	BM	MY
K11	BM	BM	BM	BM	MY
K12	MDM	MDM	MDM	MY	MY
K13	BM	BM	BM	BM	BM
K14	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K15	BM	BM	BM	BM	BM
K16	BM	BM	BM	BM	BM
K17	MDM	MDM	MDM	CY	MDM
K18	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	BM
K19	MY	BM	BM	BM	MY
K20	BM	BM	BM	BM	BM
K21	BM	BM	BM	BM	BM
K22	BM	BM	BM	BM	BM

** CY: Cevap Yok, MY: Model Yok*

Tablo 12

Katılımcıların Elektrik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerinin Kalıcılıkları

Katılımcılar	Bağlam 1	Bağlam 2	Bağlam 3	Bağlam 4	Bağlam 5
K1	X	X	X	X	X
K2	X	X	X	X	X
K3	BM	BM	BM	BM	BM
K4	BM	BM	BM	BM	BM
K5	MY	MY	MY	MY	MY
K6	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	CY
K7	X	X	X	X	X
K8	BM	BM	BM	BM	BM
K9	BM	BM	BM	BM	BM
K10	BM	BM	BM	BM	MY
K11	BM	BM	BM	BM	MY
K12	MDM	MDM	MDM	MY	MDM
K13	BM	BM	BM	BM	CY
K14	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K15	BM	BM	BM	BM	BM
K16	BM	BM	BM	BM	BM
K17	X	X	X	X	X
K18	KTAM	KTAM	KTAM	KTAM	BM
K19	MY	BM	BM	BM	MY
K20	X	X	X	X	X
K21	X	X	X	X	X
K22	BM	BM	BM	BM	CY

** CY: Cevap Yok, MY: Model Yok, X: Ulaşılamayan Katılımcı*

Modellerin Doğası

Modeller, onu oluşturan elementlerin bilimsel olup olmamasına göre saf veya melez olarak sınıflandırılabilirler (Didiş vd., 2014; Hrepic vd., 2010). Bu çalışma elde edilen modeller elementlerin doğasına göre sınıflandırılarak, saf bilimsel model veya bilimsel olmayan melez model olarak iki farklı şekilde elde edilmiştir. (Tablo 13).

Tablo 13

Modellerin Doğası

Model	Model Yapısındaki Bilimsel Element Sayısı	Model Yapısındaki İlgisiz Element Sayısı	Model Doğası
Bilimsel Model (BM)	10	0	Saf Bilimsel Model
Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM)	6	4	Melez Bilimsel Olmayan Model
Mekanik Dalga Modeli (MDM)	5	2	Melez Bilimsel Olmayan Model
Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM)	4	1	Melez Bilimsel Olmayan Model
Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM)	4	2	Melez Bilimsel Olmayan Model
Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)	5	2	Melez Bilimsel Olmayan Model

Bağlam bağımlı olan zihinsel modellerin, elektrik alan ile ilgili bağlamlarda Fizik öğretmen adayları tarafından kullanılma durumları Tablo 14'de gösterilmiştir.

Tablo 14

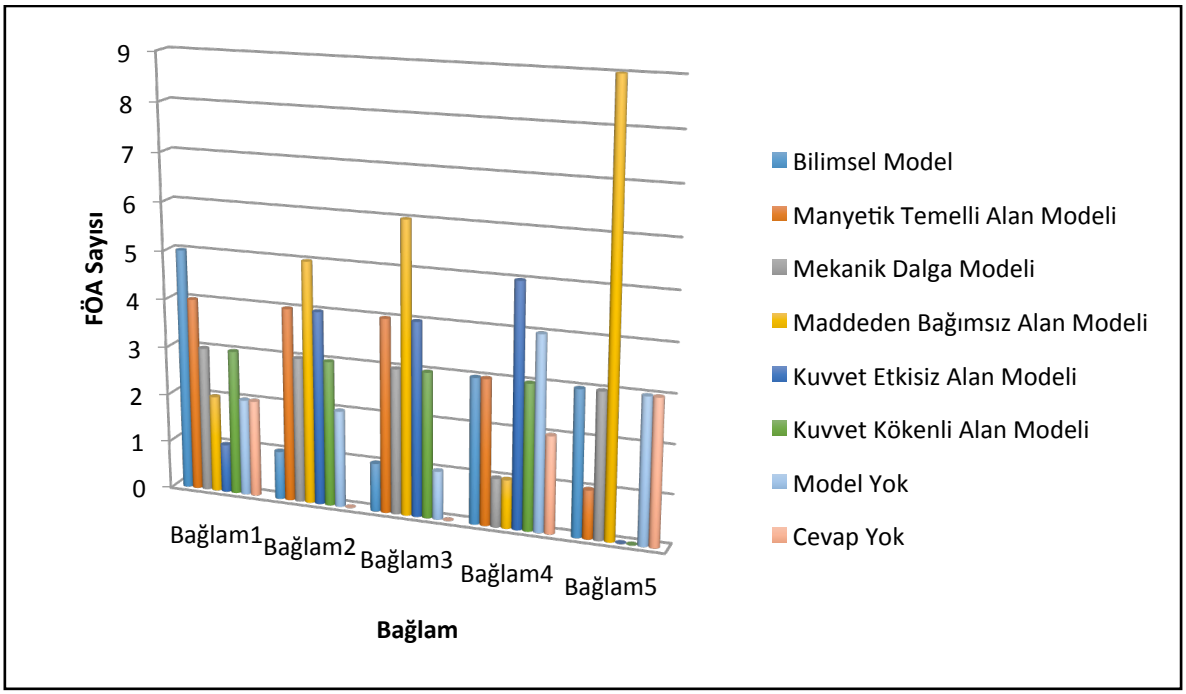
Uygulama Öncesi Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Manyetik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Maddeden Bağımsız Alan Modeli	Kuvvet Etkisiz Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	5	4	3	2	1	3	2	2	22
Bağlam 2	1	4	3	5	4	3	2	0	22
Bağlam 3	1	4	3	6	4	3	1	0	22
Bağlam 4	3	3	1	1	5	3	4	2	22
Bağlam 5	3	1	3	9	0	0	3	3	22
Toplam	13	16	13	23	14	12	12	7	110

Tablo 14'ten de görüleceği gibi, zihinsel modellerin kullanım sıklığı bağlamdan bağlama değişiklik göstermektedir. Örneğin Fizik öğretmen adayları,

- Bilimsel Model'i en fazla Bağlam 1'de
- Manyetik Temelli Alan Model'ini en fazla Bağlam 1-Bağlam 2 ve Bağlam 3'te
- Mekanik Dalga Model'ini en fazla Bağlam 1-Bağlam 2 - Bağlam 3' ve Bağlam 5'te
- Maddeden Bağımsız Alan Model'ini en fazla Bağlam 5'te
- Kuvvet Etkisiz Alan Model'ini en fazla Bağlam 4'te
- Kuvvet Temelli Alan Model'ini en fazla Bağlam 1-Bağlam 2-Bağlam 3 ve Bağlam 4'te kullanmıştır.

En fazla modelin görülmediği bağlam, Bağlam 4 iken, en fazla cevap alınamayan bağlam ise Bağlam 5'tir. Bu durum da zihinsel modellerin bağlam bağımlı olduğunu açıkça göstermektedir. Zihinsel modellerin bağlamlara göre değişimi Şekil 48'de verilmiştir.



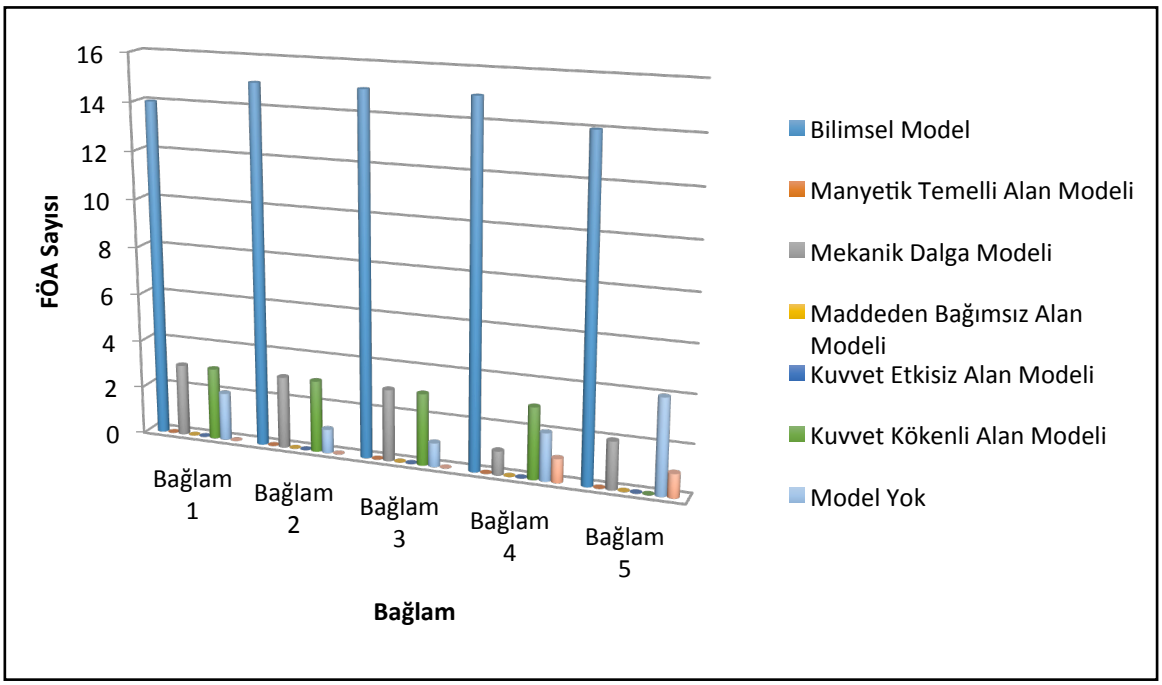
Şekil 48. Uygulama öncesi zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Uygulama sonrası zihinsel modeller ele alındığında, Fizik öğretmen adaylarının bağlamları daha fazla Bilimsel Model ile açıkladıkları görülmüştür (Tablo 15). Bu sonuç, gerçekleştirilen uygulamaların oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle, uygulamalar bilimsel olmayan modellere sahip katılımcıların, uygulama sonrasında bilimsel bir modele sahip olmalarını sağlamıştır. Bilimsel Model'deki bu artışın bir sonucu olarak, bilimsel olmayan pek çok modelin görülme sıklığı da azalmıştır. Fakat Mekanik Dalga Modeli ve Kuvvet Temelli Alan Modeli'nin içerdiği bazı elementleri bağlamlarla bilimsel hale getirmek mümkün olmadığından, o modellerin sayısı neredeyse değişmeden kalmıştır. Bağlamlara göre zihinsel modellerin kullanımı Şekil 49 ile gösterilmiştir.

Tablo 15

Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Manyetik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Maddeden Bağımsız Alan Modeli	Kuvvet Etkisiz Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	14	0	3	0	0	3	2	0	22
Bağlam 2	15	0	3	0	0	3	1	0	22
Bağlam 3	15	0	3	0	0	3	1	0	22
Bağlam 4	15	0	1	0	0	3	2	1	22
Bağlam 5	14	0	2	0	0	0	5	1	22
Toplam	73	0	12	0	0	12	11	2	110



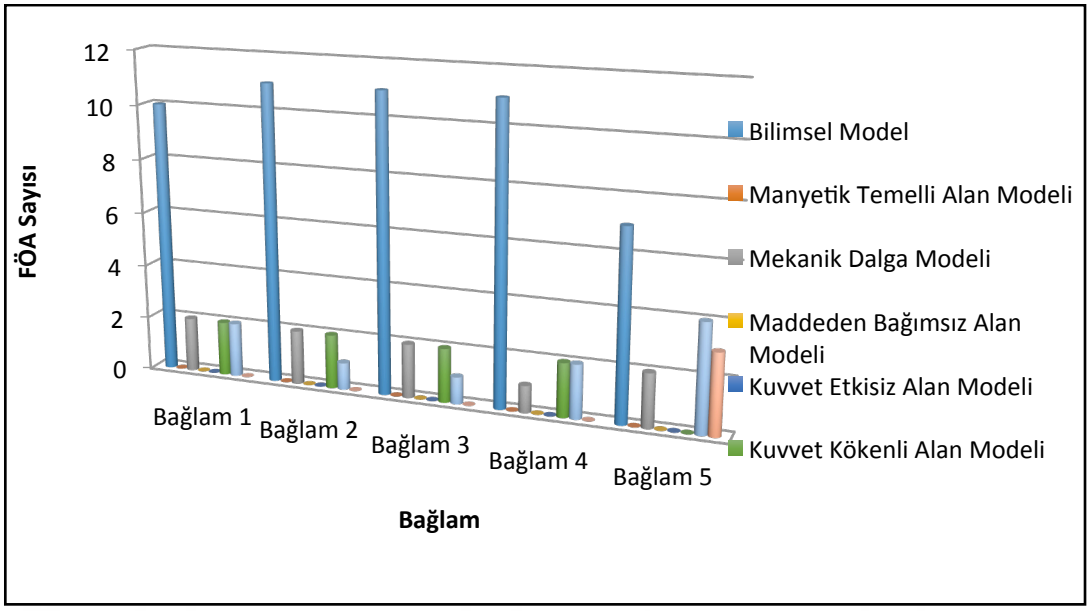
Şekil 49. Uygulama sonrası zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Bir buçuk yıl sonra gerçekleştirilen kalıcılık incelemelerinin sonuçlarına göre, katılımcıların uygulama sonrası zihinsel modellerinin büyük oranda değişmediği görülmüştür. Modellerin kalıcılığı ile ilgili yapılan çalışmaya katılan Fizik öğretmen adaylarının zihinsel modelleri ile bu katılımcıların uygulama sonrası sahip oldukları modeller arasındaki karşılaştırma temel alındığında (Tablo 16 ve Tablo 17), Bilimsel Model'in %94.33 gibi oldukça yüksek bir oranda kalıcı olduğu tespit edilmiştir. Modellerin kalıcılığı ile ilgili çalışmaya katılan Fizik öğretmen adaylarının sahip oldukları modeller ile bu adayların uygulama sonrası sahip oldukları modeller Şekil 50 ve Şekil 51 yardımıyla gösterilmiştir.

Tablo 16

Kalıcılık İncelemelerinde Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Manyetik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Maddeden Bağımsız Alan Modeli	Kuvvet Etkisiz Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	10	0	2	0	0	2	2	0	16
Bağlam 2	11	0	2	0	0	2	1	0	16
Bağlam 3	11	0	2	0	0	2	1	0	16
Bağlam 4	11	0	1	0	0	2	2	0	16
Bağlam 5	7	0	2	0	0	0	4	3	16
Toplam	50	0	9	0	0	8	10	3	80

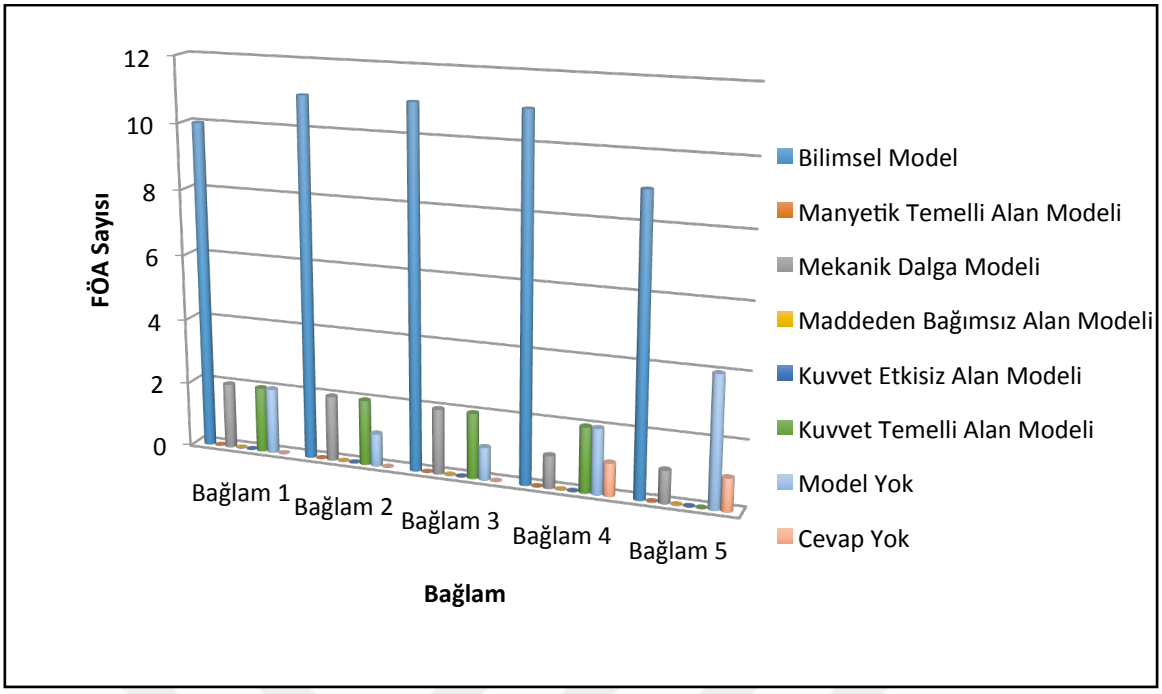


Şekil 50. Kalıcılık incelemelerinde zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Tablo 17

Kalıcılık İncelemesine Katılan Katılımcıların Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Manyetik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Maddeden Bağımsız Alan Modeli	Kuvvet Etkisiz Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	10	0	2	0	0	2	2	0	16
Bağlam 2	11	0	2	0	0	2	1	0	16
Bağlam 3	11	0	2	0	0	2	1	0	16
Bağlam 4	11	0	1	0	0	2	2	1	16
Bağlam 5	9	0	1	0	0	0	5	1	16
Toplam	52	0	8	0	0	8	11	2	80



Şekil 51. Uygulama öncesinde yalnızca kalıcılık incelemelerine katılanların zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Manyetik Alan Bağlamlarına Ait Bulgular

Bu kısımda Fizik öğretmen adaylarıyla manyetik alan kavramı ile ilgili görüşmelerden elde edilen bulgulara yer verilecektir. Katılımcıların manyetik alan kavramına yönelik zihinsel modellerinin uygulama öncesi, uygulama sonrası ve bu modellerin kalıcılığı ile ilgili bulgular ayrıntılı bir şekilde incelenecektir. Fizik öğretmen adayları ile yapılan görüşmelerde kullanılan manyetik alan ile ilgili bağlamlar aşağıdaki gibidir:

- **Bağlam 1:** Mıknatısın Manyetik Alanı
- **Bağlam 2:** Tek Bir Bobinin Manyetik Alanı
- **Bağlam 3:** İkili Bobin Sisteminin Manyetik Alanı (Helmholtz Bobini)
- **Bağlam 4:** İletken Bir Tele Etkiyen Dış Manyetik Alan (Akım Terazisi)
- **Bağlam 5:** Dış Manyetik Alandaki Akım İlmeği (Elektrik Motoru)

Manyetik alan kapsamındaki bu bağlamlarla ilgili olarak, görüşmelerden elde edilen verilerin analizi sonucunda, katılımcıların zihinsel modelleri ve bu modellerle ilişkili elementler incelenmiştir. Bilimsel ya da bilimsel olmayan (ilgisiz) olarak adlandırılan bu elementler, Fizik öğretmen adaylarının bağlamlarla ilgili ifadelerinde tutarlı bir şekilde kullandıkları sözcük gruplarıdır. Manyetik alan kapsamındaki görüşmelerden elde edilen bu elementler ve bu elementlerin oluşturduğu modeller bir sonraki kısımda incelenecektir.

Manyetik Alan Kavramı ile ilgili Zihinsel Model Elementleri

Fizik öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerinin verilerinin analizi neticesinde, manyetik alan kavramı ile ilgili elementler elde edilmiştir. Söz konusu elementler şu şekilde sıralanabilir (Tablo 18):

Tablo 18

Manyetik Alan Kavramı ile ilgili Belirlenen Elementler

Bilimsel Elementler	Bilimsel Olmayan (İlgisiz) Elementler
Manyetik Dipol	Manyetik Monopol
Yalnızca Hareketli Yük	Durgun veya Hareketli Yük
Boşluk veya Ortam	Maddesel Ortam
Kapalı Eğri	Açık Eğri
Vektörel Alan	Öz Alanıyla Etkileşim
Akım Büyüklüğü ve Yönü	Sözde Mekanik Denge
Uzaklık	Kuvvetten Doğan Alan
Manyetik Etkileşim	
Mekanik Denge	

Bilimsel elementler, katılımcıların manyetik alan kavramına yönelik açıklamalarında kullandıkları konuya uygun ve bilimsel olarak kabul edilebilir kelime veya kelime öbeği şeklinde ortaya çıkan ifadelerini kapsamaktadır.

- Manyetik Dipol: Manyetik kutup her zaman manyetik kuzey ve manyetik güney olmak üzere dipol halde bulunur.
- Yalnızca Hareketli Yük: Yalnızca hareket eden yükler manyetik alan meydana getirir.
- Boşluk veya Ortam: Manyetik alanın oluşması için herhangi bir ortama ihtiyaç yoktur. Boşlukta ya da herhangi bir ortamda manyetik alan meydana gelir.
- Kapalı Eğri: Manyetik alan çizgileri kapalı eğriler şeklinde meydana gelir.
- Vektörel Alan: Manyetik alan vektörel bir alandır. Bu nedenle de vektörel olarak toplanabilirlik özelliği vardır.
- Akım Büyüklüğü ve Yönü: Manyetik alanının şiddeti, akımın büyüklüğü ile doğru orantılıdır ve alanın yönü akımın yönüne göre değişir.
- Uzaklık: Düzgün olmayan manyetik alan, uzaklıkla ters orantılı olarak değişir.

- ❖ Manyetik Etkileşim: Aynı cins manyetik kutuplar arasında itme, farklı cins manyetik kutuplar arasında çekme kuvveti oluşur.
- ❖ Mekanik Denge: Cisim üzerine etkiyen bileşke manyetik kuvvetin ve toplam momentin sıfır olduğu durumdur. Mekanik denge bozulduğunda cisim döner.

Bilimsel olmayan (ilgisiz) elementler ise katılımcıların manyetik alan kavramı ile ilgili açıklamalarında, doğru olmayan kullanım ve söylemlerini ifade eden kelime veya kelime gruplarıdır.

- ❖ Manyetik Monopol: Tek bir kutup manyetik alan meydana getirir. Bu yük manyetik kuzey ya da manyetik güney olabilir.
- ❖ Durgun veya Hareketli Yük: Duran ya da hareket eden yükler manyetik alan meydana getirir.
- ❖ Maddesel Ortam: Manyetik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç vardır. Boşlukta manyetik alan meydana gelmez.
- ❖ Açık Eğri: Manyetik alan çizgileri açık eğriler şeklindedir. Bu çizgiler ya yüke doğru ya da yükten dışarı doğru yönelir.
- ❖ Öz Alanıyla Etkileşim: Manyetik alanı oluşturan yük üzerine, bu manyetik alandan dolayı bir kuvvet uygulanır.
- ❖ Sözde Mekanik Denge: Cismin üzerine etkiyen bileşke kuvvetin sıfır olduğu durumda, toplam moment (tork) her zaman sıfırdır. Yani manyetik kuvvetin cismin hangi noktasına etki ettiğinin bir önemi yoktur. Kuvvetler eşitse, cisim hareketsiz kalır.
- ❖ Kuvvetten Doğan Alan: Manyetik alan, elektriksel kuvvet tarafından meydana getirilir.

Fizik öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilen yapı yapılandırılmış görüşmeler neticesinde, yukarıda bahsi geçen elementler elde edilmiştir. Bu elementlerin bağlamlar içinde tutarlı bir şekilde kullanılmasıyla modeller meydana gelir. Yalnızca bilimsel elementlerin kullanılmasıyla ortaya çıkan modeller *saf bilimsel model* olarak adlandırılırken, bilimsel elementlerin yanı sıra bilimsel olmayan elementlerin de kullanıldığı durumlarda ortaya çıkan modellere de *melez bilimsel olmayan model* denilmiştir. Diğer taraftan sadece bilimsel olmayan elementlerin

kullanılmasıyla ortaya çıkan modeller ise *saf bilimsel olmayan model* olarak adlandırılmıştır. Araştırma kapsamında manyetik alan kavramı ile ilgili elde edilen modeller aşağıdaki kısımda sırasıyla verilmiştir.

Manyetik Alan ile ilgili Zihinsel Modeller

Katılımcıların görüşme sorularına vermiş oldukları cevapların ayrıntılı analizleri neticesinde elde edilen manyetik alan ile ilgili zihinsel modeller şu şekilde ifade edilebilir:

- Bilimsel Model (BM)
- Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM)
- Mekanik Dalga Modeli (MDM)
- Açık Eğri Alan Modeli (AEAM)
- Sözde Denge Modeli (SDM)
- Öz-etki Alan Modeli (ÖAM)
- Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)

Manyetik alan kavramı ile ilgili belirlenen bu yedi model, operasyonel tanımlarına göre bilimsel olan ya da hem bilimsel hem de bilimsel olmayan elementlerden meydana gelmektedirler. Bu durum Tablo 19'de ifade edilmiştir.

Tablo 19

Model-Element ilişkisi

Modeller	Bilimsel Elementler									İlgisiz Elementler						
	Manyetik Dipol	Yalnızca Hareketli Yük	Boşluk veya Ortam	Kapalı Eğri	Vektörel Alan	Akım Büyüklüğü ve Yönü	Uzaklık	Manyetik Etkileşim	Mekanik Denge	Manyetik Monopol	Durgun veya Hareketli Yük	Maddesel Ortam	Açık Eğri	Öz Alanıyla Etkileşim	Sözde Mekanik Denge	Kuvvetten Doğan Alan
Bilimsel Model (BM)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM)			✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓			
Mekanik Dalga Modeli (MDM)					✓	✓	✓	✓				✓				
Açık Eğri Alan Modeli (AEAM)					✓	✓							✓			
Sözde Denge Modeli (SDM)					✓	✓		✓							✓	
Öz-Etki Alan Modeli (ÖAM)					✓	✓		✓						✓		
Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)					✓	✓	✓	✓							✓	✓

Bilimsel Model (BM). Fizik öğretmen adayları, bağlamlara ilişkin açıklamalarının tamamını bilimsel elementlerle ifade ettiği durumda, bilimsel modele sahiplerdir. Tüm bu elementler bilimsel olduğu için, model saf bilimsel modeldir. Bu bilimsel elementler aşağıda verilmiştir:

Bilimsel Elementler:

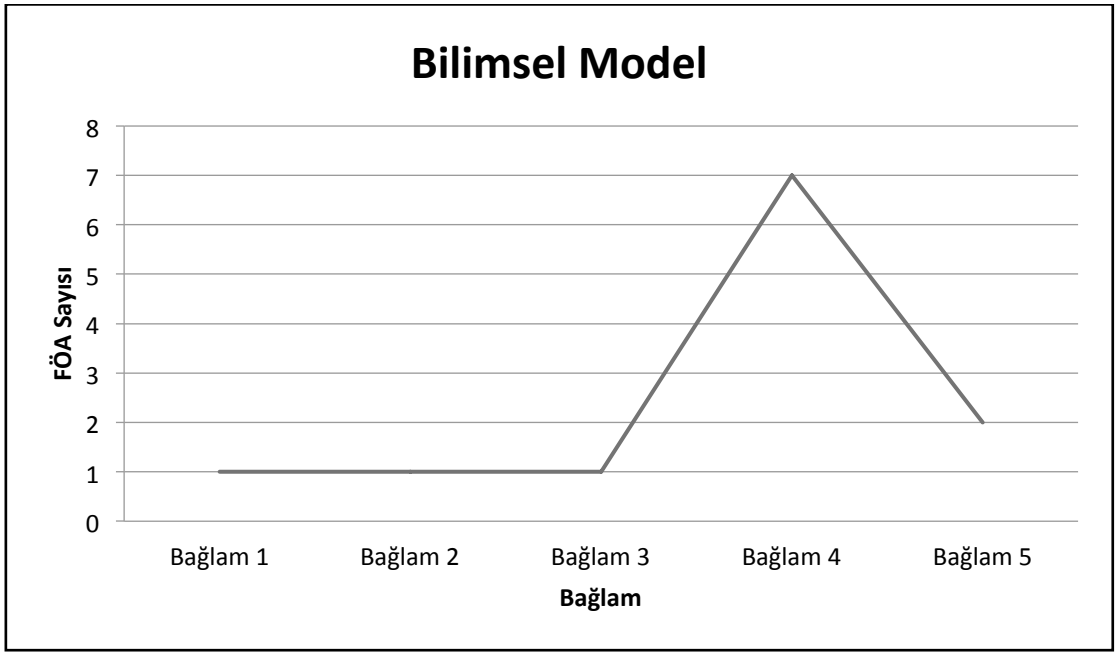
- Manyetik Dipol
- Yalnızca Hareketli Yük
- Boşluk veya Ortam
- Kapalı Eğri
- Vektörel Alan
- Akım Büyüklüğü ve Yönü
- Uzaklık
- Manyetik Etkileşim
- Mekanik Denge

Bu modelin katılımcılar tarafından kullanılan operasyonel tanımları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Kapalı bir eğri oluşturacak şekilde mıknatısın dışında manyetik kuzey kutbundan manyetik güney kutbuna, mıknatısın içerisinde ise tam tersi yönde manyetik alan meydana gelir. Tek başına bir manyetik kutup bulunmaz. Yani manyetik monopol yoktur.
- Boşlukta veya herhangi bir ortamda hareketli noktasal bir yük tarafından manyetik alan oluşturulabilir.
- Manyetik alan vektörel bir alandır ve bu nedenle toplanabilirlik ilkesine uyar.
- Manyetik alanı oluşturan yükün büyüklüğü, cinsi ve hızı manyetik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- Düzgün olmayan manyetik alan uzaklıkla ters orantılıdır.
- Dış manyetik alanda bulunan yükler üzerinde oluşan manyetik kuvvet, yükü çekebilir ya da itebilir.

❖ Cisim üzerine etkiyen bileşke kuvvet ve bileşke moment sıfır olursa, cisim durur. Şayet bu denge bozulursa bir tork meydana gelir ve cisim döner.

Şekil 52'de uygulama öncesi Bağlam-Bilimsel Model ilişkisi verilmiştir. Bilimsel model en fazla dördüncü bağlamda kullanılmıştır. İlk üç bağlamda yalnızca bir kişi tarafından kullanılırken, Bağlam 5'te bu model sadece iki Fizik öğretmen adayında görülmüştür.



Şekil 52. Bilimsel Model-Bağlam ilişkisi.

Bilimsel Model'e Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Bilimsel Modelin öğretmen adayları tarafından ifade ettikleri durumların örnekleri şu şekilde verilebilir:

❖ ***Bilimsel Model-Bağlam 1***

Bağlam 1'de mıknatısların oluşturduğu manyetik alan incelenir. Yarı yapılandırılmış görüşmenin ardından gerçekleştirilen uygulama aşamasında, dikdörtgen şeklindeki demir mıknatısın üzerine kâğıt yerleştirilip, kâğıdın üzerine ise demir tozları saçılır. Böylece manyetik alan çizgilerinin görselleştirilmesi sağlanmış olur. Bu bağlamla ilgili sorulara Fizik öğretmen adayları tamamen bilimsel elementlerle cevaplar verdiklerinde, BM'ye sahip olurlar. Fizik öğretmen adayından yalnızca K1'in Bağlam 1 ile ilgili görüşmesi bu modele örnek verilebilir. K1 ile yapılan görüşmeden bir alıntı aşağıda verilmiştir:

A: “Manyetik alan” kavramı sana ne ifade ediyor?

K1: Elektrik alan gibi onu da göremiyoruz. *Vektörel bir büyüklüktür. Manyetik alanın yalnız etkilerinden yola çıkabiliriz. Hareket eden bir yük etrafında manyetik alan oluşturulur.*

A: Peki manyetik alan kaynağı başka neler olabilir?

K1: Prensip olarak sadece *hareket neden yük oluşturabilir ama mıknatısta oluşturabilir. Kuzey ve güney kutupları vardır. Manyetik alan üç boyutludur ve kuzeyden güneye doğrudur.*

A: Mıknatısın içerisinde herhangi bir manyetik alan var mıdır?

K1: Mıknatısın içerisine mikro bakarsak, *elektronlar* vardır. Onlar belli bir hizaya girerler hepsinin dönme yönü sırayladır. Hepsi bir birbirine etki ederek komple mıknatıs oluşturur.

A: Peki manyetik alan mıknatısın içerisinde de devam ediyor mu? Yoksa kuzey kutbundan başlayıp güney kutbunda bitiyor mu?

K1: *İçerisinde komple devam ediyor.*

A: İçerisinde hangi yöne doğrudur?

K1: Bu defa *güneyden kuzeye doğrudur. Kapalı bir sistemdir. Elektrik alan gibi değil* (EK-B/BM-1.).

Manyetik alanın vektörel bir büyüklük olduğunu belirten K1, bu alanın hareketli yükler tarafından meydana getirildiğine de ifadesinde yer vermiştir. Bunun yanı sıra mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın da kapalı eğriler şeklinde olduğunu belirtmiştir. Diğer bir ifadeyle, manyetik alanın elektrik alan gibi açık eğriler şeklinde değil, başladığı noktaya geri döneceği şekilde meydana geldiğini belirtmiştir. Açıklamalarında vurgulamış olduğu bu noktalar, bu katılımcının BM’ye sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 2***

Bağlam 2, akım geçen tek bir bobinin meydana getirmiş olduğu manyetik alanı inceleyen bir bağlamdır. Diğer bir ifadeyle, bobinin meydana getirmiş olduğu manyetik alanın nelere bağlı olarak değiştiğinin incelendiği bir bağlamdır. Uygulama esnasında farklı özelliklere sahip bobinler karşılaştırılıp, manyetik alan ile ilişkileri gözlemlenmektedir. Bu bağlamla ilgili olarak tüm açıklamalarını bilimsel elementler kullanarak yapan katılımcılar, BM’ye sahip olurlar. Bu modele yalnızca K1 ile yapılan görüşme örnek olarak gösterilebilir. Görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Biraz önce akım geçen bir bobinin manyetik alan oluşturduğundan bahsettin. Biraz açıklayabilir misin?

K1: 3-boyutlu olarak meydana gelir. Yani dışardan içeriye doğru döner.

A: Bobinin etrafında her yerde manyetik alan var mıdır?

K1: *Evet, vardır.*

A: Peki nelere bağlı olarak değişir bu manyetik alan?

K1: *Çapla ilişkilidir.*

A: Nasıldır bu ilişki?

K1: *Mesela bir nokta düşünelim. O noktaya bir küçük çaplı bir de büyük çaplı bobin etki etsin. Çapı küçük olanın etkisi daha fazla olur.*

A: Peki neden?

K1: *Çünkü küçük çaplı da mesafe daha azdır.*

A: Peki başka nelere bağlı olarak değişir?

K1: Akımın yönü ve büyüklüğüyle doğru orantılı, uzaklıkla ters orantılıdır.

A: Bobinin etrafında nasıl bir manyetik alan oluşur?

K1: Sağ el kuralını kullanmamız lazım. Akımın yönü dört parmak, başparmakta manyetik alanın yönü. Böyle sanki elips şeklindedir. Başlangıcı ve bitişi yoktur. Hem içinde hem dışında olur.

A: Her yerde var mıdır manyetik alan?

K1: *Evet vardır. Gittikçe azalır.*

K1 ile gerçekleştirilen görüşme incelendiğinde, Bağlam 2 ile ilgili belirtmiş olduğu ifadelerinin tamamında bilimsel elementler kullandığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle tek bir bobinden oluşmuş sistem ile ilgili açıklamalarının bilimsel bilgilerle örtüştüğü söylenebilir. Manyetik alanın kapalı eğriler şeklinde olduğundan bahsetmiş olması, bunun yanı sıra akımın yönü ve büyüklüğü ile doğru, uzaklıkla ters orantılı olarak değiştiğini ifade etmiş olması, K1'in BM'e sahip olduğunun açık bir göstergesidir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 3***

Bağlam 3 iki tane özdeş bobinin birbirlerine yarıçapları kadar mesafede durduğu durumda, meydana gelen manyetik alanı inceleyen bir bağlamdır. Bu sistem "Helmholtz Bobini" olarak da isimlendirilmektedir. Bu bağlamda iki durum incelenmektedir. İlk durumda bobinlerden aynı yönlü ve eşit büyüklükte, ikinci durumda ise zıt yönlü ve eşit büyüklükte akım aktığı durum incelenmektedir. Yalnızca K1 katılımcısı bu bağlamda da bilimsel model kullanmıştır. K1 bağlamın

tamamında bilimsel elementleri tutarlı bir biçimde kullanarak açıklamalarda bulunmuştur. Görüşmeden yapılan bir alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: Bu bağlamda ise özdeş iki tane bobinimiz var. Bu bobinlerimiz birbirlerinden yarı çapları kadar uzaklıkta duruyor. İlk aşamada aynı yönlü ve eşit büyüklükte, ikinci aşamada ise zıt yönlü ve eşit büyüklükte akımlar uygulanıyor. Nasıl bir etkileşim olmasını beklersin?
>
> K1: Birbirlerine etki ederler. Her noktada her ikisi de etki eder. Her iki durumda da bobinlerin dışında kalan alanlar kendi içinde özdeştir. Yani akım aynı olduğunda birinci ve üçüncü bölgenin değerleri birbiriyle aynı olacak şekilde azalır. Zıt olunca da aynı şekilde.
>
> A: Akımların aynı ve zıt olduğu durumlarda orta bölgedeki manyetik alanın olup olmadığıyla ilgili olarak ne söyleyebilirsin?
>
> K1: *Akım aynı yönlü aktığında tam ortada maksimum olur. Zıt olduğunda da tam orta noktada sıfır olur.*
>
> A: Peki sence yarıçapları kadar mesafede durmalarının bir etkisi oluyor mudur?
>
> K1: *Kesinlikle oluyordur. Mantıken düşündüğümde, birbirlerine yakın duracaklar. Sonuçta ne kadar büyük olursa olsun, yarıçapları kadar mesafe. O zaman orta alandaki alan değişimi çok hissedilmeyebilir. Yani mutlaka orta nokta aynı yönlü akımda en fazladır ama bobinlere doğru gittikçe değişim fazla olmayabilir. Sonuçta manyetik alan vektörel. İkisinin etkisini de toplayınca, çok değişmez aradaki alan.*

Yapılan görüşme ayrıntılı bir şekilde analiz edildiğinde, K1'in eşit büyüklükte fakat aynı ve zıt yönlü akan akımların oluşturduğu manyetik alanları, bilimsel elementler kullanarak ayrıntılı bir şekilde ifade ettiği görülmüştür. Bobinlerin birbirlerinden yarıçapları kadar uzaklıkta bulunmasının, bobinler üzerindeki etkilerini bilimsel olarak yorumlayabilmiştir. Bu nedenle de Bağlam 3'te BM'ye sahiptir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 4***

Bağlam 4 akım geçen bir tele dış bir manyetik alan etkimesi sonucunda meydana gelen kuvvetin nelere bağlı olarak değiştiğini inceleyen bir bağlamdır. Bu durumu gözlemlemek için uygulama esnasında akım terazisi kullanılır. Birbirine paralel şekilde duran özdeş mıknatısların ortasında akım geçen bir tel düzeneği bulunmaktadır. Mıknatısların meydana getirdiği dış manyetik alan nedeniyle tel üzerinde meydana gelen manyetik kuvvet, mıknatısların alt kısmına yerleştirilmiş olan dijital tartı yardımıyla gözlemlenir. Uygulama öncesi görüşmelerde Bağlam 4

ile ilgili soruları yalnızca bilimsel elementlerle ifade eden Fizik öğretmen adayları (K1, K3, K4, K10, K13, K16, K21), BM'ye sahiptirler. Yani açıklamalarının tamamını bilimsel bilgileri kullanarak yapmışlardır. Bağlam 4 için BM'ye örnek bir görüşme olarak, K1'in açıklamaları gösterilebilir. İlgili bir alıntı aşağıdaki gibidir:

K1: Hareket eden yük manyetik alan oluşturur.

A: O zaman hareket eden bir yük çizelim. Bu yük nasıl bir manyetik alan oluşturur?

K1: *Hızına dik bir şekilde dairesel olarak elips gibi bir şeydir. Yine kapalı bir sistemdir.*

A: Yükten uzaklaştıkça, manyetik alanın büyüklüğü için ne söylenebilir?

K1: *Yükten uzaklaştıkça oluşan manyetik alanın büyüklüğünün azalması lazım.*

***

A: Peki bir telden akım geçtiği durumda manyetik alan meydana gelir mi?

K1: Evet meydana gelir. Sağ el kuralı ile manyetik alan bulunur. Her tarafta oluşur ama gittikçe azalır. Başparmak akımı, dört parmak manyetik alanın yönünü gösterir.

A: Peki buradaki manyetik alan nelere bağlıdır?

K1: *Akım ile doğru orantılı olarak değişir. Akımın yönü değişirse de yalnızca yönü değişir manyetik alanın. Uzaklık ile ters orantılıdır.*

A: Telin boyu etkiler mi manyetik alanı?

K1: *Akımı sabit tutarsak telin boyu etkilemez.*

A: Telin cinsi etkiler mi?

K1: *Etkilemez akım önemli.*

A: Boşlukta manyetik alan oluşur mu?

K1: Oluşur**.**

A: Peki akım geçen bir telin dış bir manyetik alanda bulunması bu durumda, telde herhangi bir değişim meydana gelir mi?

K1: Akım geçiyorsa, üzerine bir *manyetik kuvvet etki eder.*

A: Bu manyetik kuvvet nelere bağlıdır?

K1: *Akıma bağlı, dış manyetik alana bağlı, telin uzunluğuna bağlı. Uzunluğu ne kadar büyükse, manyetik kuvvet o kadar büyük olur. Yani hepsiyle doğru orantılı olarak değişir.*

K1 bağlamla ilişkili olarak, manyetik alanın kapalı eğriler şeklinde oluştuğunu, hareketli yüklerin manyetik alan oluşturduğunu ve düzgün olmayan manyetik alanlar için, alanın büyüklüğünün uzaklıkla ters orantılı olduğunu ifade

etmiştir. Dış manyetik alanda bulunan akım geçen telin üzerine etkiyen manyetik alanın üzerine etkiyen manyetik kuvvetin ise sağ el kuralı ile bulunacağını belirtmiştir. Bunların yanı sıra, oluşan bu manyetik kuvvetin de, akımın büyüklüğü, yönü, dış manyetik alanın büyüklüğü ve telin uzunluğu ile doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Tüm bu açıklamaları K1'in BM'ye sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

Bağlam 4 için bir diğer BM örneği ise K3'tür. K3 ile yapılan görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Akım geçen bir tel manyetik alan oluşturur demiştin. Peki şimdi ben bu teli dış bir manyetik alana getirsem, sence aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K3: Olur tabii ki. Nasıl anlatsam?... *Dış manyetik alanın tel üzerinde kuvvet yani manyetik kuvvet etkisi olur.*
>
> A: Nelere bağlıdır bu manyetik kuvvet?
>
> K3: Dış manyetik alan etkiler. *Telin boyu etkiler. Sonra... Akıma bağlıdır. Bir de nasıl durduğu önemlidir yani açı diyebiliriz.*
>
> A: Açının nasıl bir etkisi vardır?
>
> K3: *Tel manyetik alana paralel durursa etki etmez.*
>
> A: En fazla etkiyi ne zaman gösterir?
>
> K3*: Dik dururken. Aslında manyetik akı gibi düşünebiliriz. Yüzeyden ne kadar çok manyetik alan geçerse, o kadar büyük olur.*
>
> A: Peki boşlukta da bu manyetik kuvvet etkisi gözlemlenir mi?
>
> K3: Gözlenir. Ortama ihtiyaç yok.

K3 ile gerçekleştirilen görüşme ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, kendisinin açıklamasında bilimsel elementlere vurgu yaptığı görülmektedir. Dış manyetik alanın bir diğer manyetik alan kaynağı üzerinde yaratmış olduğu manyetik kuvveti, tüm detaylarıyla açıklamıştır. Bu kuvvetin, dış manyetik alanla, telin boyuyla, akımın büyüklüğüyle ve manyetik alan ve tel arasındaki açıyla ilişkili olarak değiştiğini belirtmiştir. İfadelerinde yer alan elementlerin tamamı da bilimsel olduğu için, K3 bu bağlamda BM'ye sahiptir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 5***

Bağlam 5 dış manyetik alanda bulunan dönme ekseni etrafında sabitlenmiş akım geçen dikdörtgen şeklindeki akım halkalarının incelendiği bir bağlamdır. Yani

bir elektrik motoru oluşturulmaktadır. Elektrik motorunun çalışma prensipleri incelenmektedir. Katılımcılar bu bağlamda tellerin hangi durumda hareket edip, hangi durumda sabit kaldığını bilimsel elementler yardımıyla ifade edebildikleri durumda, BM'ye sahip olurlar. Bu modele örnek olarak da K3 ve K16 katılımcısı gösterilebilir. Örneğin K3 ile yapılan görüşmenin ilgili kısmı aşağıdaki gibidir:

> A: Bağlam 5'te dış manyetik alana dikdörtgen şeklinde sarılmış teller ilk kısımda paralel olarak ikinci kısımda ise bir miktar açı verilerek hareket kabiliyetini engellemeyecek şekilde bir noktadan sabitlenmiştir. Dış manyetik alanla teller arasında bir etkileşim olmasını bekler misin?
>
> K3: Şimdi sistemi inceleyecek olursam (elektrik motoruna bakıyor.), ilk durumu bir düşüneyim*. Dış manyetik alan tel üzerinde manyetik kuvvet oluşturur dedim az önce. Burada dört tane kuvvet oluşur ama karşılıklı eşit olurlar. Paralel olursa, bu kuvvetler birbirini götürür ve sabit durur diye düşünüyorum.*
>
> A: İkinci kısım için ne söyleyebiliriz? Yani sisteme açı verirsek ne olur?
>
> K3: *O bizim bildiğimiz elektrik motoru aslında. Elektrik motorları da bu sistemle çalışıyor. Açı verdiğimizde tork meydana gelir ve döner sistem. Tork da nasıl oluşur? İşte şimdi kuvvetleri sağ el kuralıyla hesaplayınca zaten aynı olduklarını buluyorsun ama kuvvetler dengede duramıyor. O zaman da dönüyor.*

K3 ile yapılan görüşme incelendiğinde, dış manyetik alanda bulunan dikdörtgen şeklindeki akım halkalarının ilk durumda sabit bir şekilde durduğunu fakat ikinci durumda dönmeye başladığını belirttiği görülmektedir. Bu iki durum arasındaki farkın ikinci kısımda meydana gelen torktan kaynaklandığını ifade etmektedir. Yani her ne kadar sisteme açı verilmiş olsa da, tellerin üzerine uygulanan kuvvet her iki durumda da eşit olmasına karşın, tellerin açılı bir şekilde durduğu durumda oluşan manyetik kuvvetin etki noktasından dolayı sistemin döneceğini belirtmiştir. Bu sistemin de günlük hayatta kullanılan elektrik motoru olduğuna vurgu yapmıştır. Bu açıklamalarından da K3'ün Bağlam 5'te BM'e sahip olduğu görülmektedir.

Bağlam 5 ile ilgili BM'ye sahip bir diğer Fizik öğretmen adayı ise K16'dır. Bu bağlamla ilgili kendisine yöneltilen tüm sorulara bilimsel elementlerle cevap veren K16'nın görüşmesinden ilgili alıntı şu şekildedir:

A: Bu bağlamımızda ise dikdörtgen şeklindeki tellerin dış manyetik alandaki durumunu inceleyeceğiz. Teller tam ortalarından sabitlenip dış bir manyetik alanda duruyorlar. İlk aşamada manyetik alana paralel, ikinci aşamada ise alana açılı bir şekilde bırakılıyorlar. Aralarında bir etkileşim olmasını bekler misin?

K16: İlk durumun hesaplaması kolay ama ikinci kısım biraz karmaşık duruyor. Akım geçen teller dış bir alanda durduğu için, teller üzerine bir kuvvet etki etmeye başlar. Şimdi sırayla düşüneyim. Sağ el kuralını düşünüyorum. Dikdörtgen olduğu için karşılıklı kuvvetler birbirini yok eder. Söndürür yani. O zaman da hareket olmaz. Kısa kenarlar üzerine etkiyen kuvvetler birbirini, uzun kenarlar üzerine etkiyen kuvvetler ise birbirlerini yok eder. Sonuçta sabit kalır yani.

A: Açılı olan ikinci kısımda ne değişir peki? Neden daha karmaşık olur?

K16: *Çünkü bu kez açı var etki eden. Gerçi manyetik kuvvetlerin büyüklüğü değişmez ama denge sağlanmaz bu sefer. O zaman da dönme ihtiyacı duyar. Tekrar sağ el kuralı uygulasam... Evet manyetik kuvvet değişmiyor ama açının bir etkisi olacak işte. Denge noktasına etkisi farklı olacak ve dönecek. Tork oluşacak.*

K16'nın Bağlam 5 için yapmış olduğu açıklamalar ayrıntılı olarak analiz edildiğinde, bilimsel elementleri bağlama uygun bir şekilde kullandığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, manyetik kuvvet kavramını, tork kavramını ve bu durumların meydana gelme koşullarını net bir şekilde ifade etmiştir. Bu nedenle de BM'ye sahiptir.

Bilimsel Model'e Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Bilimsel Modelin öğretmen adayları tarafından uygulama sonrasında ifade ettikleri durumların örnekleri şu şekilde verilebilir:

- ***Bilimsel Model-Bağlam 1***

Bağlam 1'de mıknatısın oluşturduğu manyetik alan incelenir. İlk aşamada çubuk mıknatısın üzerine, mıknatısın yüzeyinden oldukça geniş bir kağıt bırakılır. Ardından bu kağıt üzerine demir tozları serpilir ve öğretmen adayından bu gördüğü şekli yorumlaması beklenir. İkinci kısımda ise çubuk mıknatıs ikiye bölünür ve her iki parçanın özelliklerinin katılımcı tarafından ifade edilmesi beklenir. Kendisine yöneltilen tüm sorulara bilimsel elementler kullanarak cevap verenler ise BM'ye sahip olurlar. Örneğin K1 uygulama öncesinde de BM'ye sahip bir tek katılımcı idi. Uygulama sonrasında ise Bağlam 1'i yine BM kullanarak açıklamıştır. Yapılan görüşmeden ilgili bir alıntı şu şekildedir:

A: Şimdi mıknatısımızın üzerine demir tozlarımızı serpelim. Oluşan bu şekil *için ne söyleyebilirsin?*

K1: Demir tozları bize manyetik alanın şeklini gösterdi. Bir kutuptan diğerine doğru gittiğini gösterdi.

A: Peki bu manyetik alan bir kutupta başlayıp, diğerinde bitti mi?

K1: *Hayır bitmez. İçerisinde de devam eder. Ama tabi burada içini görmemiz mümkün değil. Sadece dış kısmını görebiliyoruz*.

A: Manyetik alanın yönü için ne söyleyebiliriz?

K1: Manyetik kuzey kutbundan, manyetik güney kutbuna doğrudur.

A: Aynı kutupları birbirine yaklaştırsam, sence aralarında bir etkileşim olur mu?

K1: *Aynı kutuplar iter, zıt kutuplar çeker.*

A: Peki bu kutupları mıknatısı ikiye bölüp ayırt edebilir miyiz?

K1: *Hayır. Tek kutup bulunmaz. Her zaman iki kutupludur manyetik alan.*

A: Şimdi elimizdeki mıknatısı ikiye ayırıp bakalım. Acaba bölmüş olduğumuz mıknatısın her iki tarafını da diğer mıknatısa yaklaştırdığımızda, aynı kutupların birbirini ittiğini zıt kutupların birbirini çektiğini görebilecek miyiz?

K1: Evet görüyoruz. *Dediğim gibi tek kutup olamaz. Bölünce de manyetik güneyle kuzey oluştu.*

İlgili görüşme incelendiğinde K1'in uygulama sonrasındaki açıklamalarında da bilimsel elementleri kullandığı görülmüştür. Örneğin manyetik alanın manyetik kuzey ve manyetik güney olmak üzere iki kutuptan oluştuğunu ve kapalı eğriler şeklinde oluştuğunu ifade etmiştir. Bunun yanı sıra mıknatıs ne kadar bölünürse bölünsün, her zaman manyetik dipol olacağını belirtmiştir. Bu ve benzeri ifadelerinden de açıkça görüldüğü üzere, kendisi Bağlam 1 ile ilgili olarak uygulama sonrasında da BM'ye sahiptir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 2***

Bağlam 2'de tek bir bobinin meydana getirdiği manyetik alan incelenir. İlk olarak x-eksenindeki, ikinci kısımda y-ekseninde bobinin iç kısmındaki ve üçüncü kısımda ise y-ekseninde bobinin dış kısmındaki manyetik alanın büyüklüğü incelenir. Dördüncü aşamada ise uygulanan akımın yönünün ve büyüklüğünün oluşan manyetik alana etkisine bakılır. Şayet Fizik öğretmen adayı (K1, K2, K3, K4, K9, K10, K13, K15, K16, K18, K20, K21 ve K22), tüm bu aşamalara bilimsel elementler yardımıyla cevap verirse, BM'ye sahip olur. Örneğin K1 uygulama

öncesinde olduğu gibi, uygulama sonrasında da BM'ye sahiptir. Görüşmeden ilgili alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Bu bağlamımızda ilk olarak yere paralel olarak seçilen x-ekseninde, bobinin merkez noktasında ve bobinden rastgele seçilen $+x_1$ ve $-x_2$ mesafelerindeki noktalarda meydana gelen manyetik alanın büyüklüğünü teslametre yardımıyla ölçeceğiz. Manyetik alanın büyüklüğü için ne söyleyebilirsin?

K1: *Manyetik alan bobinden uzaklaştıkça azalır. Bobine yaklaşınca artar. Bu mantıkla düşününce, tam ortada maksimum olur. Dışarlara çıkınca azalır.*

A: Peki manyetik alanın yönü için ne söyleyebiliriz?

K1: *Manyetik alanın yönü, akımın yönüne bağlıdır. Sağ el kuralı var bulmak için. Dört parmak akımı, baş parmak manyetik alanın yönünü gösterir.*

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Evet öyle oldu.

A: Peki y eksenini düşünecek olursak, bobinin iç kısmında en üst noktada, bobinin merkezinde ve bobinin en alt kısmında oluşacak manyetik alan için ne söyleyebilirsin?

K1: *Manyetik alan bobinden uzaklaştıkça azalır dedim. Şimdi y-eksenini düşündüğümde bobinden en uzak nokta orta nokta. O zaman bu sefer en az büyüklük orta noktada olur. Diğer noktalar ise daha fazladır büyüklük olarak. Çünkü bakınca onlar tellere daha yakın.*

A: Manyetik alanın yönü birbirine göre nasıldır?

K1: Üç noktada da aynıdır.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Evet aynı dediğim gibi oldu. Ortada en az, tellere yakın en fazla oldu.

A: Bu aşamada teslametreyi aynı doğrultuda bobinin dış kısmına çıkarıp ölçüm yapsak, sence manyetik alanda bir değişim söz konusu olur mu?

K1: Dışarı çıkınca, yine tellerden uzaklaşıyoruz. *O zaman yine azalmaya başlar.*

A: Yönü için ne söyleyebiliriz?

K1: Bobinin içindeki yönün tersi olur. Çünkü neden? Bobinin etrafında kapalı eğri içerden gelip üstünden dönüp başladığı noktaya gelecek. O zaman teslametrede de eksi görmeyi beklerim.

A: Uygulayalım bakalım.

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Evet yine dediğim gibi oldu. Manyetik alanın yönü döndüğü için eksi çıktı ve uzaklaştıkça da manyetik alan azaldı.

K1 ile yapılan uygulama sonrası görüşme incelendiğinde, BM'ye ait bilimsel elementlere gerekli vurguların yapıldığı görülmektedir. Örneğin manyetik alanın bobin için uzaklıkla ters orantılı olarak değiştiğini ve manyetik alanın kapalı eğriler şeklinde olduğunu belirtmiştir. x-ekseninde manyetik alan merkezde en fazla büyüklüğe sahipken, y eksenin de ise merkezde en düşün büyüklüğe sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu açıklamalarından da açıkça K1'in BM'ye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 3***

Bağlam 3'te ikili bobin sisteminin oluşturduğu manyetik alan incelenmektedir. İlk aşamada sisteme zıt yönlü ve eşit büyüklükte akım uygulanırken, ikinci aşamada ise aynı yönlü ve eşit büyüklükte akımların uygulandığı durum incelenir. Uygulama sonrasında K1, K2, K3, K4, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K13, K15, K16, K18, K19, K20, K21, K22 Bağlam 1'i BM kullanarak açıklamışlardır. Örneğin K1 bu bağlama da uygulama öncesinde olduğu gibi, uygulama sonrasında da BM ile yanıtlar vermiştir. İlgili görüşme aşağıdaki gibidir:

A: Bu bağlamımızda ise birbirlerinden yarıçapları kadar mesafede duran ikili bobin sistemini inceleyeceğiz. İlk aşamada bobinlere aynı büyüklükte ve zıt yönlü akımlar uygulayacağız. Bobinlerin dış kısımlarında ve orta bölgede teslametre ile ölçümler yapacağız. Nasıl değerler okumayı bekliyorsun?

K1: *Manyetik alanın toplanma özelliği vardır. Burada onu uygulamamız lazım. Sağ el kuralını düşünüyorum (Eliyle manyetik alanın yönlerini bulmaya çalışıyor.). Manyetik alanlar zıt yönlü oluşur. O zamanda tam ortada sıfır olması lazım. Çünkü o noktada iki bobinde aynı büyüklükte ama zıt yönde alan oluşturur. Bu da ne demek, toplayınca sıfır olur demek.*

A: Dış kısımlarda ne olmasını beklersin?

K1: O zaman yine bobinden uzaklaştıkça manyetik alan azalır.

A: Her iki bobinden uzaklaşınca, aynı şekilde mi manyetik alan azalır?

K1: Hayır. *Yönleri farklı olduğu için birinde artı işareti olurken, diğerinde eksi işareti olur.*

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Evet öyle oldu. Tam ortada sıfır oldu.

A: Peki akımlarımı aynı yönlü ve eşit büyüklükte uygulasaydım nasıl olurdu?

K1: *Bu kez toplanınca daha büyük olurdu. Yani en büyük aradaki kısım olurdu. Ama şimdi şöyle bir durum var. Dediniz ki arada yarıçapları kadar mesafe var. O zaman şöyle kabaca bir hesaplayacak olsam, ortada sabite yakın denk gelir. Çünkü mesafe az. Ama dışarı çıkınca yine azalmaya başlar. Ama bu kez aynıdır işaretleri. Sonuçta aynı yönlü akım dedik.*

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Evet yine dediğim gibi oldu. Toplanınca en fazla orta bölge oldu.

K1 ile gerçekleştirilen görüşme incelendiğinde, bilimsel elementlere gerekli vurguları yaptığı görülmektedir. Bu da kendisinin BM'ye sahip olduğunun açık bir göstergesidir. Örneğin bobinlerden aynı ve zıt yönlü akımlar geçirildiğindeki durumlar arasındaki benzerlik ve farklılıkları açık bir şekilde ifade edebilmiştir. Manyetik alanın toplanabilirlik yasasını net bir şekilde yorumlayabilmiştir. Bu ve benzeri açıklamaları da, onun bu bağlamı bilimsel olarak açıkladığını net olarak göstermektedir.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 4***

Bağlam 4'te üzerinden akım geçen bir telin, dış manyetik alanda bulunma durumu incelenmektedir. Bu durum için akım terazisi düzeneği kullanılmaktadır. Dış manyetik alanın, akım geçen tel üzerinde oluşturduğu manyetik kuvvetin nelere bağlı olarak değiştiğini bilimsel elementler kullanarak ifade eden Fizik öğretmen adayları, BM'ye sahip olurlar. Uygulama sonrasında K1, K2, K3, K4, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K13, K15, K16, K18, K19, K20, K21, K22 Bağlam 1'i BM kullanarak açıklamışlardır. Bu durumu örnek olarak ise K1 ile yapılan görüşmeden ilgili bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Bağlam 4'te görmüş olduğun bu düzenekle uygulama yapacağız. Özdeş mıknatıslar yardımıyla düzgün bir manyetik alan meydana getirip, akım geçen teli, oluşan bu manyetik alanın tam ortasına yerleştireceğiz. Mıknatıslar dijital tartının üzerinde duracak ve ilk olarak tartının darası alınacak ki onun ağırlığı hesaba katılmamış olsun. İlk aşamada dış manyetik alanın yönü ve büyüklüğü değiştirilecek. Sence tartıda herhangi bir değer okur muyum?

K1: *Dış manyetik alan, akım geçen tel üzerinde manyetik kuvvet oluşturur demiştim. Burada da o olur. Hımm... Ama şimdi önemli olan kuvvetin yönünü bulmak. Akım artıdan eksiye doğrudur. Bu sisteme bakacak olursam, şimdi yine sağ el kuralı yapmama lazım.*

A: Nasıldır bu kural?

K1: Avuç içi kuvvet, dört parmak manyetik alan ve baş parmak akımı gösterir.

A: Hangi yöne doğruymuş manyetik kuvvetin yönü?

K1: Bu durumda aşağı yönde olur. Ama mıknatısları çevirirseniz yukarı doğru olur. Ama bu durumun tartıya nasıl bir etkisi olabilir düşünmem lazım... Acaba oluşan manyetik kuvvetin tartıda bir etkisi olur mu ki? Hımm... Evet olur diyorum. Sonuçta bir kuvvet oluşacak zemin üzerinde. Zeminde de tartı olduğu için bu kuvveti hisseder. Bize bu kuvveti ölçebilir. Ama ters yönde olduğu zaman nasıl olacak? Tartı eksi gösterebilir mi?

A: Evet gösterebiliyor.

K1: Tamam, o zaman da eksi değer okuruz.

A: Peki dış manyetik alanın büyüklüğünü arttırırsam ne olur?

K1: O zamanda manyetik kuvvet artar. Tartının değeri artar.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Manyetik alanın yönünü değiştirince tartıdaki değer işaret değişti. Yani manyetik alanın yönünü değiştirince, manyetik kuvvet değişmiş oldu. Manyetik alanın büyüklüğünü arttırınca da, manyetik kuvvetin arttığını gözlemledik.

A: İkinci aşamamızda ise tele etkiyen akımın yönünü değiştireceğiz. Dijital tartıda nasıl bir değer okumayı beklersin?

K1: Yine sağ el kuralı uygularım. *(Yönünü belirliyor.)* Akımın yönü değişince, manyetik kuvvetin de yönü değişiyor. O zaman tartıdaki değer yine işaret değiştirir.

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Evet beklediğim gibi oldu.

A: Üçüncü aşamamızda ise akım geçen bir tele dış bir manyetik alan uygulanmadığı durumda, tartıda meydana gelecek durumu gözlemleyeceğiz. Bu durumda ne bekliyorsun?

K1: Manyetik kuvvet, yalnızca akım geçen tele dış manyetik alan etkidiğinde gerçekleşir. E şimdi biz manyetik alanı ortamdan kaldırırsak, kuvvette oluşmaz. Sıfır olur tartı.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Hiçbir değer gözlemlemedik.

Bağlam 4 ile ilgili K1 ile gerçekleştirilen görüşme incelendiğinde, manyetik alan kavramına ait bilimsel elementlere gerekli vurguları yaptığı görülmektedir. Manyetik kuvvet oluşması için dış bir manyetik alana ihtiyaç olduğundan, bu manyetik kuvvetin ise dış manyetik alanın yönünden, büyüklüğünden, akımın yönünden ve büyüklüğünden etkilendiğini net bir şekilde belirtmiştir. Bu nedenle de kendisi BM'ye sahip olmuştur.

- ***Bilimsel Model-Bağlam 5***

Bağlam 5 dış bir manyetik alandaki akım ilmeği incelemektedir. Yani bir elektrik motoru oluşturulmaktadır. Bu bağlam iki aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada akım ilmeği yere paralel olarak tutulur. İkinci aşamada ise bir miktar açı verilir. Uygulama sonrasında K1, K2, K3, K4, K6, K7, K8, K10, K11, K13, K16, K18, K19, K20, K21 Bağlam 1'i BM kullanarak ifade etmişlerdir. Örneğin K1, uygulama öncesinde SDM'ye sahip olmasına rağmen, uygulama sonrasında sahip olduğu model BM'ye geçiş yapmıştır. Görüşmeden ilgili bir alıntı aşağıda verilmiştir.

A: Bu bağlamımızda görmüş olduğun sistemimizle çalışacağız. Sence akım ilmeği yere paralel durduğunda, sisteme akım uygularsam, bir hareket söz konusu olur mu?

K1: Burada da sağ el kuralı yapmam lazım. Gerçi daha önce sorduğunuz sorularda yapmıştım. Kuvvetlerin hepsi eşit çıkmıştı. O yüzden hareket olmaz diyorum. Dengede durur.

A: Deneyelim.

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Dediğim gibi hareket etmedi.

A: Peki bir miktar açı versem, sence bir değişim olur mu?

K1: Yine olmaz. Çünkü manyetik kuvvette bir değişim olmadı. O zaman denge de bozulmadan kalır.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K1: Aaaa... Döndü. Ama nasıl olmuş olabilir. Kuvvetler dengedeydi?

A: Dengenin şartları neydi? Sadece kuvvetlerin dengede olması mı?

K1: Hayır bir de net torkun sıfır olması lazım.

A: Açı verdiğimizde, net tork için ne söyleyebiliriz?

K1: Hımm.. Sanırım *net tork sıfır olmuyor ve denge bozuluyor. O yüzden de dönmeye başlıyor.*

K1'in ilk ifadelerinden uygulama öncesinde SDM'ye sahip olduğu görülmektedir. Fakat uygulamanın sonrasında yanıldığını fark ettiği durumda, bu durumun nedenini düşünürken ki akıl yürütmesi sayesinde BM'ye sahip olmuştur. Çünkü denge şartının yalnızca net kuvvetin sıfır olmadığını , aynı zamanda net torkun da sıfır olması gerektiğini ifade edebilmiştir. Bu nedenle de BM'ye sahiptir.

Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM). Bu model, beş tane bilimsel üç tane bilimsel olamayan element olmak üzere toplamda sekiz elementi kapsamaktadır. Fizik öğretmen adayları bağlamları açıklarken, bu elementleri içeren ifadelerde bulunmuşlardır. Bu nedenle bu modele sahip öğretmen adayları melez bilimsel olmayan modele sahiptirler. Söz konusu elementler aşağıda verilmiştir:

Bilimsel Elementler:

- Boşluk veya Ortam
- Vektörel Alan
- Akım Büyüklüğü ve Yönü
- Uzaklık
- Manyetik Etkileşim

Bilimsel Olmayan Elementler:

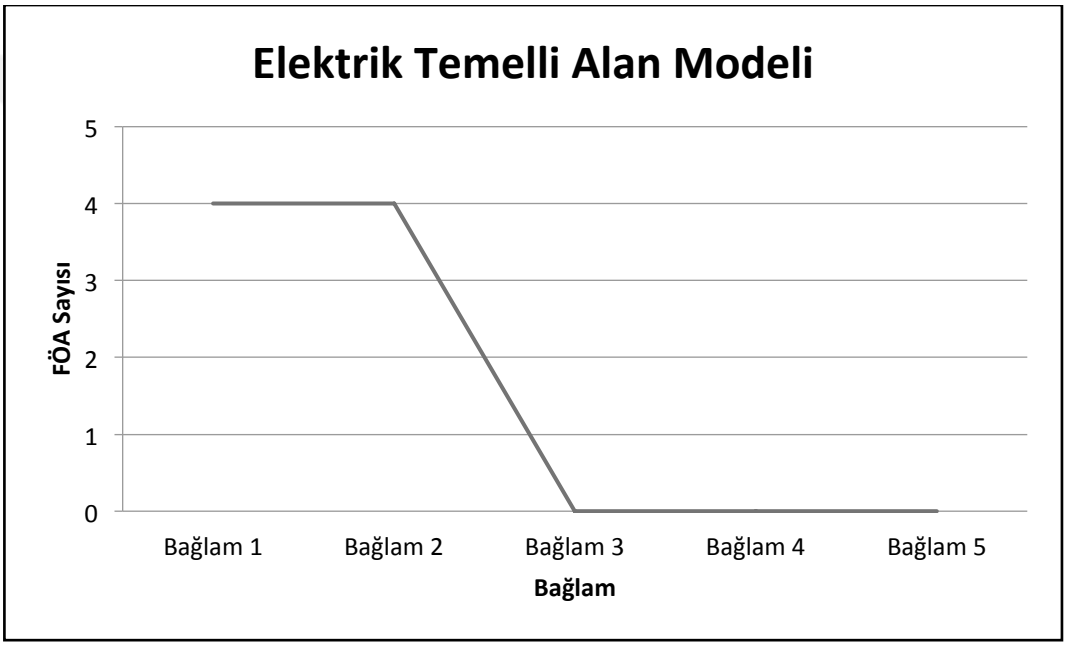
- Manyetik Monopol
- Durgun veya Hareketli Yük
- Açık Eğri

Bu modelin katılımcılar tarafından kullanılan operasyonel tanımları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Tek bir manyetik kutup vardır ve manyetik alan manyetik kuzeyden manyetik güneye doğrudur. Açık eğriler şeklinde oluşur.
- Hem boşlukta hem de herhangi bir ortamda durgun noktasal bir yük tarafından manyetik alan oluşturulabilir.
- Manyetik alan vektörel bir alandır ve bu nedenle de toplanabilirlik ilkesini sağlar.

- ❖ Manyetik alanı oluşturan akımın büyüklüğü ve yönü manyetik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- ❖ Düzgün olmayan manyetik alan uzaklıkla ters orantılıdır.
- ❖ Dış manyetik alanda bulunan yükler üzerinde oluşan manyetik kuvvet, yükü çekebilir ya da itebilir.

Bağlamlara göre Elektrik Temelli Alan Modeli'nin uygulama öncesindeki dağılımı Şekil 53 ile verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, bu model ilk iki bağlamda en fazla kullanılırken, diğer bağlamlarda hiç bir Fizik öğretmen adayı tarafından kullanılmamıştır.



Şekil 53. Elektrik Temelli Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Elektrik Temelli Alan Model'ine Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının bağlamları uygulama öncesinde Elektrik Temelli Alan Modeli ile ifade ettikleri durumların örnekleri şu şekilde verilebilir:

- ❖ ***Elektrik Temelli Alan Modeli-Bağlam 1***

Bağlam 1'de, mıknatısın meydana getirdiği manyetik alan incelenmektedir. Fizik öğretmen adayları bu bağlamla ilişkili olarak, tıpkı elektrik alanda olduğu gibi hem durgun hem de hareketli yüklerin manyetik alan oluşturabileceğini hem de oluşan bu manyetik alanın açık eğriler şeklinde olduğunu belirtmeleri durumunda, zihinsel model olarak ETAM'ye sahip oldukları söylenebilir. Uygulama öncesinde

K6, K8, K11 ve K19 Bağlam 1 ile ilgili olarak ETAM'ye sahiplerdir. Bu durumu K6 ile yapılan görüşmeden bir alıntıyı vererek daha açık bir biçimde görebiliriz:

A: "Manyetik alan" kavramı sana ne ifade ediyor?

K6: *Durgun ve hareketli yüklerin etrafında manyetik alan oluşur.*

A: Manyetik alan kaynakları nelerdir?

K6: Mıknatıs, bobin.

A: Nasıl oluşur mıknatısın manyetik alanı açıklar mısın?

K6: N ve S olarak iki kutup vardır mıknatısta. Bunlar *ayrı ayrı dururlar. N'den S'ye doğru bir manyetik alan oluşur.*

A: Peki mıknatısın içerisinde manyetik alan oluşur mu?

K6: Hayır oluşmaz.

Yapılan görüşmeler incelendiğinde, K6'nın manyetik alan ile ilgili olarak açık eğriler şeklinde olduğunu ve bu manyetik alanın da hem durgun hem de hareketli yükler tarafından oluşturulabildiğini ifade etmiştir. Ayrıca manyetik kutupların ise tek başına bulunabileceğini ifade etmiştir. Burada kullanmış olduğu bilimsel olmayan elementler, görüşme boyunca ifade etmiş olduğu bilimsel elementler olmasına karşın, K6'nın bilimsel olmayan bir modele sahip olmasına neden olmuştur. Yapmış olduğu açıklamalar, K6'nın Bağlam 1'de ETAM'ye sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

Bağlam 1 için bir diğer örnek ise K19'dur. K19 ile gerçekleştirilen görüşmeden ilgili bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Manyetik alan nedir?

K19: Bir noktasal *yükün hızından dolayı kaynaklanan manyetik alandır.*

A: Peki *durgun yük bir manyetik alan oluşturur mu?*

K19: Evet . Durgunken ve hareketliyken de oluşturur.

A: Nasıldır bu manyetik alan, açıklayabilir misin?

K19: Pozitif yükten dışarıya doğru, negatif yükten içeriye doğrudur.

***

K19: Manyetik alan çizgilerin *aynı elektrik alan çizgileri gibidir*. Pozitif yükte dışarı doğru, negatif yükte içeri doğrudur. Eğer sistemde pozitif

ve negatif yük yan yana bulunsa, bu kez de pozitif yükten negatife doğru olacaktı.

A: Manyetik *alanın elektrik alanda olduğu gibi bir yerde başlayıp başka bir noktada bittiğini ifade ediyorsun.*

K19: Evet. Pozitif yükten dışarı, negatif yükte yüke doğru bir manyetik alan meydana gelir (EK-B/ETAM-1.).

A: Mıknatısta durum nasıldır?

K19: Mıknatısta aynı şekilde. *Pozitif ve negatif mıknatıslar* vardır. Pozitiften negatife doğru manyetik alan çizgileri vardır.

A: Peki mıknatısın içerisinde de manyetik alan var mıdır?

K19: *Hayır yoktur. Pozitif ve negatif iki yük gibidir. Pozitiften negatife doğru manyetik alan çizgileri vardır. İçerisinde oluşmaz.*

Yapılan görüşme incelendiğinde, K19 hem durgun hem de hareketli yüklerin manyetik alan meydana getirebileceğini ifade etmiştir. Bunun yanı sıra mıknatısların doğada tek başına pozitif ve negatif manyetik kutuplar şeklinde bulunabileceğini belirtmiştir. Bu durum ise K19'un ETAM'ye sahip olduğunun açık bir göstergesidir. K9 manyetik alanı tıpkı bir elektrik alan gibi düşünmektedir.

- ***Elektrik Temelli Alan Modeli-Bağlam 2***

Uygulama esnasında da aşama aşama bobinin manyetik alanın nelere bağlı olarak değiştiği araştırılmaktadır. Fakat Fizik öğretmen adayları bu bağlamla ilişkili olarak manyetik alanın elektrik alan özelliklerine sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumda katılımcıların kullandıkları model elementleri dikkate alındığına ETAM'ye sahip oldukları söylenebilir. Katılımcılardan K6, K8, K11 ve K19 uygulama öncesinde Bağlam 2'de de bu modele sahiplerdir. İlgili alıntı şu şekildedir:

A: Bağlam 2'de bir bobinden akım aktığı durumu inceleyeceğiz. Sence bir manyetik alan meydana gelir mi?

K6: *Evet gelir. Sonuçta ortamda bir yük var. Yükün olduğu her yerde manyetik alan olur.*

A: Peki bu yükün hareketli ya da durgun olması fark eder mi?

K6: *Etmez. İkisinde de manyetik alan oluşturur.*

A: Peki nasıldır bu manyetik alan?

K6: *Böyle bobinin bir ucundan diğer ucuna gelir.*

A: Nelere bağlı olarak değişir bu manyetik alan?

K6: *Akım yönü, akım büyüklüğü, tel sayısı, başka ne vardı... Çap çap...*

Yapılan görüşme incelendiğinde K6, bobinin meydana getirdiği manyetik alanın, akımın büyüklüğü, akımın yönü, sarım sayısı ve çapla ilişkili olarak değiştiğini ifade etmiştir. Fakat bunun yanı sıra, durgun yüklerin de manyetik alan meydana getireceğini ve oluşan bu manyetik alanın da bobinin bir ucundan diğerine açık uçlu eğriler şeklinde olduğunu belirtmiştir. Bu ifadelerinden de açıkça anlaşılmaktadır ki, K6 ETAM'ye sahiptir. Diğer bir ifadeyle, manyetik alanın elektrik alan özelliklerini taşıdığını belirtmiş olması, bu katılımcının zihinsel modelinin ETAM olduğunu ortaya koymaktadır,

ETAM'a bir diğer örnek ise K19'dur. Bu katılımcıyla gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Bu bağlamda tek bir bobininden akım aktığı durumu araştıracağız. Sence manyetik alan meydana gelir mi?

K19: Manyetik alan... *Akım geçen telde manyetik alan oluşuyor. O yüzden burada da oluşmasını beklerim.*

A: Nasıl bir farkı vardır akım geçen tellin oluşturduğu manyetik alanla bobinin oluşturduğu manyetik alan arasında?

K19: Telin etrafında yuvarlak yuvarlak oluşur ama *bobinde teller yuvarlak olduğu için mesela bir ucuna A noktası diğerine B noktası diyelim. A'dan B'ye oluşur. Tabi o noktaların A'sı B'si sağ el kuralıyla belli olur.*

A: Peki yükün durgun ya da hareketli olmasının bir önemi var mıdır?

K19: *Yoktur. İkisi de olur. Elektrik alandan bir farkı yok zaten.*

K19 ile yapılan görüşme incelendiğinde, bu katılımcının manyetik alanın elektrik alanla aynı özelliklere sahip olduğunu düşündüğü açıkça görünmektedir. Diğer bir ifadeyle, K19 manyetik alanın da hem durgun hem de hareketli yükler tarafından meydana getirildiğini ve açık eğriler şeklinde oluştuğunu düşünmektedir. Kullanmış olduğu bu bilimsel olmayan elementlerden de açıkça görüleceği gibi, K9 ETAM'ye sahiptir.

Elektrik Temelli Alan Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrasında bu modeli kullanan Fizik öğretmen adayı bulunmamaktadır. Deneyler yardımıyla bu modeldeki bilimsel olmayan elementler Fizik öğretmen adayları tarafından kullanılmamaya başlanmıştır.

Mekanik Dalga Modeli (MDM). Mekanik Denge Modeli, Fizik öğretmen adaylarının manyetik alan meydana gelebilmesi için maddesel bir ortama ihtiyaç olduğunu belirttikleri modeldir. Dört tane bilimsel bir tane de bilimsel olamayan element olmak üzere toplamda beş element içermektedir. Bu nedenle de bu model melez bilimsel olmayan bir modeldir. Bu elementler ise şu şekilde ifade edilebilir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Akım Büyüklüğü ve Yönü
- Uzaklık
- Manyetik Etkileşim

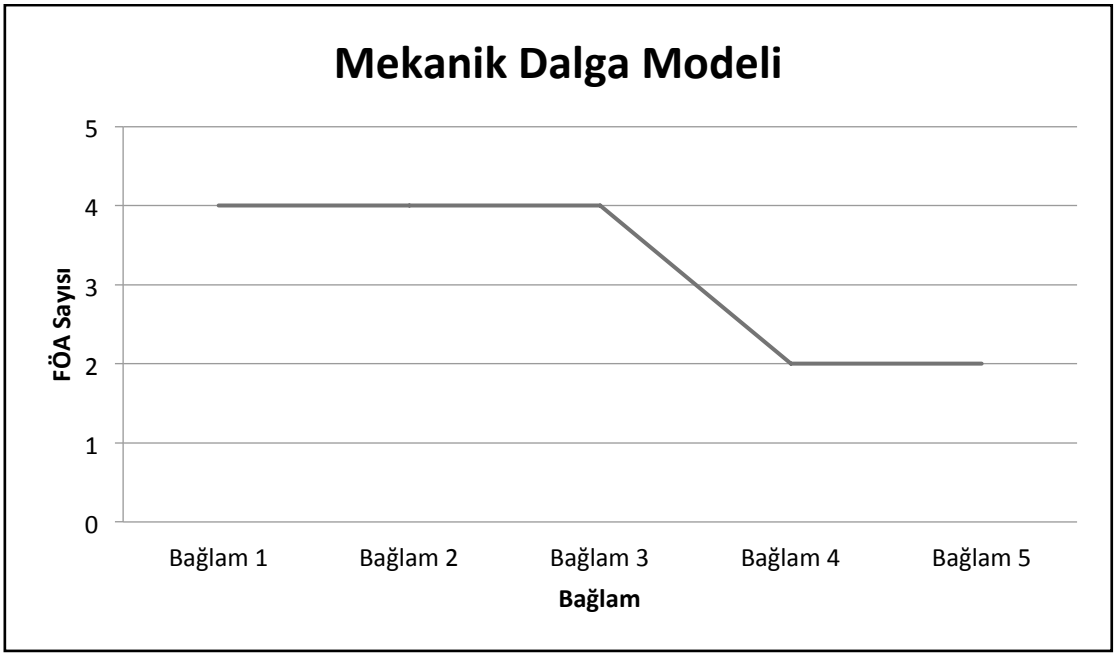
Bilimsel Olmayan Elementler:

- Maddesel Ortam

Bu modelin katılımcılar tarafından kullanılan operasyonel tanımları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Manyetik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç vardır.
- Manyetik alan vektörel bir alandır ve toplanabilirlik ilkesine de uyar.
- Manyetik alanı oluşturan akımın büyüklüğü ve yönü manyetik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- Düzgün olmayan manyetik alan uzaklıkla ters orantılıdır.
- Dış manyetik alanda bulunan yükler üzerinde oluşan manyetik kuvvet, yükü çekebilir ya da itebilir.

Mekanik Dalga Modeli'nin uygulama öncesindeki bağlamlara göre dağılımı Şekil 54 ile verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, bu modelin kullanım sıklığı en fazla ilk üç bağlamda görülürken, dört ve beşinci bağlamlarda daha az rastlanmaktadır.



Şekil 54. Mekanik Dalga Modeli-Bağlam ilişkisi.

Mekanik Dalga Model'ine Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının uygulama öncesinde Mekanik Dalga Modeli ile ifade ettikleri bağlamlara şu şekilde örnekler verilebilir:

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 1***

Bu bağlamla ilgili sorulara yapılan açıklamalar incelendiğinde, Fizik öğretmen adaylarının manyetik alan meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç olduğunu belirttikleri görülmüştür. Bu nedenle katılımcıların (K5, K12, K14, K17) açıklamalarında kullandıkları elementler dikkate alındığında, zihinsel modellerinin bu bağlam için MDM olduğu söylenebilir. Bu duruma örnek olarak, K12 ile yapılan görüşme verilebilir. İlgili alıntı aşağıdadır:

A: Manyetik alan nedir?

K12: Manyetik alan çeşitli şekillerde elde edilebilir. Örneğin akım geçen tel, bobin ya da mıknatıs gibi.

A: Mıknatısların manyetik alanından biraz bahseder misin?

K12*: İki kutbu vardır. Tek başına bir kutup bulunmaz. Mıknatısın dışında kuzeyden güneye, içinde tam tersi yönedir.*

***

A: Peki boşlukta manyetik alan oluşur mu?

K12: Hayır oluşmaz. *Bir ortama ihtiyacı vardır.* Ses gibi, su gibi...

A: O zaman ben mıknatısı vakum bir ortama götürsem, orada manyetik alan oluşturmaz mı?

K12: Hayır, ortam olmadığı için olmaz (EK-B/MDM-1.).

A: Her noktada manyetik alan var mıdır?

K12: *Evet vardır ve gittikçe de büyüklüğü azalır.*

Görüşme ayrıntılı olarak ele alındığında, K12'nin manyetik alan-ortam ilişkisine dair vermiş olduğu cevaplardan, onun MDM'ye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü K12, ortamın gerekliliğini ses ve su gibi mekanik dalga örnekleri vererek açıklamıştır. Bunun yanı sıra katılımcı mıknatısın manyetik alanıyla ilgili olarak, mıknatısın dışında kuzeyden güneye, içinde ise kuzeyden güneye doğru bir alan olduğunu dile getirmiştir.

Bağlam 1'e MDM ile ilgili verilebilecek başka bir örnek K14'tür. Kendisi ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Manyetik alan nedir?

K14: *Yüklerin hareket etmesiyle oluşan* alana manyetik alan denir.

A: Manyetik alan kaynakları nelerdir?

K14: Akım geçen tel, akım geçen bobin, mıknatıslar...

A: Mıknatısların manyetik alanı nasıldır? Açıklar mısın?

K14: *Kuzeyden güneye doğrudur.*

A: Peki mıknatısın iç tarafında da manyetik alan var mıdır?

K14: *Evet vardır. Orada da kuzeyden güneye doğrudur.*

A: Manyetik alan mıknatısın çevresinde her noktada aynı mıdır?

K14: Hayır. *Uzaklaştıkça azalır.*

***

A: Boşlukta manyetik alan meydana gelir mi?

K14: *Hayır gelmez. Elektrik alandaki gibi. Onda da gelmez. Manyetik alan da aynı sudaki gibidir.*

A: Mıknatısı vakum bir ortama götürsem, orada manyetik alan oluşturur mu?

K14: *Hayır.*

Manyetik alanın oluşabilmesi için bir ortam gerektiğini belirten K14, MDM'nin varlığını en belirgin şekilde ortaya koyan elementi kullanmıştır. Bilimsel olmayan bu element, ifadelerde yer aldığı her durumda, onların MDM'ye sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

❖ ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2 tek bir bobinin meydana getirdiği manyetik alanın nelere bağlı olarak değiştiğini inceleyen bir bağlamdır. Öğretmen adayları bu bağlamla ilişkili olarak manyetik alanın meydana gelebilmesi için, bir ortama ihtiyaç duyulduğunu ifade eden açıklamalarda bulunurlarsa, bu modelin en önemli elementini kullanmış olurlar. Böylece bu katılımcıların (K5, K12, K14, K17) MDM zihinsel modeline sahip oldukları söylenebilir. Bu modelle ilgili örnek olarak K12 gösterilebilir. Görüşmeden ilgili alıntı aşağıdaki gibidir:

> A: Akım geçen bir bobinin manyetik alan meydana getirdiğini söyledin. Biraz daha açıklar mısın? Nelere bağlıdır bu manyetik alan?
>
> K12: Manyetik alanı hareketli bir yük meydana getirir. Burada da bu yük akımı oluşturan yüklerdir. Akım sayesinde manyetik alan oluşur.
>
> A: Peki bobin boşlukta bulunsa da aynı durum söz konusu olur mu?
>
> K12*: Hayır. Orada akım olmasının bir önemi yok. Boşlukta oluşmuyor manyetik alan.*
>
> A: Nelere bağlı olarak değişir bobinin oluşturduğu manyetik alan?
>
> K12: Sarım sayısına göre değişir, sonra... akıma göre değişir, uzaklıkla ters orantılıdır.

K12 ile yapılan görüşme incelendiğinde, akım uygulanan bobinin manyetik alan meydana getirdiğini fakat bu durumun vakum bir ortamda meydana gelemeyeceğini belirttiği görülmektedir. Bu durum açıkça kendisinin MDM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

MDM'ye sahip bir diğer öğretmen adayı ise K14'tür. Bağlam 2 ile ilgili yapılan görüşmeden ilgili alıntı şu şekildedir:

> A: Akım geçen bir bobin manyetik alan meydana getirir mi?
>
> K14: Evet.
>
> A: Peki boşlukta da meydana getirebilir mi?

K14: *O zaman hayır.*

A: Nelere bağlıdır bu manyetik alan?

K14: Sağ el kuralıyla bulunur. Bu sefer dört parmak akımın yönünü, başparmak manyetik alanın yönünü gösterir.

A: Manyetik alanın büyüklüğü nelere bağlı olarak değişir?

K14: Tele doğru yaklaştıkça manyetik alan artar. Sarım sayısı arttıkça artar. Başka… Bir de akım arttıkça artar.

K14 herhangi bir ortamda akım geçen bir bobinin bir manyetik alan kaynağı olduğunu ifade ederken, boşlukta bobinin manyetik alan meydana getiremeyeceğini ifade etmiştir. Her ne kadar bobinin meydana getirdiği manyetik alanın nelere bağlı olarak değiştiğine dair bilimsel elementlerle cevap vermiş olmasına rağmen, manyetik alanın ortama ihtiyaç duyduğunu belirten ifadesi kendisinin açıkça MDM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 3 birbirlerine yarıçapları uzaklıkta duran ikili bobin sisteminin oluşturduğu manyetik alanı incelemektedir. Bu bağlamda özellikle gözlemlenmek istenen, eşit büyüklükteki akımların aynı ve farklı yönde olduğu durumda manyetik alanda meydana gelecek olan değişimlerin gözlemlenmesidir. Fakat kendisine yöneltilen görüşme sorularında, manyetik alanın meydana gelebilmesi için ortama ihtiyaç olduğunu düşünen Fizik öğretmen adayları (K5, K12, K14, K17), MDM'ye sahip olmuş olurlar. K12 de manyetik alanın meydana gelebilmesi için ortama ihtiyaç olduğunu düşünmektedir. Yapılan görüşmeden ilgili alıntı şu şekildedir:

A: Bağlam 3'te ise özdeş iki bobin sistemi incelenmektedir. Bu bobinler yarıçapları mesafesinde durmaktadır ve ilk aşamada eşit büyüklükte ve aynı yönlü, ikinci aşamada ise eşit büyüklükte ve zıt yönlü akım uygulanmaktadır. Sence nasıl bir etkileşim olur?

K12: Daha önce böyle bir sistem görmüştüm. *Düzgün manyetik alan oluşturmak için kullanılıyordu. e/m cihazında vardı. Tabi bu aynı yönü akım aktığında. O zaman orta kısımda düzgüne yakın bir manyetik alan oluşur.*

A: Zıt yönlü olduğunda nasıl bir durum oluşur?

K12: *O zaman tam ortada hiç manyetik alan oluşmaz. Sonuçta orta noktaya her ikisinin de etkisi var. Biri sağa biri sola desek, toplayınca ortası sıfır yapar.*

A: Peki aynı sistemi vakum bir ortama getirsek, o zaman da bu söylediklerin gerçekleşir mi?

K12: *Hayır, olmaz. Yine diğer bağlamlardaki gibi.*

Yapılan görüşme incelendiğinde, K12'nin açıklamalarında yer alan vakum bir ortamda manyetik alan oluşmayacağı ifadesi, kendisinin MDM'ye sahip olduğunun açık bir göstergesidir. Her ne kadar diğer ifadeleri bilimsel elementler içerse de, bu durum kendisinin BM'ye sahip olması için yeterli olamamıştır.

Bağlam 3'te MDM'ye sahip bir diğer Fizik öğretmen adayı ise K14'tür. Tıpkı ilk üç bağlamda olduğu gibi, K14 bu bağlamı da MDM'yi kullanarak açıklamıştır. İlgili alıntı şu şekildedir:

A: Bu bağlamda da ikili bobin sistemimiz var. İkisi de özdeş ve birbirlerine yarıçapları kadar mesafede duruyorlar. İlk aşamada aynı yönde, eşit büyüklükte, ikinci aşamada ise zıt yönde ve eşit büyüklükte akım uygulanıyor. Nasıl bir etkileşim olmasını beklersin?

K14: Manyetik alan vektörel bir büyüklük olduğuna göre, bu bobinlerin yarattığı (manyetik) alanları düşünmem lazım ki ona göre toplayıp çıkaralım. Hemen sağ el kuralı yapayım. Hımm... Akım aynı yönlüyken, manyetik alanda aynı yönlü. Şimdi bir de tersi için uygulayayım sağ el kuralını. Hımm... Tabi bu seferde mantıken de anlaşılacağı gibi ters yönlü çıktı.

A: Bu sonuçları yorumla bakalım.

K14: *Yönlerini artı eksi gibi düşünsem, aynı yönlü de artı artı olur. O zaman artar manyetik alan. Ama diğerinde artı eksiden sıfır olur.*

A: Nerede artar nerede sıfır olur manyetik alan?

K14: *Tam orta noktada.*

A: Peki ben aynı deneyi boşlukta yapsam, sence aynı durum gerçekleşir mi?

K14: *Yok olmaz. Sonuçta manyetik alan olmaz.*

K14 bilimsel ifadelerinin yanı sıra, açıklamasında kullanmış olduğu boşlukta manyetik alan oluşmaz ifadesi kendisinin MDM'ye sahip olmasına neden olmuştur. Her ne kadar zıt yönlü akımın geçtiği durumda tam merkezde manyetik alanın sıfır olduğunu ya da aynı yönlü akım geçtiğinde manyetik alanların birbirlerini kuvvetlendireceğini ifade etmiş olsa da, bu bilgiler onun bilimsel modele sahip olmadığını göstermektedir.

❖ ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 akım terazisi deneyidir. Yani dış manyetik alanda bulunan akım geçen bir tele etkiyen manyetik kuvvetin etkilerinin incelendiği bir bağlamdır. Bu etkilerin nelere bağlı olarak değiştiği düzenek yardımıyla incelenir. Eğer bu esnada katılımcılar (K12, K14) da kendilerine yöneltilen sorulara, bilimsel cevapların yanı sıra manyetik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç duyduğunu ifade ederlerse, bu durumda MDM'ye sahip olurlar. Bu modele örnek olarak K12 gösterilebilir.

> A: Peki akım geçen bir tel dış bir manyetik alanda durduğu durumda, aralarında bir etkileşim olur mu?
>
> K12: *Olur. Manyetik kuvvet oluşur.*
>
> A: Nelere bağlıdır bu manyetik kuvvet?
>
> K12: *Manyetik alana bağlıdır. Akımın özelliklerine bağlıdır yani yönü gibi büyüklüğü gibi... Ondan sonra... Bir de ne vardı... Telin boyuna.*
>
> A: Akım uygulanan tel için manyetik alan oluşturur demiştin. Burada bir de dış manyetik alan var. Hangi manyetik alana bağlıdır bu manyetik kuvvet?
>
> K12: *Buradaki dış manyetik alan.*
>
> A: Aynı düzeneğimi vakum bir ortama taşısam, o zaman yine manyetik kuvvet oluşur mu?
>
> K12: *Oluşmaz çünkü orada dış bir manyetik alan uygulayamayız. O oluşmaz bir kere ortam yok.*

Yapılan görüşme incelendiğinde, K12'nin Bağlam 4'ü MDM'yi kullanarak açıkladığı görülmektedir. Çünkü ifadelerinde vakum bir ortamda manyetik alan oluşmayacağını yani manyetik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Bu modelle ilgili bir diğer örnek ise K14'tür. Manyetik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu ifade etmiş olması, kendisinin MDM'ye sahip olmasına neden olmuştur. İlgili alıntı şu şekildedir:

A: Bağlam 4'te ise mıknatıslar yardımıyla oluşturulan dış bir manyetik alanda akım geçen bir tel bulunuyor. Bu sistemin tam altında ise dijital bir tartı duruyor. Teller üzerinden akım geçtiğinde, dijital tartı üzerinde herhangi bir değer okumayı bekler misin? Neden?

K14: *Dış manyetik alanda bir tel var. Bu telden de akım geçiyor. O zaman bu manyetik alan telde manyetik kuvvet oluşturur.*

A: Nelere bağlı olarak değişir bu manyetik kuvvet?

K14: *Telin boyu, akımın yönü ve büyüklüğü ve manyetik alan.*

A: Hangi manyetik alan?

K14: *Dış manyetik alan.*

A: Peki oluşan bu manyetik kuvvetin dijital tartı üzerinde bir etkisi olur mu?

K14: Olur diye tahmin ediyorum.

A: Peki ben bu deneyimi vakum bir ortamda gerçekleştirsem, sence yeni dijital tartıda değer okuyabilir miyim?

K14: Hayır. Çünkü orada dış manyetik alan oluşmaz.

Yapılan görüşme incelendiğinde, K14'ün dış manyetik alan ve akım geçen tel ile ilişkili olarak bilimsel bir yaklaşım geliştirdiği görülmektedir. K14 manyetik kuvvetin akım geçen telin üzerine dış bir manyetik alan etki etmesiyle oluştuğunu ifade etmiştir. Fakat bunun yanı sıra, vakum bir ortamda manyetik alan meydana gelemeyeceği için, bu katılımcı manyetik kuvvetin de meydana gelemeyeceğini belirtmiştir. Bu durum da onun, MDM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 5***

Bağlam 5'te dış bir manyetik alanda dönme ekseni etrafında sabitlenmiş olan akım geçen dikdörtgen şeklindeki tellerin bulunduğu durum incelenmektedir. MDM'ye sahip Fizik öğretmen adayları (K5, K14) bu bağlamda da manyetik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. İlgili bir örnek K14 ile yapılan görüşmeden verilebilir:

A: Bu bağlamda dış bir manyetik alana akım geçen bir dikdörtgen ilmeği alanda paralel olarak bırakırsak, sence herhangi bir değişim gözlemler miyiz?

K14: Olmaz.

A: Neden?

K14: Paralel olunca kuvvetler birbirini götürür. Hareket olmaz.

A: Nasıl oluşur bu kuvvet?

K14: Şimdi dış manyetik alana akım ilmeği koyunca, orada manyetik kuvvet oluşur.

A: Peki bu manyetik kuvvet vakum bir ortamda da oluşur muydu?

K14: *Hayır. Yine manyetik alandan dolayı oluşmazdı.*

K14, her ne kadar Bağlam 5 ile ilgili bilimsel ifadelerde bulunmuş olsa da, manyetik alanın boşlukta oluşmayacağını belirttiği için MDM'ye sahip olmuştur.

Mekanik Dalga Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrası MDM ile ilgili örnekler aşağıdaki gibidir:

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 1***

Mıknatısın manyetik alanı ile ilgili Fizik öğretmen adaylarının zihinsel modellerini araştırmak için yapılan uygulamada, uygulama öncesinde MDM'ye sahip olan tüm öğretmen adaylarının uygulama sonrasında modellerinde bir değişim olmadığı görülmüştür. Çünkü uygulanan bağlamın havasız bir ortamda gerçekleştirilme şansı olmadığı için, MDM de aynen değişime uğramadan kalmıştır. Uygulama sonrasında K12, K14, K17 Bağlam 1'i MDM ile açıklamıştır. Bu duruma örnek olarak K14 ile yapılan görüşme ile ilgili alıntı aşağıdaki gibidir:

K14: Mıknatısta bir manyetik alan kaynağıdır.

A: O zaman uygulamamıza geçelim.

(Uygulama gerçekleştiriliyor.)

A: Demir tozların şekli bize ne ifade ediyor?

K14: *Demir tozları manyetik alandan etkilenir ve alanın şeklini alır. Burada da onu görüyoruz.*

A: Biraz daha açıklar mısın?

K14: Mıknatısın kutupları var kuzey ve güney diye. Manyetik alanda kuzeyden güneye doğrudur. Bunların üzerine demir tozu dökünce de, bu alanın şeklini alır.

A: Peki ben bu alanı boşlukta gerçekleştirseydim, yine manyetik alan oluşur muydu?

K14: *Hayır oluşmazdı. Boşlukta oluşmaz manyetik alan.*

K14 ile yapılan görüşme incelendiğinde, kendisi her ne kadar pek çok açıklamasını bilimsel olarak yapmış olmasa da, manyetik alanın boşlukta oluşmayacağını ifade etmiş olması, onun Bağlam 1'i MDM ile açıklamasına neden olmuştur.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 2***

Tek bir bobinin meydana getirdiği manyetik alanın incelendiği Bağlam 2'de, manyetik alanın meydana gelmesi için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünen Fizik öğretmen adayları, MDM'ye sahip olurlar. Yapılan incelemelerde Bağlam 2'de de uygulama öncesinde MDM'ye sahip olan katılımcıların (K5, K12, K14, K17), uygulama sonrasında da aynı modele sahip olduğu görülmüştür. Çünkü bu bağlam da havasız bir ortam da gösterilememiştir. Bu durumu örnek olarak K14 ile yapılan görüşme gösterilebilir. İlgili alıntı şu şekildedir:

> A: Bobinin manyetik alanının sarım sayısına, akıma ve uzaklığa göre değiştiğini belirtmiştin. Yere paralel olan x-eksenini düşünecek olursak, sence manyetik alanda bir değişim meydana gelir mi?
>
> K14: Bobinden uzaklaşınca azalır. Tam bu bobinin ortasındaki noktada artar.
>
> A: Yani en büyük değeri ortada mı alır?
>
> K14: Evet.
>
> A: Bakalım öyle mi olacak?
>
> *(Uygulama gerçekleştirilir.)*
>
> K14: *Bobine yaklaştıkça arttı. Çünkü mesafe azaldı. O yüzden. Ortada da en fazla oldu.*
>
> A: Peki ben bu deneyi boşlukta yapmış olsaydım da yine aynı değerleri ölçebilir miydik?
>
> K14: *Hayır*.

Bağlam 2 için K14 ile yapılan görüşmeden de anlaşılacağı üzere, kendisi diğer bağlamlarda da olduğu gibi, manyetik alanın meydana gelmesi için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünmektedir. Bu düşüncesini de tüm bağlamlar ısrarlı bir şekilde sürdürmektedir. Diğer kullandığı elementler bilimsel olmasına rağmen, kendisinin MDM'ye sahip olduğu açıkça görülmektedir.

❖ ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 3***

İkili bobin sisteminin oluşturduğu Bağlam 3'te, eğer Fizik öğretmen adayları manyetik alanın meydana gelmesinde bir ortamın gerekliliğinden bahsettilerse, MDM'ye sahip olurlar. Bu modelle ilgili örnek olarak K5, K12, K14, K17 gösterilebilir. Aşağıda K14 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı yer almaktadır.

> A: Daha önce akımlar aynı yönlü olduğunda bobin sisteminin tam ortasında manyetik alanın büyüklüğünün en fazla olduğunu belirtmişsin. Akımlar zıt yönlü olduğunda ise tam orta noktanın manyetik alanının sıfır olduğunu söylemişsin. Nasıl ulaşmıştın bu sonuca?
>
> K14: Sağ e kuralı yaparak.
>
> A: Hala bu şekilde düşünüyor musun?
>
> K14: Evet.
>
> A: O zaman deneyimizi yapalım bakalım.
>
> *(Uygulama gerçekleştirilir.)*
>
> *K14: Özetleyecek olursam, bobinlerdeki akımlar aynı yönlü olunca, birbirini destekledi yani kuvvetlendirdi ve orta kısım sabite yakın değerler aldı. Dışarı gittikçe azaldı. Akımlar zıt olduğu zaman da tam orta nokta sıfır olur.*
>
> *A: Peki bu deneyi boşlukta yapsam ne olur?*
>
> *K14: Hiç değer okumayız.*

K14, diğer bağlamlarda olduğu gibi bu bağlamda da MDM'yi kullanmıştır. Manyetik alanın boşlukta oluşma durumunun haricindeki tüm kısımları bilimsel elementler yardımıyla açıklamış olmasına rağmen, ortama dair kullandığı bilimsel olmayan element nedeniyle MDM'ye sahip olmuştur. Uygulama yardımıyla da bilimsel olmayan bu element değiştirilemediği için, aynen devam etmiştir.

❖ ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 4***

Akım terazisi deneyinde akım geçen bir telin üzerine etkiyen manyetik kuvvet incelenmektedir. MDM'ye sahip öğretmen adayları, eğer bu bağlamda bilimsel elementlerin yanı sıra manyetik alanın meydana gelmesi için bir ortama ihtiyaç olduğundan da bahsetmektedirler. Hiç bir bağlamı havasız ortamda gerçekleştiremediğimiz için, K5, K12, K14, K17 bu bağlamda da MDM'ye sahiplerdir. K14 ile yapılan görüşmeden ilgili alıntı şu şekildedir:

A: Manyetik kuvvet ne zaman oluşur demiştin?

K14: Akım geçen tel dış manyetik alanda olduğunda.

A: Şimdi bu bağlamımızda da akım geçen teli mıknatısların oluşturduğu dış bir manyetik alan koyacağız. Bu durumda sistemin altındaki dijital tartıda bir değişim olmasını bekler misin?

K14: Manyetik kuvvet baskı yaparmış gibi olur ve tartı sayı gösterir.

A: Her zaman manyetik kuvvet aşağıya doğru mu olur?

K14: Hayır.

A: Neden?

K14: Kuvvetin yönü manyetik alana ve akıma bağlıdır. Onlar değişirse, kuvvette değişir.

A: Peki şuan gördüğün durumda, manyetik kuvvetin yönü nereye doğrudur?

K14: Hesaplayım... Aşağı doğrudur. O zaman tartı da değer okunur.

A: Yukarı olduğunda sence değer okuyabilir miyiz?

K14: Tartının eksi gösterebileceğini sanmıyorum.

A: Bu tartı gösteriyor.

K14: O zaman da eksi değer okunur.

A: Bakalım manyetik alanın yönü değiştiğinde dediğin gibi olacak mı?

(Uygulama gerçekleştiriliyor.)

K14: Dediklerim doğru çıktı. Tabii sağ el kuralı da öyle diyor sonuçta.

A: Peki bu uygulamayı boşlukta yapsaydık, değişen bir şey olur muydu?

K14: *Olurdu. Yani tartıda değer okumazdık. Çünkü ne dış manyetik alan olurdu ne manyetik kuvvet.*

K14, tıpkı diğer bağlamlarda olduğu gibi, bu bağlamda da MDM'yi kullanmıştır. Çünkü hiç bir bağlam havasız ortamda gerçekleştirilemediği için, kendisinin bilimsel olmayan "ortam" elementi yok edilememektedir. K14'ün sahip olduğu bu element ancak ve ancak en az bir bağlam havasız ortamda gerçekleştirildiği durumda ortadan kalkacaktır.

- ***Mekanik Dalga Modeli-Bağlam 5***

Manyetik kuvvetin etkisiyle torkun meydana geldiği durumun incelendiği Bağlam 5 'te, manyetik kuvvetin kaynağı olan manyetik alanın meydana gelmesi için ortama ihtiyaç olduğunu düşünen Fizik öğretmen adayları (K5, K12, K17), MDM'ye sahiptir. İlgili örnek K17 ile gerçekleştirilen görüşmeden verilebilir.

A: Bağlam 5 için akım ilmeğinin paralel olduğu ve açı verildiği durum için ne düşünüyordun?

K17: Paralel olanda sabit duracak, açılı da dönecek demiştim torkun etkisiyle.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştiriliyor.)

K17: *Açı verince döndü. Kuvvetler eşitti ama denge bozuldu. Çünkü dönme noktasında tork oluştu.*

A: Peki bu bağlamı havasız bir ortamda gerçekleştirsek ne olurdu?

K17: *Diğerleriyle aynı. Manyetik alan olmayacağından, öylece kalırdı.*

Diğer tüm görüşmelerinden de anlaşılacağı üzere, K17 bağlam yoluyla giderilemediği için, bilimsel olmayan element olan "ortam" elementini hala ısrarlı bir şekilde sürdürmektedir.

Açık Eğri Alan Modeli (AEAM). Bu model, iki tane bilimsel bir tane de bilimsel olmayan element olmak üzere toplamda üç elementi kapsamaktadır. Bu nedenle de bu model melez bilimsel olmayan bir modeldir. Bu elementler ise şu şekilde ifade edilebilir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Akım Büyüklüğü ve Yönü

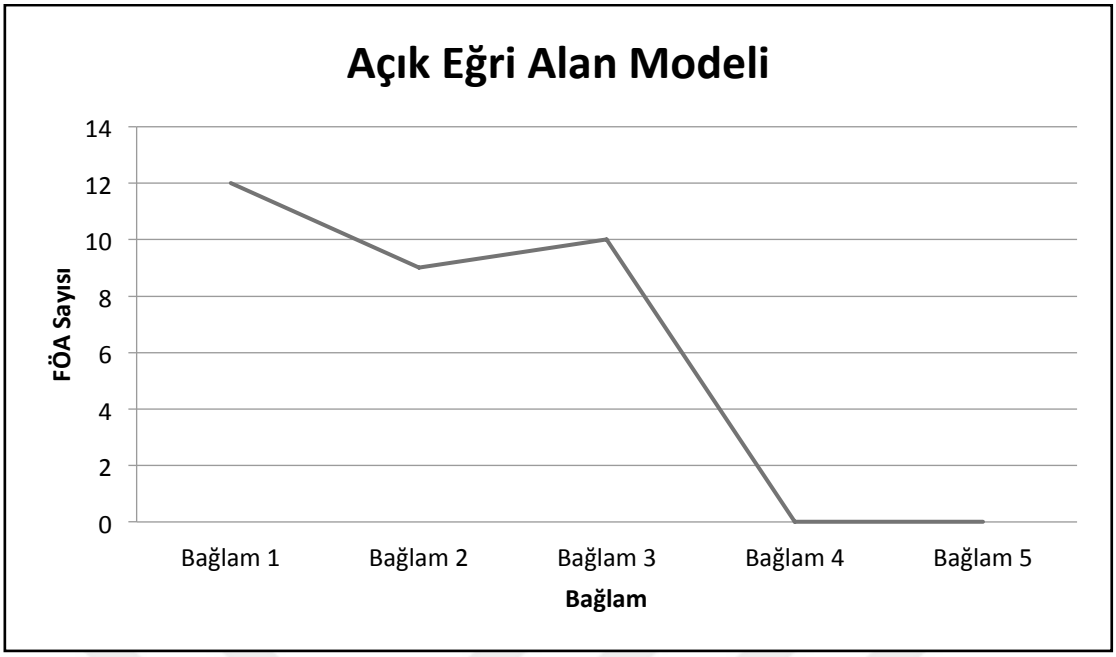
Bilimsel Olmayan Elementler:

- Açık Eğri

Bu modelin katılımcılar tarafından kullanılan operasyonel tanımları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Manyetik alan vektörel bir alandır ve akımın büyüklüğü ve yönünden etkilenir.
- Manyetik alan açık eğriler ya da doğrular şeklindedir.

Açık Eğri Alan Modeli'ne en fazla ilk bağlamda rastlanırken, dördüncü ve beşinci bağlamlarda kullanan Fizik öğretmen adayı görülmemiştir (Şekil 55).



Şekil 55. Açık Eğri Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Açık Eğri Alan Model'ine Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının uygulama öncesinde Açık Eğri Alan Modeli'ni kullanarak verdiği cevaplar şu şekilde örneklendirilebilir:

- ***Açık Eğri Alan Modeli-Bağlam 1***

Bağlam 1'de mıknatısın manyetik alanı incelenmektedir. Fizik öğretmen adayları ile yapılan görüşmelerden elde edilen veriler, bazı katılımcıların (K2, K3, K4, K7, K9, K10, K13, K16, K18, K20, K21, K22) mıknatısın manyetik alanının açık eğriler şeklinde olduğunu düşündüğünü göstermektedir. Örneğin K2'nin Bağlam 1 hakkında vermiş olduğu yanıtlar, K2'nin AEAM'ye sahip olduğunu açıkça göstermektedir. İlgili bir alıntı şu şekildedir:

A: Manyetik alan kaynakları nelerdir?

K2: Mıknatıs, akım geçen tel, bobin...

A: Peki bize mıknatısın oluşturduğu manyetik alandan bahseder misin?

K2: Pusula yoluyla çok rahat gözlemleyebiliriz. Bir mıknatıs düşündüğümüz de, mıknatıs kutuplu yani yükleri kutuplaşmış kendi içinde diyebiliriz.

A: Biraz daha açıklar mısın?

K2**:** *Ben biliyorum ki manyetik alan çizgileri N'den S'ye doğrudur. Normalde elektrik akımının artıdan eksiye doğru hareket ettiğini*

biliyorum o mantıkla düşünebiliriz. Ama burada bir fark var. Mıknatısların şöyle bir özelliği vardı mıknatısların kaç parçayı ayırırsak ayıralım kutuplaşma durumu hep devam eder.

A: Peki kuzeyden güneye olan tüm manyetik alan çizgileri kapanır mı?

K2: *Evet*.

A: Manyetik alan çizgileri mıknatısın kuzey kutbunda başlayıp güney kutbunda biter mi?

K2: *Evet. Mıknatısın içerisinde manyetik alan yoktur.*

K2'nin Bağlam 1 ile ilgili ifadeleri ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, manyetik alanın mıknatısın kuzey kutbunda başlayıp güney kutbunda bittiğini belirttiği görülmüştür. Ayrıca buna ek olarak da mıknatısın iç kısmında manyetik alan olmadığını söylemiştir. Diğer bir ifadeyle, manyetik alanın başladığı noktaya geri dönmeyen, açık eğriler şeklinde olduğunu belirtmiştir. Yapmış olduğu bu açıklamalardan K2'nin AEAM'ye sahip olduğu açıkça görülmektedir.

AEAM ile ilgili bir diğer örnek ise K3'tür. Kendisi ile yapılan görüşmeden elde edilen bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Manyetik alan nedir?

K3: Manyetik alan deyince aklıma iki şey geliyor. Bir doğal yolla mıknatıs ile. Yani N ve S kutbu var. Bir de bir akım sayesinde manyetik alanın oluşması.

A: Mıknatıslardan bahsedebilir misin?

K3: *N'den çıkacak S'ye doğru gidecek. Mesela deneylerde kağıdın üzerine demir tozları döktüğümüzde de gözlemliyoruz. Kuzeyden çıkıp güneye gidiyor* (EK-B/AEAM-1.)**.**

A: Peki mıknatısın içerisinde de manyetik alan var mıdır?

K3: *Dışarısı komple alan ama içerisinde olduğunu düşünmüyorum. Yalnızca dışarda kuzeyden güneye.*

Yukarıda verilen Bağlam 1 ile ilgili alıntı incelendiğinde, K3'ün AEAM'ye sahip olduğu net olarak görülmektedir. Çünkü K3 mıknatısların manyetik alanlarının, yalnızca kuzey kutbundan güney kutbuna doğru olduğunu belirtmiştir. Bunun yanı sıra sözlerine mıknatısın manyetik alanının yalnızca mıknatısın dış kısmında bulunduğunu ve mıknatısın içerisinde ise herhangi bir manyetik alan

bulunmadığını eklemiştir. Bu ifadeler de manyetik alanı açık eğriler şeklinde düşündüğünü açıkça göstermektedir.

- ***Açık Eğri Alan Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2'de, akım geçen tek bir bobinin meydana getirdiği manyetik alan incelenmektedir. Yapılan görüşmeler göstermiştir ki, pek çok Fizik öğretmen adayı (K2, K3, K4, K9, K10, K16, K18, K20, K21) doğada kapalı eğriler şeklinde meydana gelen manyetik alanın, doğrusal şekilde oluştuğunu düşünmektedir. Bu durumu örnek olarak K2 gösterilebilir. K2 ile yapılan görüşmeden ilgili bir alıntı şu şekildedir:

> A: Bobin de bir manyetik alan kaynağıdır dedin. Nasıl bir manyetik alan oluşturur?
>
> K2: Burada bir gerilim kaynağı lazım. Burada da yine akımın yönü bizim için önemli. Akımın yönünü bilmiyorsak da manyetik alanın yönünü bilmemiz gerekir. İkisinden biri mutlaka verilir. Yine sağ el kuralımızı kullanacağız. Sağ el kuralında bu defa dört parmak akımın yönü gösterecek.
>
> A: Peki bobin nasıl bir manyetik alan oluşturur? Şekli nasıldır?
>
> K2: *Manyetik alan tellere paralel olarak oluşur. Dışarı doğrudur.*
>
> A: Her yerde var mıdır peki?
>
> K2: *Hayır. Yalnızca bobinin dışındadır. Bobinin içerisinde manyetik alan oluşmaz.*

K2 bobinin meydana getirdiği manyetik alanın, doğrular şeklinde olduğunu belirtmiştir. Yani manyetik alanın doğası olan başladığı noktaya tekrar geri dönme prensibine aykırı bir yorumda bulunmuştur. Hatta bunun yanı sıra, oluşan manyetik alanın da yalnızca bobinin dış kısmında olduğunu belirtmiştir. Diğer bir ifadeyle Bağlam 2'yi bilimsel olmayan elementlerle ifade etmeye çalışmıştır. Bu nedenle de bu bağlamda AEAM'ye sahiptir.

Bağlam 2'de AEAM 'ı kullanan katılımcılara bir diğer örnek olarak da, K3 gösterilebilir. Gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: Bobin de bir manyetik alan kaynağıdır dedin. Nasıl oluşur? Nelere bağlı olarak değişir bu manyetik alan?

K3: *Yalnızca bobinin iç bölgesinde oluşur ve uçları açık, doğrular şeklindedir. Her noktada eşit büyüklüktedir. Sağ el kuralı ile de yönünü belirleriz.*

A: Uzaklıkla bir ilişkisi var mıdır?

K3: *Hayır. Her yerde sabittir.*

A: Peki nelere bağlı olarak değişir?

K3: Akımın yönü ve büyüklüğü ile ilgilidir. Doğru orantılı olarak değişir.

A: Peki her noktada manyetik alan var mıdır?

K3: Hayır her yerde yoktur. *Mesela bobinin dışında oluşmaz.*

K3 görüşme esnasında bobinin de bir manyetik alan kaynağı olduğundan ve oluşan bu manyetik alanın da bobinin iç bölgesinde ve doğrular şeklinde olduğundan bahsetmiştir. Diğer bir ifadeyle aslında manyetik alanın açık eğriler şeklinde olduğunu ifade etmiştir. Bu ifadeleri ise kendisinin AEAM'ye sahip olduğunun açık bir göstergesidir

- ***Açık Eğri Alan Modeli-Bağlam 3***

Bağlam 3'te birbirlerine yarıçapları kadar mesafede duran özdeş iki bobinin meydana getirdiği manyetik alan incelenir. İlk aşamada eşit büyüklükteki akımların aynı yönlü geçtiği durum, ikinci aşamada ise eşit büyüklükteki akımların zıt aktığı durum araştırılır. Fizik öğretmen adayları (K2, K3, K4, K7, K9, K10, K13, K16, K18, K20, K21) bu sistemde oluşan manyetik alanın başlangıç ve bitiş noktasının belli olmadığını ifade ettiği durumlarda, AEAM'ye sahip olur. Bu modele örnek olarak K2 ile yapılan görüşme gösterilebilir. İlk iki bağlamda olduğu gibi, kendisi bu bağlamda da AEAM'ye sahiptir. Görüşmeden ilgili bir alıntı şu şekildedir:

A: Gelelim Bağlam 3'e. Birbirlerine yarıçapları kadar mesafede duran iki özdeş bobinden ilk aşamada aynı yönlü ve eşit büyüklükte, ikinci aşamada zıt yönlü ve eşit büyüklükte akım geçiriyorum. Nasıl bir etkileşim olmasını beklersin?

K2: Manyetik alan çizgileri hemen başladı bitti diyemeyiz. Normalde mıknatıslarda da manyetik alanı görmüyoruz ama başladı bitti diyemiyoruz. Sonsuza kadar devam ediyor. Yani bobinlerin dış kısmında sonsuza doğru giden manyetik alanlar oluşur.

A: Her noktada aynı mıdır manyetik alanın büyüklüğü?

K2: Hayır. Bobinlere yakın yerlerde daha büyüktür.

A: Bu sistemde en fazla nerededir?

K2: *Birbirini artırması gerekiyor. Aklıma direk akı geliyor. Manyetik alan çizgi sayısı artacak. O zaman ortada en fazladır.*

A: Nelere bağlı olarak değişir bu manyetik alanın büyüklüğü?

K2: Akımın yönü, büyüklüğü, çap...

A: Peki bobinlerden geçen akımın zıt olduğu durum için ne söyleyebilirim?

K2: *Demin birbirini arttırır demiştim. Bu seferde söndürür. Yani tam ortada hiç olmaz manyetik alan. Dışarlara doğru dümdüz gider sonsuza kadar.*

K2 ilk iki bağlamda olduğu gibi, bu bağlamı da AEAM kullanarak açıklamıştır. Bobinlerden aynı yönlü akım aktığı durumda, manyetik alanın merkezde en fazla olmak üzere sonsuza doğru gittikçe azalan doğrular şeklinde olduğunu belirtmiştir. Bobinlerden zıt yönlü akım geçtiğinde ise merkezde sıfır, merkezden uzaklaştıkça da giderek artan doğrular şeklinde olduğunu belirtmiştir. Oluşan manyetik alanın da yalnızca bobinlerin dış kısmında olduğunu belirtmiştir. Bu açıklamalar da K2'nin AEAM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde K3'de AEAM'ye sahip bir öğretmen adayıdır. K3 ile yapılan görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Birbirlerine yarıçapları kadar mesafede duran iki özdeş bobin olduğunu düşünelim ve bu bobinlerden ilk aşamada aynı yönlü ve eşit büyüklükte, ikinci aşamada ise zıt yönlü ve eşit büyüklükte akım geçsin. Nasıl bir etkileşim olmasını beklersin?

K3: *Aynı yönlü akım… Sağ el kuralı yapsam. Böyle böyle desek (eliyle sağ el kuralı uyguluyor.)… İkisi de aynı yönlü oluyor. O zaman vektörel toplamdan orta kısım daha büyük olur. İki bobinin ara kısmında dümdüz sonsuza kadar gider.*

A: Manyetik alanın büyüklüğü için ne söyleyebilirim?

K3: Orta kısımda en fazla, sonra dışarlarda sabit.

A: Peki akımların ters atığı durum için ne söyleyebiliriz?

K3: *Ona da sağ el kuralı uygulayayım… Bu sefer ters oldu manyetik alan. Yani birbirini söndürür. O zaman da orta bölgede manyetik alan olmaz. Bobinlerin iç kısmında dışarı dümdüz gider.*

A: Şunu mu demek istiyorsun: bobinlerin orta kısmında hiç manyetik alan olmaz. Dış kısmında ise yalnızca bobinin içinden çıkıyormuşçasına dışarı doğrusal olarak gider.

K3: *Evet.*

Yapılan görüşmelerden elde edilen veriler incelendiğinde, K3'ün Bağlam 3'ü açıklarken bilimsel olmayan elementler kullandığı görülmektedir. Örneğin manyetik alanın dümdüz çizgiler şeklinde olduğunu belirtmiştir. Diğer bir ifadeyle alanın açık eğriler şeklinde olduğunu ifade etmiştir. Bunun yanı sıra manyetik alanın yalnızca bobinin iç kısmında oluşacağını, dışarıda manyetik alan olmayacağını belirtmiştir. Bu ve benzeri ifadeler açıkça göstermektedir ki, K3 Bağlam 3'ü AEAM ile açıklamaktadır.

Açık Eğri Alan Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrası AEAM ile ilgili örnekler aşağıda verilmiştir.

- ***Açık Eğri Alan Modeli-Bağlam 1***

Mıknatısın manyetik alanının incelendiği Bağlam 1'de, öğretmen adayı manyetik alanın açık eğriler şeklinde olduğunu yani bir noktada başlayıp bir noktada bittiğini düşünüyor ise AEAM'ye sahiptir. Uygulama sonrası görüşmeler incelendiğinde, uygulama öncesinde AEAM'ye sahip katılımcıların (K2, K3, K4, K7, K9, K10, K13, K16, K18, K20, K21) tamamının yine aynı modelde kaldığı görülmüştür. Örneğin K2 ile gerçekleştirilen görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Demir tozları bize neyi ifade ediyor?
>
> K2: Mıknatısın manyetik alanını gösteriyor.
>
> A: Nasılmış bu manyetik alan?
>
> K2: Mıknatısın bir ucundan başlıyor ve diğerinde bitiyor. Her yerde böyle oluyor.
>
> A: Mıknatısın içerisinde manyetik alan yok mu yani?
>
> K2: *Hayır olmaz.*
>
> A: Peki bu mıknatısı ikiye bölsem, sence yeni mıknatısların kutupları için ne söyleyebilirim?
>
> K2: İstediğiniz kadar bölün. Yine de bir ucu manyetik kuzey diğer ucu manyetik güney olur.

K2 ile yapılan görüşmede, kendisinin mıknatısın içerisini göremediğimiz için, sahip olduğu AEAM'yi sürdürdüğünü görüyoruz. Hatta bu nedenden dolayı, katılımcının sahip olduğu model de desteklenmektedir. Sahip olduğu manyetik alanın açık eğriler şeklinde oluştuğu düşüncesi, maalesef değiştirilememiştir. Bu deney de zaten, eğitimin neredeyse her basamağında kullanılan bu deneyin

aslında öğrencilerde bilimsel olmayan bir modele neden olduğunu göstermek için seçilmiştir. Görüşmeden de anlaşılacağı gibi, AEAM'ye kaynaklık etmektedir.

Sözde Denge Modeli (SDM). Bu model, üç tane bilimsel ve bir tane de bilimsel olmayan element olmak üzere toplamda dört element içermektedir. Katılımcılar bağlamları açıklarken, bu dört elementi içeren ifadelerde bulunmuşlardır ve bu nedenle de melez bilimsel olmayan modele sahiptirler. Bu bilimsel elementler aşağıda verilmiştir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Akım Büyüklüğü ve Yönü
- Manyetik Etkileşim

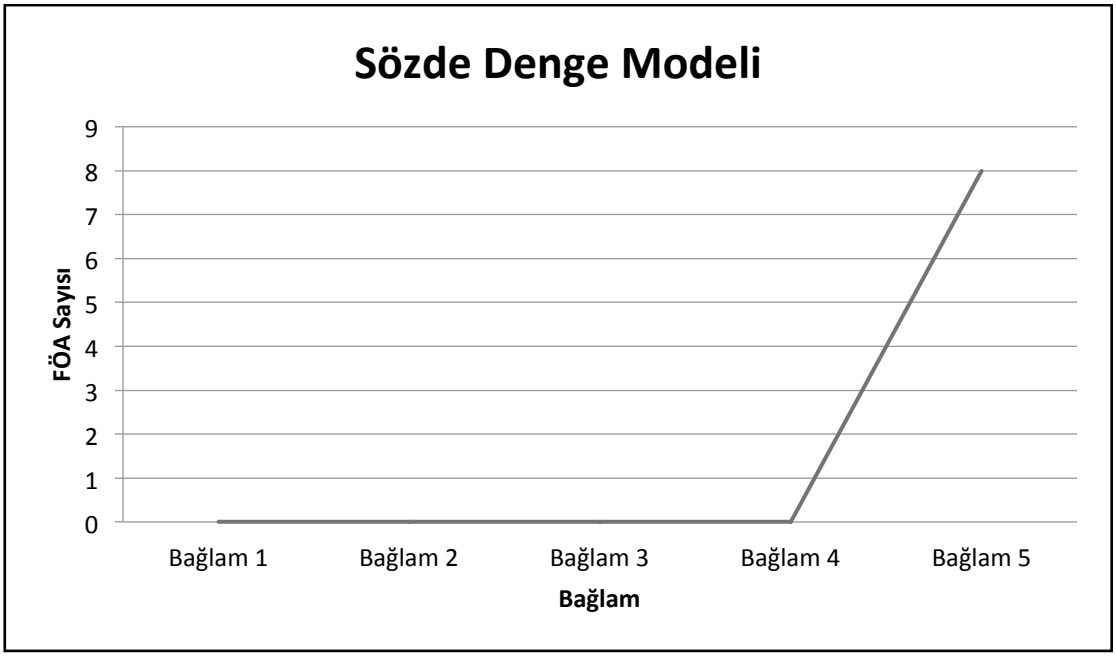
Bilimsel Olmayan Elementler:

- Sözde Mekanik Denge

Bu modelin katılımcılar tarafından kullanılan operasyonel tanımları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Manyetik alan vektörel bir alandır ve bundan dolayı toplanabilirlik ilkesine de uyar.
- Manyetik alanı oluşturan akımın büyüklüğü ve yönü manyetik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- Dış manyetik alanda bulunan yükler üzerinde oluşan manyetik kuvvet, yükü çekebilir ya da itebilir.
- Bir denge noktasına etki eden net kuvvet sıfır ise cisim her zaman sabit durur, dönmez. Asla tork meydana gelmez.

Sözde Denge Modeli'nin uygulama öncesindeki bağlamlara göre dağılımı Şekil 56 ile verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, bu model Fizik öğretmen adayları tarafından yalnızca Bağlam 5 'te kullanılmıştır.



Şekil 56. Sözde Denge Modeli-Bağlam ilişkisi.

Sözde Denge Model'ine Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Uygulama öncesinde SDM'nin bağlamlara göre kullanım örnekleri şu şekildedir:

- ***Sözde Denge Modeli-Bağlam 5***

Bağlam 5 dönme ekseni etrafında sabitlenmiş akım geçen dikdörtgen şeklindeki tellerin dış bir manyetik alanda bulunduğu durumu incelemektedir. Bu modelde katılımcılar toplam momentin sıfır olmamasına rağmen, yalnızca teller üzerine etkiyen bileşke kuvvet sıfır diye sistemin hareket etmeden sabit kalacağını düşünmektedirler. Bu nedenle de öğretmen adayları (K1, K2, K4, K8, K10, K13, K19, K22) SDM'ye sahiptirler. Örneğin K1, Bağlam 5 ile ilgili açıklamalarında SDM'yi kullanmıştır. Görüşmeden ilgili bir alıntı şu şekildedir:

> A: Dış bir manyetik alana akım geçen bir dikdörtgen ilmeği alanda paralel olarak bırakırsak, sence herhangi bir değişim gözlemler miyiz?
>
> K1: *Hayır, gözlemlemeyiz.*
>
> A: Neden?
>
> K1: Şimdi... *Tellerden akım geçtiğine göre demek ki, üzerlerine bir manyetik kuvvet etki edecek demektir. Ama bu kuvvetler* $\vec{F} = I\,\vec{l}x\vec{B}$ *dersek, yani karşılıklı kenarlara eşit büyüklükte bir kuvvet etki eder demek. Akım da aynı sonuçta. Şimdi bir de sağ el kuralı uygulayalım tellere...*
>
> A: Neden?

K1: Çünkü manyetik alan vektöreldir. Üç-boyutlu olduğu için de, sağ el kuralı uygulanır... *Bu durumda kuvvetler eşit ve zıt yönlü olduğu için dönmez.*

A: Peki ben akım ilmeğini alana açılı bir şekilde bıraksam, herhangi bir farklılık olur mu?

K1: Hayır olmaz. *Sonuçta kuvvette bir değişim yok.* İlk durumda olduğu gibi öylece durur.

Yapılan görüşmeden de anlaşılacağı gibi, K1 Bağlam 5 ile ilgili ifadelerinde dönme ekseni etrafındaki tellere etkiyen manyetik kuvvetin eşit olduğu her durumda, tellerin sabit bir şekilde duracağını ifade etmiştir. Diğer bir ifadeyle, denge şartı olarak yalnızca bileşke kuvvetin sıfır olduğu durumu düşünürken, toplam momentin durumunu göz ardı etmiştir. Bu nedenle de tüm durumlarda, akım ilmeklerinin hareket etmeden duracağını belirtmiştir. Bu nedenle de K1 bu bağlamda SDM'ye sahiptir.

Bu modelle ilgili bir diğer örnek K2'dir. Denge şartları konusunda sahip olduğu eksik bilgiden kaynaklı olarak Bağlam 5'te SDM'ye sahiptir.

A: Şimdi Bağlam 5 ile ilgili sorularımıza geçelim. Dış bir manyetik alana akım geçen bir dikdörtgen şeklindeki bir ilmeği, manyetik alana paralel olarak bırakırsak, sence herhangi bir değişim gözlemler miyiz?

K2: Burada sağ el kuralını düşünmem lazım.

A: Nasıldır bu kural?

K2: Başparmak akım, işaret parmağı manyetik alan ve üç parmak da manyetik kuvveti gösterir. Şimdi her bir tel için tek tek düşünürsem... *Dikdörtgensel cisim hareket etmez. Çünkü karşılıklı iki kuvvetler ve cisimlerin boyları eşit olduğu için, birbirini götürecektir. Vektörel büyüklük sonuçta.*

A: Bu kuvvetlerin eşit olması bize neyi gösterir?

K2: Birbirlerini yok ederler. Yani ilmek sabit durur*. Bileşke kuvvet toplamında zıt kuvvetler birbirini götüreceği için, hareket etmez.*

A: Peki farklı bir açı versem bir hareket yapar mı yoksa aynı şekilde durur mu?

K2: *Yine aynı şekilde durur. Herhangi bir hareket yapacağını düşünmüyorum. Çünkü bir taraftan açıyı arttırdım zaman, diğer taraftan açıyı azaltmış oluyorum. Bu da sistemin dengede kalmasını sağlar. Sonuçta kuvvetler birbirini götürüyor.*

K2 ile Bağlam 5 hakkında gerçekleştirilen görüşmeden de açıkça görülmektedir ki, kendisi mekanik denge şartlarına tam olarak hakim değildir. Kuvvetlerin dengede olmasını, sistemin dengede kalması için yeterli görmektedir. Oysaki burada bileşke moment oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Net kuvvet sıfır olmasına rağmen, sisteme açı verildiği durumda bileşke moment sıfırdan farklı olduğu için bir tork meydana gelmekte ve sistem dönmeye başlamaktadır. Fakat K2 durumu bu şekilde bilimsel olarak açıklayamadığı için, SDM'ye sahiptir.

Sözde Denge Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrasında bu modeli kullanan Fizik öğretmen adayı bulunmamaktadır. Bağlam 5 yardımıyla bu modeldeki bilimsel olmayan elementler artık Fizik öğretmen adayları tarafından kullanılmamaya başlanmıştır.

Öz-etki Alan Modeli (ÖAM). Bu model, üç tane bilimsel ve bir tane de bilimsel olmayan element olmak üzere toplamda beş element içermektedir. Katılımcılar bağlamları açıklarken, bu dört elementi içeren ifadelerde bulunmuşlardır. Bu model hem bilimsel hem de bilimsel olmayan elementler içerdiği için de, melez bilimsel olmayan modeldir. İlgili elementler aşağıda verilmiştir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Akım Büyüklüğü ve Yönü
- Manyetik Etkileşim

Bilimsel Olmayan Elementler:

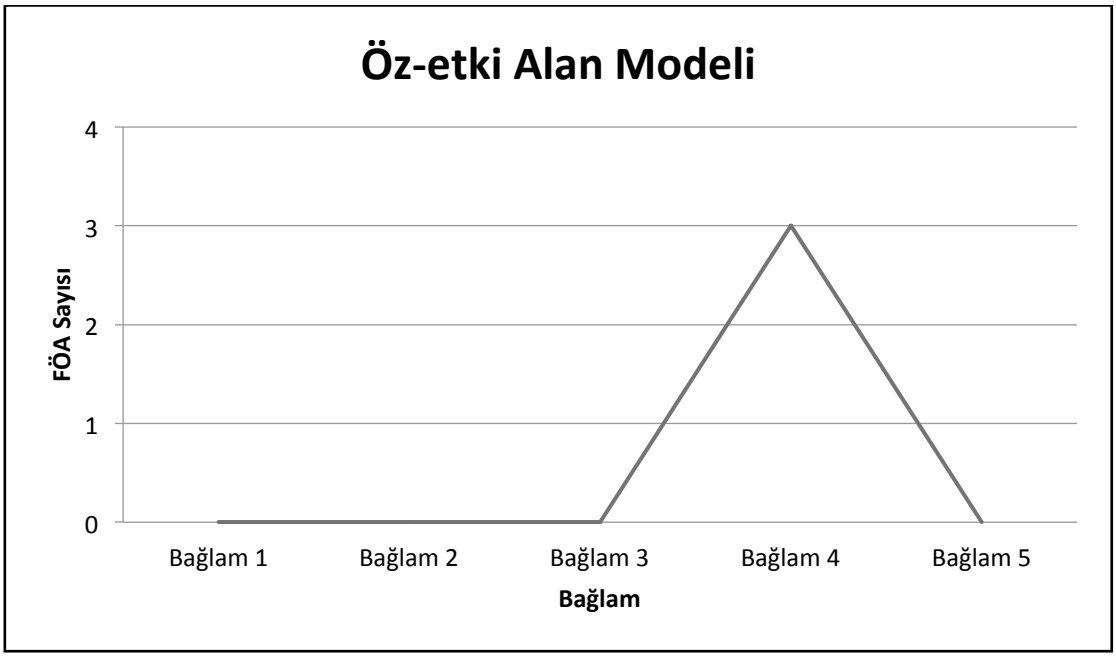
- Öz Alanıyla Etkileşim

Bu modelin katılımcılar tarafından kullanılan operasyonel tanımları ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Manyetik alan, kendisini oluşturan kaynağa etki eder.
- Manyetik alan vektörel bir alandır ve bundan dolayı toplanabilirlik ilkesine de uyar.
- Manyetik alanı oluşturan akımın büyüklüğü ve yönü manyetik alanı doğru orantılı olarak etkiler.

- Dış manyetik alanda bulunan yükler üzerinde oluşan manyetik kuvvet, yükü çekebilir ya da itebilir.

Uygulama öncesinde ÖAM'nin bağlamlara göre dağılımı Şekil 57 ile verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi, bu model Fizik öğretmen adayları tarafından yalnızca Bağlam 4'te kullanılmaktadır.



Şekil 57. Öz-Etki Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Öz-etki Alan Model'ine Ait Uygulama Öncesi Bulgular. Fizik öğretmen adaylarının uygulama öncesinde bağlamlarda ÖAM'yi kullandıkları örnekler şu şekilde verilebilir:

- ***Öz-etki Alan Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4 dış bir manyetik alanda bulunan akım geçen iletkenin incelendiği bir bağlamdır. İletkenin oluşturduğu manyetik alanın yanı sıra, ortamda dış bir manyetik alanın da bulunuyor olması, öğretmen adaylarının zihninde karmaşa oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle de akım geçen iletken üzerinde oluşan manyetik kuvvetin, ortamdaki her iki manyetik alanında etkisiyle oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu durum ise onların (K2, K9, K20) ÖAM'ye sahip olmalarına neden olmuştur. K9 ile yapılan görüşmelerden, ilgili bir alıntı aşağıdaki gibidir:

A: “Manyetik alan” kavramı sana ne ifade ediyor?

K9: Manyetik alan... Aklıma ilk olarak $\vec{F} = q\,\vec{V}x\vec{B}$ geliyor.

A: Ne anlatıyor bize bu formül?

K9: Bir *yük var ve bu yükün bir hızı var. Böylece bir alan oluşuyor ve bu alan da yük üzerine bir kuvvet uyguluyor.*

A: O zaman manyetik alan kendisi üzerine bir kuvvet mi uygulamış oluyor?

K9: Evet.

***

A: Bir q yükünü bir dış manyetik alana getirmiş olsam, yük üzerinde bir etki bekler misin?

K9: Az önce dediğim gibi... Bu kez de formüldeki *manyetik alan $\vec{B}$, hem yükün hem de dış manyetik alanın her ikisinin de toplamı olmuş olur. Yani her ikisi de aynı anda yüke etkimiş olur.*

A: Bu kuvvetlerin yüke nasıl bir etkisi olur?

K9: *Onu itebilir ya da çekebilir.*

A: Peki dış manyetik alandaki yük yerine akım geçen bir tel olsaydı nasıl olurdu?

K9: Bu sefer formül değişirdi. $\vec{F} = i\,\vec{l}\times\vec{B}$ olurdu.

A: Bu formüldeki manyetik alan için ne söyleyebiliriz?

K9: Buradaki de aynı. *Bu seferde telin manyetik alanı ile ortamın manyetik alanının toplamıdır.*

Yapılan görüşme incelendiğinde, K9’un dış bir manyetik alanda bulunan ve kendisi de bir manyetik alan kaynağı olan hareketli yükün veya akım geçen iletkenin üzerine bir manyetik kuvvet etki edeceğini ifade ettiği görülmüştür. Fakat oluşan bu manyetik kuvvetin kaynağının, hem dış manyetik alan hem de kendi oluşturduğu manyetik alanın toplamı olduğunu belirtmiştir. Diğer bir ifadeyle kendi oluşturduğu manyetik alanın kendi üzerinde bir manyetik kuvvet etki ettirdiğini ifade etmiştir. Bu açıklamalar ise K9’un ÖAM’ye sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

ÖAM’ye sahip bir diğer Fizik öğretmen adayı da K2’dir. Bağlam ile ilgili yapılan görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Manyetik alan nedir?

K2: Yüklü bir tanecik *hareket ediyor ve bir etki meydana getiriyor. Bu etki manyetik alandır.* Yani yüklü bir tanecik giderken etrafında etki oluşturuyor.

A: Manyetik alan skaler mi yoksa vektörel midir?

K2: *Vektöreldir*. Yönü, büyüklüğü, şiddeti vardır.

***

A: Peki akım geçen bir tele dış bir manyetik alan etki ederse, aralarında bir etkileşim gerçekleşir mi?

K2: Evet. *Şöyle ki akım geçen tel dış manyetik alana girmesiyle birlikte manyetik kuvvet oluşur.*

A: Yani diyorsun ki akım geçen bir tele dış bir manyetik alan etki ettiği zaman bir manyetik kuvvet meydana gelir.

K2: *Şöyle olabilir mesela akım geçen tel için düşündüğüm zaman bir manyetik alan oluşturacak. Bu manyetik alandan da bir kuvvet oluşacak sonuçta.*
A: Kendi oluşturduğu alanda mı bahsediyorsun?

K2*: Kendi oluşturduğu alanda olabilir. İlla bir dış manyetik alana girmesi gerekmiyor. Normalde bir tel koyuyoruz yanına, bir yük koyuyoruz mesela, oradaki* manyetik kuvveti bulmak istediğimizde ya da etki durumunu bulmak istediğimizde direk telin üzerinde gidiyoruz.

A: O zaman oluşan bu manyetik kuvvet, akım geçen tel üzerine etki edecek mi?

K2: *Evet*.

K2'nin açıklamasından da anlaşılacağı gibi, ÖAM'ye sahip olduğu söylenebilir. Çünkü ifadelerinde net olarak dış manyetik alan olmadan da manyetik kuvvet meydana gelebileceğini ve oluşan bu manyetik kuvvetin de manyetik alan kaynağına etki edeceğini belirtmiştir. Yani kendi oluşturduğu manyetik alanın, kendisi üzerinde bir manyetik kuvvet oluşturacağını düşünmektedir.

Öz-Etki Alan Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. Uygulama sonrasında bu modeli kullanan Fizik öğretmen adayı bulunmamaktadır. Bağlam 4 yardımıyla bu modeldeki bilimsel olmayan elementler Fizik öğretmen adayları tarafından kullanılmamaya başlanmıştır.

Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM). Kuvvet Temelli Alan Modeli, Fizik öğretmen adaylarının dört bilimsel elementin yanı sıra iki tane de bilimsel olmayan element yardımı ile bağlamları ifade ettiği modeldir. Bu modelde her iki element türü de kullanıldığı için, melez bilimsel olmayan bir modeldir. Bu elementler şu şekilde sıralanabilir:

Bilimsel Elementler:

- Vektörel Alan
- Akım Büyüklüğü ve Yönü
- Uzaklık
- Manyetik Etkileşim

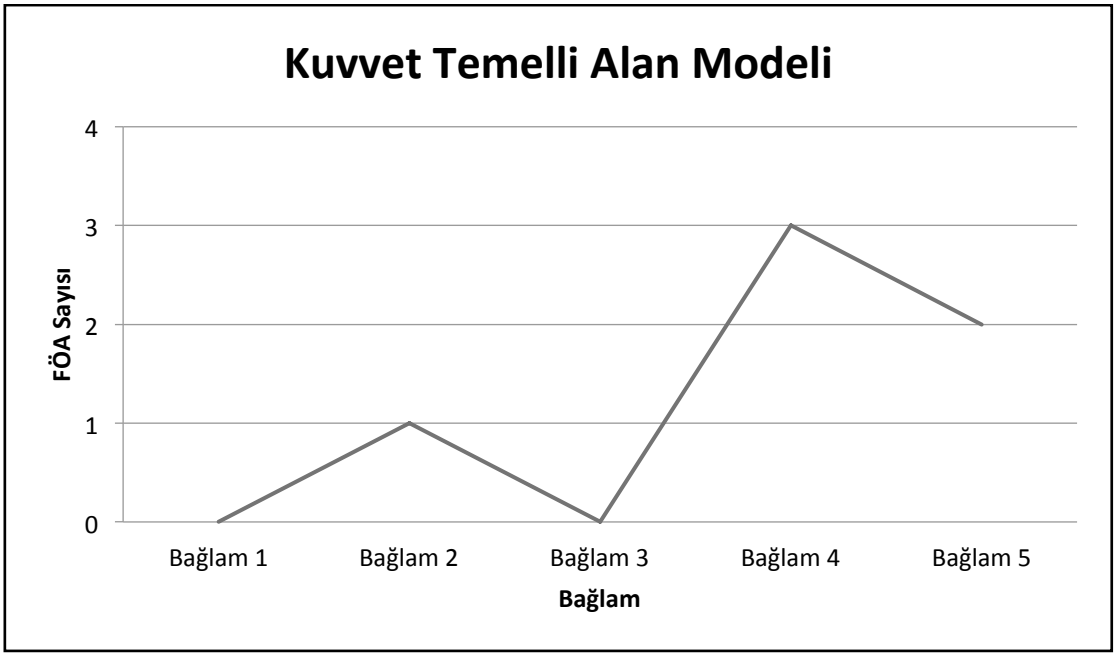
Bilimsel Olmayan Elementler:

- Sözde Mekanik Denge
- Kuvvetten Doğan Alan

Bu modelde Fizik öğretmen adayları, kavramlarla ilgili şu ifadelere yer vermişlerdir:

- Manyetik alan vektörel bir alandır ve bu nedenle toplanabilirlik ilkesine uyar.
- Manyetik alanı oluşturan akımın büyüklüğü ve yönü manyetik alanı doğru orantılı olarak etkiler.
- Düzgün olmayan manyetik alan uzaklıkla ters orantılıdır.
- Dış manyetik alanda bulunan yükler üzerinde oluşan manyetik kuvvet, yükü çekebilir ya da itebilir.
- Manyetik alan manyetik kuvvet tarafından meydana getirilir. Başka bir ifadeyle manyetik kuvvetin meydana gelmesi sonucunda, manyetik alan meydana gelir.
- Manyetik kuvvetler eşitse, manyetik kuvvetin cismin hangi noktasına etki ettiğinin bir önemi yoktur. Hiç bir durumda tork meydana gelmez. Cisim dönmez.

KTAM'nin uygulama öncesindeki bağlamlara göre dağılımı Şekil 58 ile verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, bu model birinci ve üçüncü bağlamlarda hiçbir katılımcının ifadesinde yer almamıştır. KTAM en fazla Bağlam 4'te kullanılmıştır.



Şekil 58. Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam ilişkisi.

Kuvvet Temelli Alan Model'ine Ait Uygulama Öncesi Bulgular. KTAM'nin uygulama öncesindeki bağlamlara göre kullanım örnekleri aşağıdaki gibidir:

- ***Kuvvet Temelli Alan Modeli-Bağlam 2***

Bağlam 2, tek bir bobinin meydana getirdiği manyetik alanı ayrıntılı bir şekilde incelemektedir. KTAM Fizik öğretmen adaylarının manyetik alanın, manyetik kuvvetten kaynaklanan bir alan olduğunu ifade ettiği modeldir. Bu modele yalnızca K7 örnek olarak gösterilebilir. Bağlam 2 ile ilgili K7 ile yapılan görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Manyetik alan nedir?

K7: *Manyetik kuvvetin sonucunda, manyetik alan oluşur.*

A: Biraz açıklar mısın?

K7: Yani manyetik alanın oluşması için, önce ortamda bir manyetik kuvvet meydana gelmesi lazım. O da $\vec{F} = q\vec{V}\times\vec{B}$. Manyetik kuvvetin büyüklüğü yüke bağlıdır. Yükün hızına bağlıdır.

***

A: Akım geçen bir tel manyetik alan meydana getirir demiştin. Nasıldır bu manyetik alan?

K7: Evet. Telin etrafında meydana gelir daireler şeklinde.

A: Manyetik alanı manyetik kuvvet meydana getirir demiştin. Burada durum nasıldır?

K7: Sağ el kuralı ile**.** *Başparmağım akımın yönünü, dört parmağım manyetik alanın yönünü ve avuç içim de manyetik kuvvetin yönünü gösterir.*

A: Bu durumda manyetik kuvvet nereye doğrudur?

K7: Manyetik kuvvet her zaman merkeze doğrudur. *Önce bu kuvvet merkeze doğru oluşur. Sonra da akım meydana gelir.*

***

A: Peki akım geçen bir bobinin de manyetik alan meydana getireceğini ifade etmiştin. Nasıl meydana gelir bu alan?

K7: *Akım akmaya başlayınca içe doğru manyetik kuvvet oluşur ve bu da manyetik alan oluşturur. Yine sağ el kuralını kullanabiliriz. Manyetik kuvvet içe olur, manyetik alan tellerin etrafında elips gibi kapalı daireler oluşturur.*

A: Bobinin manyetik alan nelere bağlı olarak değişir?

K7: *Uzaklık, sarım sayısı.*

Yapılan görüşmeden de anlaşılacağı gibi, K7 manyetik kuvvetin sonucunda manyetik alanın meydana geleceğini belirtmiştir. Diğer bir ifadeyle, manyetik alanın kaynağının, manyetik kuvvet olduğunu düşünmektedir. Bunun yanı sıra manyetik alanın vektörel bir büyüklük olduğunu formül yardımıyla ifade etmiştir. Bu ifadeler K7'nin KTAM'ye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca bobinin manyetik alanının uzaklık ve sarım sayısıyla değiştiğini de ifade etmiştir.

- ***Kuvvetten Temelli Alan Modeli-Bağlam 4***

Bağlam 4'te dış manyetik alanın, akım geçen iletken bir tel üzerine etkisi incelenmektedir. Fizik öğretmen adayları (K6, K7, K18) bu bağlamla ilgili sorulara, manyetik alanın manyetik kuvvet tarafından meydana getirildiğini ifade ederlerse, bu onların KTAM'ye sahip olduğunu göstermektedir. K6 ile Bağlam 4 kapsamında yapılan görüşme incelendiğinde de, bağlamı KTAM ile açıkladığı görülmüştür. İlgili bir alıntı şu şekildedir:

A: Bağlam 4'te akım geçen iletken bir tele, dış bir manyetik alan uyguluyoruz. Bu uygulamada akım terazisini kullanıyoruz. Mıknatıs sistemini dijital bir tartının üzerine yerleştirip ve darasını alıyoruz. Akım geçen teli ise bu iki özdeş mıknatısın arasına, mıknatıslara paralel olacak şekilde yerleştiriyoruz. Sence dijital tartıda herhangi bir değer okur muyum?

K6: Sistem gerçekten enteresan duruyor. Tartıyla manyetik alanı hiç düşünmemiştim. Şimdi bir akıl yürüteyim. Burada bir manyetik alan ve bir

de akım var. Formülü düşünürsem, $\vec{F} = \vec{B}il$. *Burada F manyetik kuvvet, B manyetik alan, i akım ve l de telin boyu. Hımm... Manyetik kuvvet manyetik alan oluşturur. Bu manyetik kuvvette manyetik alan, akım ve de telin boyuyla doğru orantılı olarak değişir.*

A: Formülde yer alan manyetik alan, manyetik kuvvetin sonucunda mı meydana gelir?

K6*: Evet. Manyetik kuvvet her zaman manyetik alan oluşturur. Burada da tele kuvvet etki edince, manyetik alan meydana gelir.*

A: Peki telden akım geçtiği durumda dijital tartıda bir değer okur muyum?

K6: Şimdi o kuvvetin yönüne bağlı. Sağ el kuralı uygularsam, manyetik kuvvet ya yukarı ya da aşağıya oluyor. Aşağıya olursa değer gösterir ama yukarıya olursa gösterir mi bilmiyorum.

K6 manyetik kuvvetin manyetik alan meydana getirdiği düşüncesine sahiptir. Bu görüşünü ise $\vec{\mathrm{F}} = \vec{\mathrm{B}}\mathrm{i}\ell$ formülüne getirmiş olduğu yorumla desteklemiştir. Bu formüldeki manyetik kuvvetin, yine formülde yer alan manyetik alana kaynaklık ettiğini ifade etmiştir. Bu ifadeler de, K6'nın açıkça KTAM'ye sahip olduğunu göstermektedir.

Bu modele K7 ile yapılan görüşme, başka bir örnek olarak gösterilebilir. Görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

A: Bu bağlamda akım geçen iletken bir tele, dış bir manyetik alan uyguluyoruz. Bu uygulamayı da görmüş olduğun akım terazisi yardımıyla gerçekleştiriyoruz. Mıknatıs sistemini dijital bir tartının üzerine yerleştiriyoruz ve darasını alıyoruz. Akım geçen teli ise bu iki özdeş mıknatısın arasına, mıknatıslara paralel olacak şekilde yerleştiriyoruz. Sence dijital tartıda herhangi bir değer okur muyum?

K7: Düşünmem lazım... Şimdi bu sistem dış manyetik alandaki akım geçen iletken tel olmuş oldu. Bunun bir formülü vardı. Neydi?... $\vec{F} = \vec{B}il$. *Şimdi burada manyetik kuvvet sonucunda, manyetik alan oluşuyor. Bunu zaten formülden görebiliyoruz.* Kuvvet oluşuyor ama acaba tartıyı etkiler mi bir düşünmem lazım.

A: Bu manyetik kuvvetin yönü nelere bağlıdır?

K7: Hemen sağ el kuralı yaparım. Avuç içim manyetik kuvveti, işaret parmağım manyetik alanı ve başparmağım da akımı gösterir. Bu sistemi düşünecek olursam, akımın ve manyetik alanın yönüne göre manyetik kuvvetin yönünü söylerim. Şöyle bir elimle hayal edecek olursam,.... Ya yukarı ya da aşağı olur. Hımm o zaman demek ki *tartıya doğru bir kuvvet var. O zaman değer okuyabilirim.* Kuvvet tartıya değmiyor ama...

K7, görüşme esnasında $\vec{F} = \vec{B}i\ell$ formülünü yorumlarken, manyetik alan sonucunda manyetik kuvvet oluştuğunu ifade etmiştir. Bu açıklama, KTAM için kilit konumdadır. Görüşmenin devamını da bu açıklamasına uygun olarak devam ettirmiştir. Dijital tartı üzerinde manyetik kuvvetten kaynaklı bir değer okuyacağını da belirten K7, bu kuvvetin temas gerektirmeyen bir kuvvet olduğunu da ifadelerine eklemiştir.

- ***Kuvvetten Temelli Alan Modeli-Bağlam 5***

Bağlam 5 elektrik motorunun çalışma prensibini inceleyen bir bağlamdır. Katılımcılar (K6, K7) manyetik alanın manyetik kuvvet tarafından meydana getirildiğini belirttikleri durumda, bağlamı KTAM'yi kullanarak açıklamış olurlar. KTAM'ye örnek olarak, K6 ile yapılan görüşmeden ilgili bir alıntı şu şekildedir:

> A: Bağlam 5'te dikdörtgen şeklinde sarılmış ve tam ortasından dönebileceği şekilde tutturulmuş içinden akım geçen teller üzerine dış bir manyetik alan uygulanıyor. İlk kısımda teller yere paralel bir şekilde duruyor. İkinci kısımda ise tellere bir miktar açı veriliyor. Sistemde her iki durumda da herhangi bir değişiklik olmasını bekler misin?
>
> K6: Üst kısımda duran mıknatıs, bir manyetik alan sağlar. Bu manyetik alanın içerisinde duran tellerin üzerine de manyetik kuvvet etki eder. Burada dikdörtgen teller olduğuna göre, karşılıklı kuvvetler aynı olur. O zaman onlarda birbirini götürür. *Yani hareket olmaz.*
>
> A: Her iki durumda da mı olmaz?
>
> K6: *Hayır. Açı kuvveti etkilemez.*
>
> A: Peki daha önce manyetik kuvvet manyetik alan yaratır demiştin. Teller üzerine etkiyen manyetik kuvvetin de böyle bir etkisi var mıdır?
>
> K6: *Tabii ki vardır. Tellere kuvvet etki edince, teller üzerinde bir manyetik alan meydana gelir.*

K6 manyetik kuvvetin bir manyetik alan meydana getireceğini ifade etmektedir. Bu ifadesi K6'nın KTAM'ye sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Bunun yanı sıra, iletken tellere etkiyen karşılıklı kuvvetlerin eşit olduğu durumda, sistemin sabit kalacağını belirtmiş olması, K6'nın mekanik denge kurallarına tam olarak hakim olmadığını göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, yalnızca karşılıklı kuvvetlerin eşit olmasını, mekanik denge için yeterli görmektedir. Yani toplam momentin sıfır olma durumunu göz ardı etmektedir.

KTAM'ye sahip bir diğer katılımcı K7'dir. Bağlam 5 ile ilgili açıklamalarından, K7'nin KTAM'ye sahip olduğu açıkça görülmektedir. Görüşmeden bir alıntı şu şekildedir:

> A: Bu bağlamda dikdörtgen şeklinde sarılmış ve tam ortasından dönebileceği şekilde tutturulmuş içinden akım geçen teller üzerine dış bir manyetik alan uygulanıyor. İlk olarak teller yere paralel bir şekilde duruyor. İkinci aşamada ise tellere bir miktar açı veriliyor. Sistemde her iki durumda da herhangi bir değişiklik olmasını bekler misin?
>
> K7: Şimdi burada da dış manyetik alan var. Formülümüze $\vec{F} = \vec{B}il$ demiştim. *Akım geçen tellere dış manyetik alandan dolayı kuvvet uygulanacak ve bu sayede tellerde de bir manyetik alan meydana gelecek. Şimdi sisteme bakacak olursak, iki kısa iki de uzun kenar var. Bunların üzerine eşit kuvvet etkir. O zaman kuvvetler birbirini götürür. O yüzden de hiç oynamadan durur.*
>
> A: Her iki durumda da sabit mi durur?
>
> K7: *Evet. Sonuçta açı verince kuvvetler değişmiyor.*

K7 dış bir manyetik alanda bulunan akım geçen teller üzerine bir manyetik kuvvet etki edeceğini ve bu kuvvetin de bir manyetik alan yaratacağını ifade etmiştir. Bu ifadeleri, K7'nin KTAM'ye sahip olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, K7 manyetik alanı kuvvet temelli olarak düşünmektedir. Bunun yanı sıra, mekanik denge şartı olarak da yalnızca net kuvveti düşünmektedir. Denge koşulundaki tork faktörünü hiç ele almamıştır. Yalnızca kuvvetlerin birbirini dengelemesini, denge koşulu için yeterli bulmaktadır.

Kuvvet Temelli Alan Model'ine Ait Uygulama Sonrası Bulgular. KTAM'nin uygulama sonrasındaki bağlamlara göre kullanım örnekleri aşağıdaki gibidir:

- ***Kuvvetten Temelli Alan Modeli-Bağlam 2***

Tek bir akım geçen bobinin manyetik alanının incelendiği Bağlam 2'de, şayet öğretmen adayları manyetik alanın kaynağının manyetik kuvvet oluştuğunu düşünüyorlar ise KTAM'ye sahiptirler. Yapılan incelemelerde uygulama öncesinde KTAM'ye sahip olan katılımcıların tamamının, uygulama sonrasında da aynı modele sahip olduğu görülmüştür. Örneğin Bağlam 2'de bu duruma örnek olarak yalnızca K7 gösterilebilir. İlgili alıntı şu şekildedir:

A: Akım geçen bir tel manyetik alan oluşturur demiştin, değil mi?

K7: Evet, öyle dedim.

A: Neydi peki bu manyetik alanın kaynağı?

K7: *Manyetik kuvvet manyetik alan oluşturuyordu.*

A: Bobinin yere paralel olan x-eksenini düşünecek olursan, manyetik alanın büyüklüğü için ne söyleyebilirsin?

K7: Manyetik alan uzaklığa bağlıdır. Bobinin dışında daha azdır. Yaklaşınca artar.

A: En fazla değeri nerede alır?

K7: Bobinin tam orta noktasında.

A: Bakalım öyle mi olacak?

(Uygulama gerçekleştirilir.)

K7: Uzaklıkla ters orantılı olduğu için bilmiş oldum.

A: Oluşan bu manyetik alanın kaynağı nedir peki?

K7: *Manyetik kuvvettir.*

A: Burada manyetik kuvvet nereye uygulanıyor?

K7: *Havadaki moleküllerle etkileşiyor.*

A: *Havasız bir ortamda yapsaydık deneyi ne olurdu?*

K7: O zaman yalnızca akımı oluşturan elektronlar üzerine kuvvet etki ederdi ve manyetik alan oluşurdu.

K7 ile yapılan görüşmeden de anlaşılacağı üzere, kendisi manyetik alanın kaynağının manyetik kuvvet olduğunu düşünmektedir. Fakat uygulama yardımıyla kendisine manyetik kuvvetin, manyetik alandan kaynaklandığı gösterilemediği için, uygulama sonrasında da zihinsel modeli KTAM olarak kalmıştır.

Fizik Öğretmen Adaylarının Manyetik Alan Konusundaki Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri

Fizik öğretmen adayları ile uygulama öncesi, uygulama sonrası ve uygulama sonrası zihinsel modellerin kalıcılığının incelenmesi olmak üzere üç aşamalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların bağlamlara göre zihinsel modelleri sırasıyla Tablo 20, Tablo 21 ve Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 20

Katılımcıların Manyetik Alan Konusundaki Uygulama Öncesi Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri

Katılımcılar	Bağlam 1	Bağlam 2	Bağlam 3	Bağlam 4	Bağlam 5
K1	BM	BM	BM	BM	SDM
K2	AEAM	AEAM	AEAM	ÖAM	SDM
K3	AEAM	AEAM	AEAM	BM	BM
K4	AEAM	AEAM	AEAM	BM	SDM
K5	MDM	MDM	MDM	MY	MDM
K6	ETAM	ETAM	MY	KTAM	KTAM
K7	AEAM	KTAM	AEAM	KTAM	KTAM
K8	ETAM	ETAM	CY	CY	SDM
K9	AEAM	AEAM	AEAM	ÖAM	MY
K10	AEAM	AEAM	AEAM	BM	SDM
K11	ETAM	ETAM	CY	MY	MY
K12	MDM	MDM	MDM	MDM	MY
K13	AEAM	MY	MY	BM	SDM
K14	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K15	MY	MY	MY	MY	MY
K16	AEAM	AEAM	AEAM	BM	BM
K17	MDM	MDM	MDM	MY	MY
K18	AEAM	AEAM	AEAM	KTAM	MY
K19	ETAM	ETAM	CY	MY	SDM
K20	AEAM	AEAM	AEAM	ÖAM	CY
K21	AEAM	AEAM	AEAM	BM	MY
K22	AEAM	MY	MY	MY	SDM

** CY: Cevap Yok, MY: Model Yok*

Tablo 21

Katılımcıların Manyetik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Bağlamlara Göre Zihinsel Modelleri

Katılımcılar	Bağlam 1	Bağlam 2	Bağlam 3	Bağlam 4	Bağlam 5
K1	BM	BM	BM	BM	BM
K2	AEAM	BM	BM	BM	BM
K3	AEAM	BM	BM	BM	BM
K4	AEAM	BM	BM	BM	BM
K5	CY	MDM	MDM	MDM	MDM
K6	MY	MY	BM	BM	BM
K7	AEAM	KTAM	BM	BM	BM
K8	MY	MY	BM	BM	BM
K9	AEAM	BM	BM	BM	MY
K10	AEAM	BM	BM	BM	BM
K11	MY	MY	BM	BM	CY
K12	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K13	AEAM	BM	BM	BM	BM
K14	MDM	MDM	MDM	MDM	MY
K15	CY	BM	BM	BM	MY
K16	AEAM	BM	BM	BM	BM
K17	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K18	AEAM	BM	BM	BM	BM
K19	MY	MY	BM	BM	BM
K20	AEAM	BM	BM	BM	BM
K21	AEAM	BM	BM	BM	BM
K22	CY	BM	BM	BM	CY

** CY: Cevap Yok, MY: Model Yok*

Tablo 22

Katılımcıların Manyetik Alan Konusundaki Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerinin Kalıcılıkları

Katılımcılar	Bağlam1	Bağlam2	Bağlam3	Bağlam4	Bağlam5
K1	X	X	X	X	X
K2	X	X	X	X	X
K3	BM	BM	BM	BM	BM
K4	BM	BM	BM	BM	BM
K5	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K6	MY	MY	BM	BM	BM
K7	X	X	X	X	X
K8	MY	MY	BM	BM	BM
K9	BM	BM	BM	BM	MY
K10	BM	BM	BM	BM	BM
K11	MY	MY	BM	BM	CY
K12	MDM	MDM	MDM	MDM	MDM
K13	BM	BM	BM	BM	BM
K14	MDM	MDM	MDM	MDM	MY
K15	BM	BM	BM	BM	MY
K16	BM	BM	BM	BM	BM
K17	X	X	X	X	X
K18	BM	BM	BM	BM	CY
K19	MY	MY	BM	BM	BM
K20	X	X	X	X	X
K21	X	X	X	X	X
K22	BM	BM	BM	BM	CY

** CY: Cevap Yok, MY: Model Yok, X: Ulaşılamayan Katılımcı*

Modellerin Doğası

Bu araştırmanın manyetik alan bağlamları kapsamında elde edilen modeller, elementlerin doğasına göre Tablo 23'deki gibi sınıflandırılmıştır.

Tablo 23

Modellerin Doğası

Model	Model Yapısındaki Bilimsel Element Sayısı	Model Yapısındaki İlgisiz Element Sayısı	Model Doğası
Bilimsel Model (BM)	9	0	Saf Bilimsel Model
Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM)	5	3	Melez Bilimsel Olmayan Model
Mekanik Dalga Modeli (MDM)	4	1	Melez Bilimsel Olmayan Model
Açık Eğri Alan Modeli (AEAM)	2	1	Melez Bilimsel Olmayan Model
Sözde Denge Modeli (SDM)	3	1	Melez Bilimsel Olmayan Model
Öz-Etki Alan Modeli (ÖAM)	3	1	Melez Bilimsel Olmayan Model
Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)	4	2	Melez Bilimsel Olmayan Model

Manyetik Alan İle İlgili Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumu

Manyetik alan ile ilgili bağlamların zihinsel modellere göre Fizik öğretmen adayları tarafından kullanılma durumları Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24

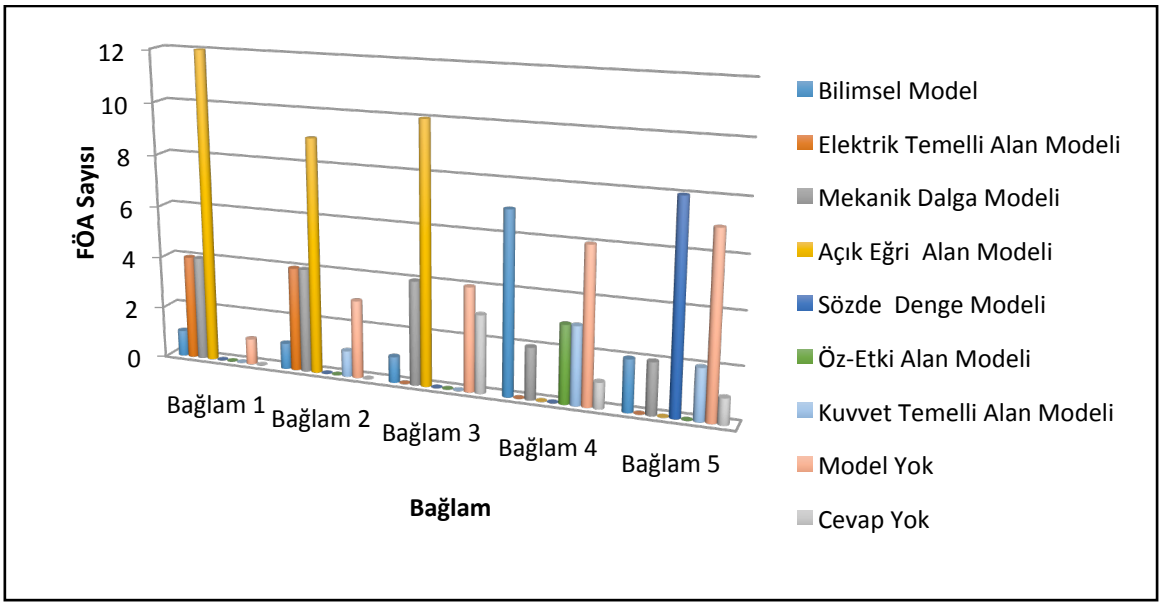
Uygulama Öncesi Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Elektrik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Açık Eğri Alan Modeli	Sözde Denge Modeli	Öz-Etki Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	1	4	4	12	0	0	0	1	0	22
Bağlam 2	1	4	4	9	0	0	1	3	0	22
Bağlam 3	1	0	4	10	0	0	0	4	3	22
Bağlam 4	7	0	2	0	0	3	3	6	1	22
Bağlam 5	2	0	2	0	8	0	2	7	1	22
Toplam	12	8	16	31	8	3	6	21	5	110

Tablo 24'deki veriler incelendiğinde, uygulama öncesindeki zihinsel modellerin kullanım sıklığı bağlamdan bağlama değişiklik göstermektedir. Örneğin Fizik öğretmen adayları,

- Bilimsel Model'i en fazla Bağlam 4'te
- Elektrik Temelli Alan Model'ini en fazla Bağlam 1-Bağlam 2'de
- Mekanik Dalga Model'ini en fazla Bağlam 1-Bağlam 2-Bağlam 3'te
- Açık Eğri Alan Model'ini en fazla Bağlam 1'de
- Sözde Denge Model'ini en fazla Bağlam 5'te
- Öz-etki Alan Model'ini en fazla Bağlam 4'te
- Kuvvet Temelli Alan Model'ini en fazla Bağlam 4'te kullanmıştır.

Bağlam 7 en fazla modelin görülmediği bağlam olurken, Bağlam 3 ise en fazla cevap alınamayan bağlam olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar, zihinsel modellerin bağlam bağımlı olduğunu açıkça göstermektedir. Zihinsel modellerin bağlamlara göre değişimi Şekil 59'da verilmiştir.



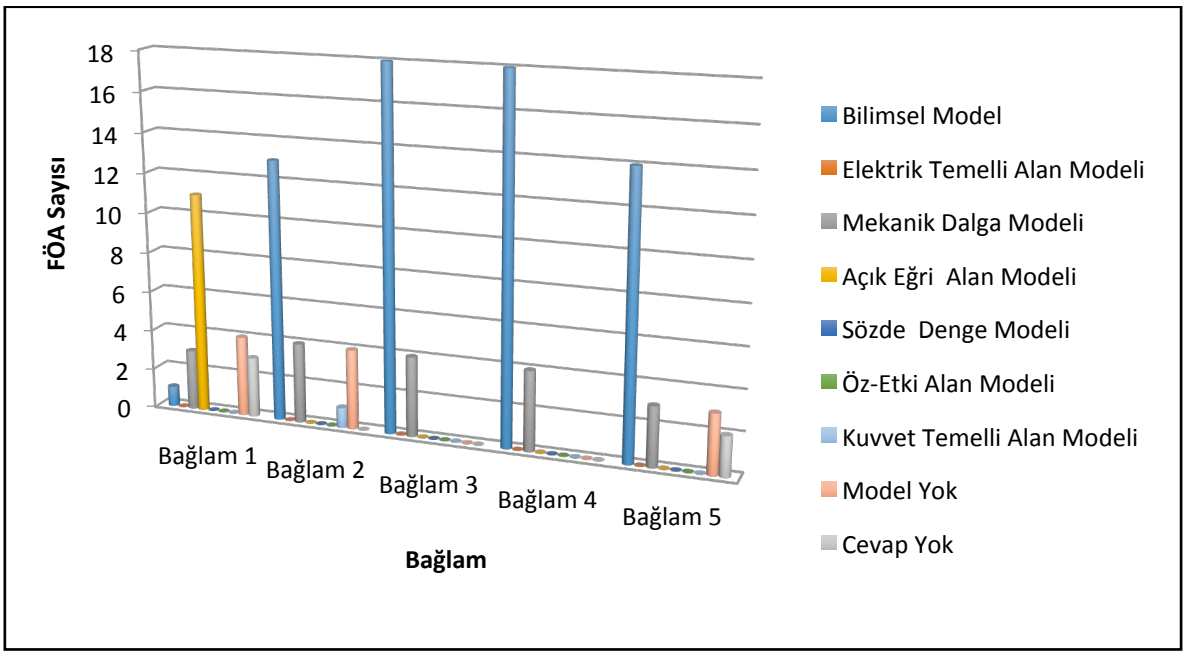
Şekil 59. Uygulama öncesi zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Fizik öğretmen adaylarının uygulama sonrası zihinsel modelleri incelendiğinde, Bağlam 1 hariç tüm bağlamları en fazla Bilimsel Model ile açıkladıkları görülmüştür (Tablo 25). Bu sonuç, Bağlam 1'in dışında kalan tüm uygulamaların oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Çünkü Bağlam 1 Fizik kitaplarında da bilimsel olmayan gösterimlerle yer almaktadır. Bağlamlara göre zihinsel modellerin kullanımı ise Şekil 60 ile verilmiştir.

Tablo 25

Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Elektrik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Açık Eğri Alan Modeli	Sözde Denge Modeli	Öz-Etki Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	1	0	3	11	0	0	0	4	3	22
Bağlam 2	13	0	4	0	0	0	1	4	0	22
Bağlam 3	18	0	4	0	0	0	0	0	0	22
Bağlam 4	18	0	4	0	0	0	0	0	0	22
Bağlam 5	14	0	3	0	0	0	0	3	2	22
Toplam	64	0	18	11	0	0	1	11	5	110



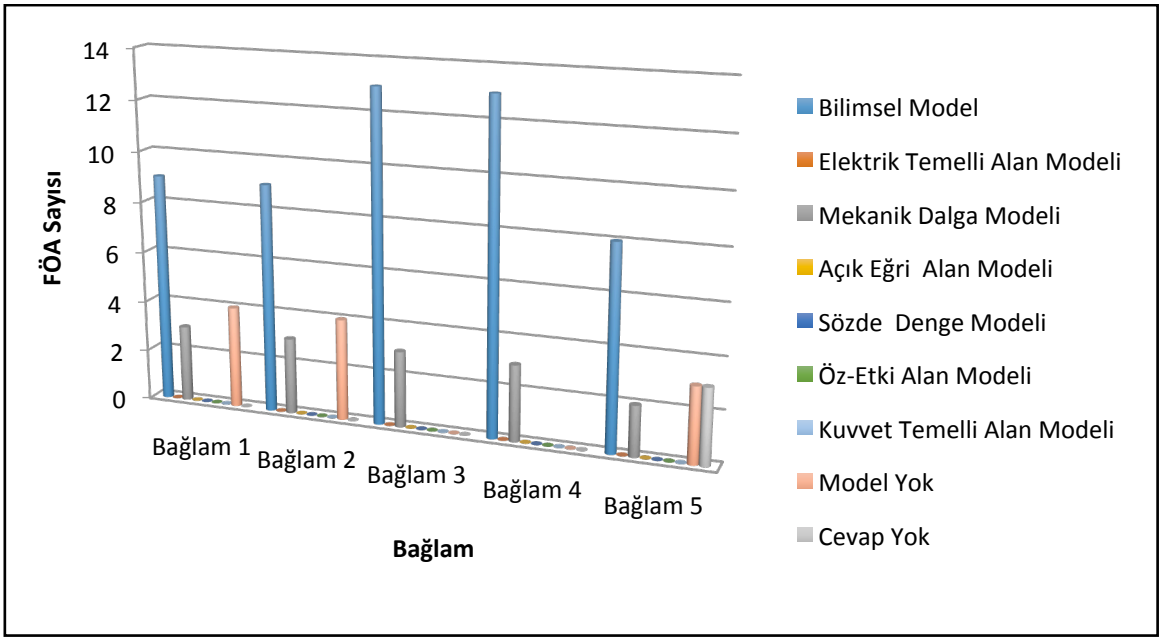
Şekil 60. Uygulama sonrası zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Uygulamaların tamamlanmasından yaklaşık bir buçuk yıl sonra kalıcılık incelemesi gerçekleştirilmiştir ve bu incelemelerin sonuçlarına göre, katılımcıların uygulama sonrası zihinsel modellerinin bilimsel olanların büyük oranda değişmediği görülmüştür. Fakat uygulama sonrasında Bağlam 1'de AEAM'ye sahip olan katılımcıların, kalıcılık uygulamalarında BM'ye sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle de kalıcılık incelemelerinde daha fazla sayıda BM'ye sahip Fizik öğretmen adayı olduğu görülmektedir (Tablo 26 ve Tablo 27). Bunu nedeni ise katılımcıların diğer bağlamlar sayesinde sahip oldukları bilimsel olmayan elementleri bilimsel elementlerle değiştirmiş olmalarıdır. Yani Bağlam 1'de sahip oldukları bilimsel olmayan elementler Bağlam 1'e ait olan uygulama ile değil, diğer bağlamlara ait uygulamalar yardımıyla giderilmiştir. Yalnızca modellerin kalıcılığı ile ilgili çalışmaya katılan katılımcıların sahip oldukları modeller ile bu öğretmen adaylarının uygulama sonrası sahip oldukları modeller Şekil 61 ve Şekil 62 yardımıyla verilmiştir.

Tablo 26

Kalıcılık İncelemelerinde Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Elektrik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Açık Eğri Alan Modeli	Sözde Denge Modeli	Öz-Etki Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	9	0	3	0	0	0	0	4	0	16
Bağlam 2	9	0	3	0	0	0	0	4	0	16
Bağlam 3	13	0	3	0	0	0	0	0	0	16
Bağlam 4	13	0	3	0	0	0	0	0	0	16
Bağlam 5	8	0	2	0	0	0	0	3	3	16
Toplam	52	0	14	0	0	0	0	11	3	80

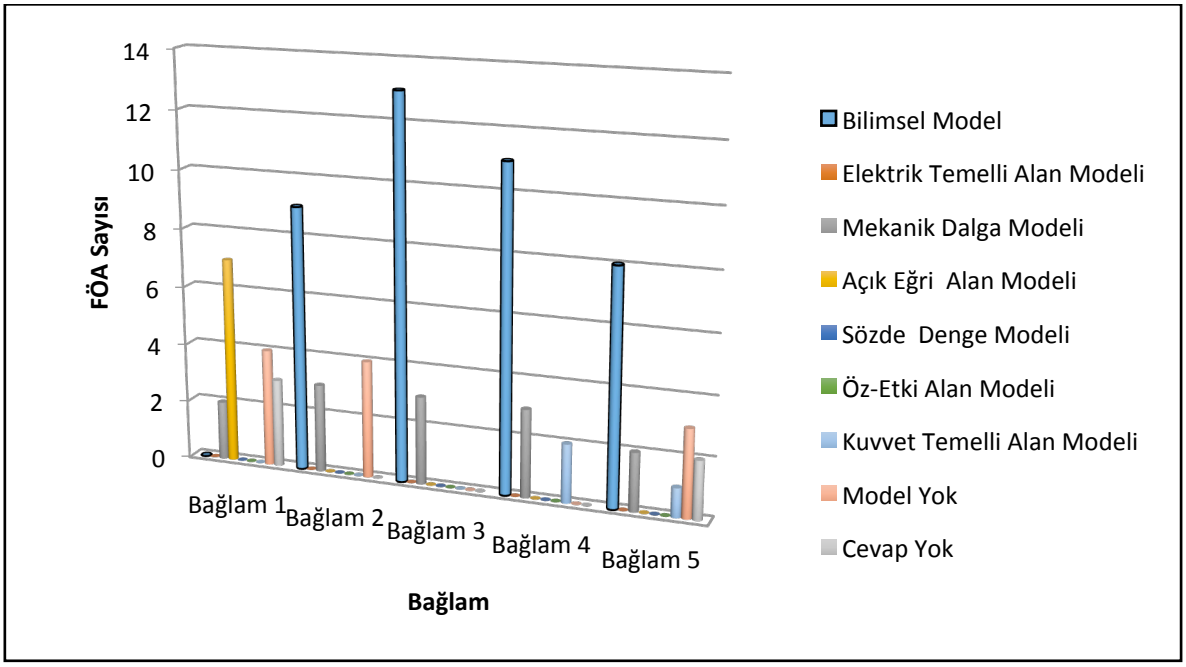


Şekil 61. Kalıcılık incelemelerinde zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Tablo 27

Kalıcılık İncelemesine Katılan Katılımcıların Uygulama Sonrası Zihinsel Modellerin Bağlamlara Göre Kullanım Durumları

	Bilimsel Model	Elektrik Temelli Alan Modeli	Mekanik Dalga Modeli	Açık Eğri Alan Modeli	Sözde Denge Modeli	Öz-Etki Alan Modeli	Kuvvet Temelli Alan Modeli	Model Yok	Cevap Yok	Toplam
Bağlam 1	0	0	2	7	0	0	0	4	3	16
Bağlam 2	9	0	3	0	0	0	0	4	0	16
Bağlam 3	13	0	3	0	0	0	0	0	0	16
Bağlam 4	11	0	3	0	0	0	2	0	0	16
Bağlam 5	8	0	2	0	0	0	1	3	2	16
Toplam	41	0	13	7	0	0	3	11	5	80



Şekil 62. Uygulama öncesinde yalnızca kalıcılık incelemelerine katılanların zihinsel model-bağlam ilişkisi.

Elektrik ve Manyetik Alan Kavramına Ait Bilimsel Olmayan Zihinsel Modellerin Olası Kaynakları

Bu kısımda araştırma kapsamında elektrik ve manyetik alan kavramı ile ilgili Fizik öğretmen adaylarının sahip oldukları bilimsel olmayan zihinsel modellerin olası kaynakları incelenmiştir. Literatürde yer alan araştırmalarda (Didiş, 2012; Johnson-Laird, 2004; Didiş Körhasan vd., 2016; Raduta, 2005; Borges & Gilbert, 1999; Taber, 2013; Atwood & Christopher, 2007; Barrow, 1990, 2000), bilimsel olmayan zihinsel modellerin en önemli nedenlerinin öğrenenlerin akran etkileşimi, öğretmen faktörü ve kitaplar olduğu görülmüştür.

Akran Etkileşimi. Öğrencilerin sahip olduğu zihinsel modellere kaynaklık eden faktörlerden birisi de akran etkileşimidir (Didiş, 2012). Araştırma kapsamında gerçekleştirilen görüşmelerde de, öğretmen adayları sahip oldukları bilgilerin bir kısmını çevrelerindeki arkadaşlarından öğrendiklerini dile getirmişlerdir. Katılımcılar özellikle sınav dönemlerinde uzun süreli ve büyük kapsamlı bilgi alışverişlerinin olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun yanı sıra laboratuvarlardaki sözlü mülakatlar esnasında da birbirlerinden yoğun bir şekilde etkilendiklerini dile

getirmişlerdir. Bu ifadelerden de anlaşılacağı gibi, akranlar arasında bilgi transferi oldukça fazla bir şekilde gerçekleşmektedir.

Elektrik ve Manyetizma I ve II derslerinde yapılan gözlemlerde ise herhangi bir öğrencinin yapmış olduğu bilimsel olmayan bir yorumun, o anda, dersin ilerleyen dakikalarında ya da ilerleyen derslerde başka bir öğrenci tarafından kullanıldığı görülmüştür. Her ne kadar dersi anlatan öğretim üyesi bilimsel olmayan bilgilere anında müdahale ediyor olsa da, duydukları bilimsel olan ya da olmayan her bilginin, bir şekilde öğrencilerin zihinlerinde yer ettiği yapılan gözlemler esnasında tespit edilmiştir.

Öğretmen Faktörü. Katılımcılar sahip oldukları bilimsel olmayan modellerin bazılarının nedenlerinin, geçmiş yıllardaki öğretmenlerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Sahip oldukları bu bilgilerin kendilerine öğretmenleri tarafından aktarıldığını ve bu bilgileri daha fazla sorgulamadan kabul ettikleri için de bu haliyle (bilimsel olmayan) öğrendiklerini ifade etmişlerdir. Taber'de (2013) yaptığı bir çalışmada öğretmenlerin de öğrencilerin sahip olduğu alternatif kavramlara sahip olduğunu tespit etmiştir. Atwood ve Christopher'da (2007) öğretmenlerin bazı temel kavramları anlamakta yetersiz kaldığını belirtmiştir. Bu ve benzeri durumlar da aslında öğretmenlerin öğrencilere bilimsel olmayan bilgileri öğrettiğini ve bu nedenle de öğrencilerde bu alternatif kavramların olduğunu göstermektedir.

Kitaplar. Yapılan araştırmalarda öğrenci ve öğretmenlerin kullandıkları ders kitaplarından kaynaklı olarak bilimsel olmayan bilgilere de sahip oldukları görülmüştür (Barrow, 1990, 2000; Didiş, 2012; Özcan, 2015). Araştırma kapsamında katılımcıların birincil olarak kullandıklarını belirttikleri kaynaklar ve konu ile ilgili var olan diğer kaynaklar incelendiğinde (Serway & Beicher, 2007; Fishbane vd., 2003; Giancoli, 2009; Halliday vd., 2014; Young & Freedman, 2010; Bueche & Jerde, 2010), belirlenen bilimsel olmayan zihinsel modellerin olası nedenlerinin bu kaynaklarda yer aldığı tespit edilmiştir.

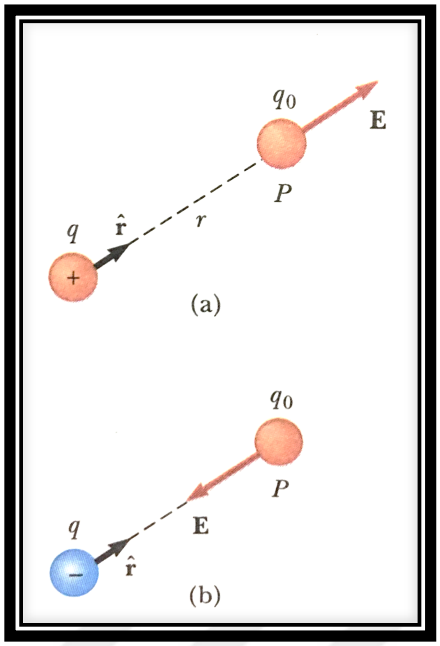
Elektrik alan ile ilgili zihinsel olmayan modeller şu şekildedir:

- Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM)
- Mekanik Dalga Modeli (MDM)
- Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM)

- Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM)
- Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)

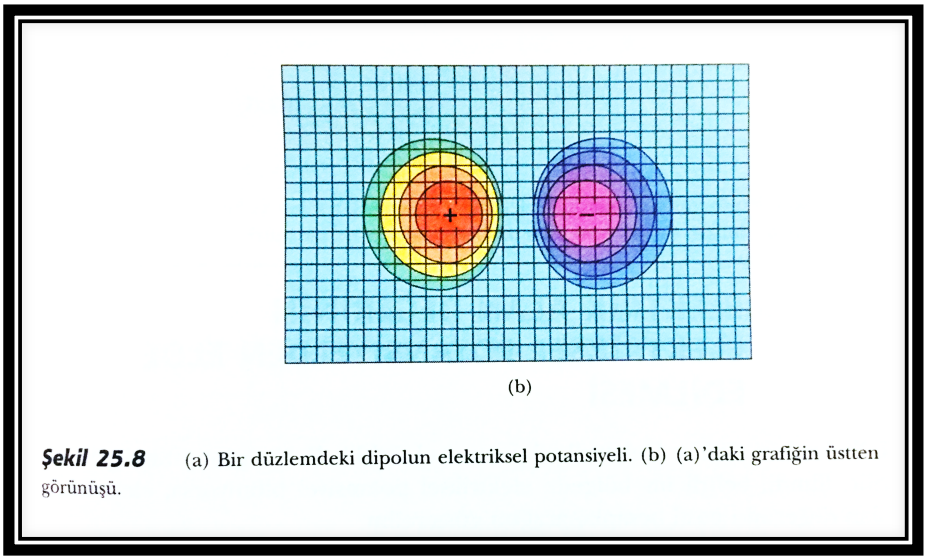
Yukarıda belirtilen elektrik alan ile ilgili bilimsel olmayan modellerin olası nedenleri şu şekilde ifade edilebilir:

Manyetik Temelli Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Bu modele sahip olan katılımcıların elektrik alan ile ilgili yaptıkları açıklamalarda aşırı genellemelere oldukça fazla yer verdikleri düşünülmektedir. İlk olarak elektriksel kuvveti öğrenirken iki yükün kullanılıyor olması, ardından elektriksel dipol konusunun işlenmesi gibi sebepler onların elektrik alan oluşurken en az iki yüke ihtiyaç duyulduğunu düşünmelerine neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra kondansatör konusunda da yine iki yüklü plaka olması da yine olası sebeplerdendir. Çünkü katılımcıların ifadelerinde "*Bir kaynak bir de deneme yükü var. O zaman iki yük diyebilirim*. (K11)" ya da "*Sonuçta elektrik dipol olduğuna göre demek ki iki yüke ihtiyaç var. Şimdi kondansatörü düşünüyorum orada da iki yük var.* (K10)" şeklindeki ifadeleri bu durumu kuvvetlendirmektedir. Yani elektrik alanın en az iki yükten oluştuğunu düşünmelerine neden olmaktadır. Yüklerin etrafında kapalı eğriler şeklinde elektrik alan meydana geldiğini düşünmelerinin nedeni ise yine yapmış oldukları aşırı genellemelerden kaynaklanıyor olabilir. Örneğin bu modele sahip katılımcılar, Gauss yüzeylerini ya da eşpotansiyel çizgilerini elektrik alan çizgileri gibi düşünüp, ardından gelen manyetik alan konusuna da bu durumu uyarlayıp, elektrik alanın hem dipol hem de kapalı eğriler şeklinde oluştuğunu düşünmüş olabilirler. Bu genellemelere ait şekiller şu şekilde verilebilir (Şekil 63-64-65-66):



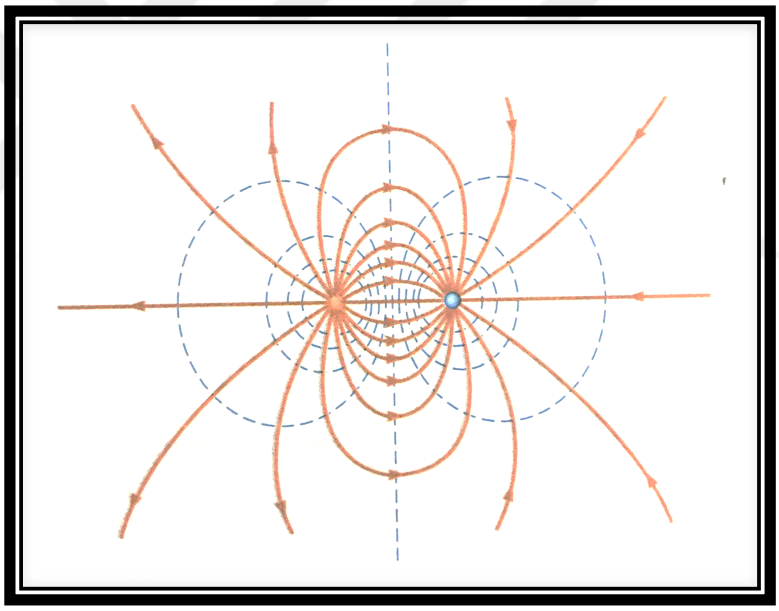
Şekil 63. Yük-deneme yükü ilişkisi (Serway & Beicher, 2007).

Şekil 64. Yüklü bir kondansatör örneği (Serway & Beicher, 2007).



Şekil 25.8 (a) Bir düzlemdeki dipolun elektriksel potansiyeli. (b) (a)'daki grafiğin üstten görünüşü.

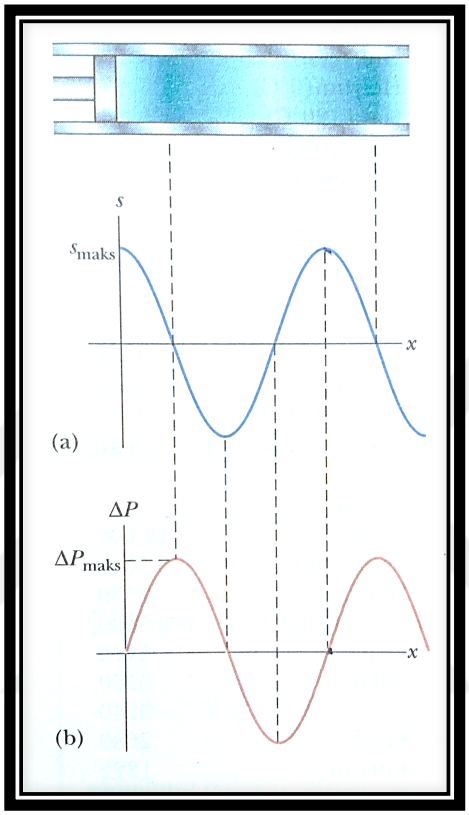
Şekil 65. Eşpotansiyel yüzey örneği 1 (Serway & Beicher, 2007)



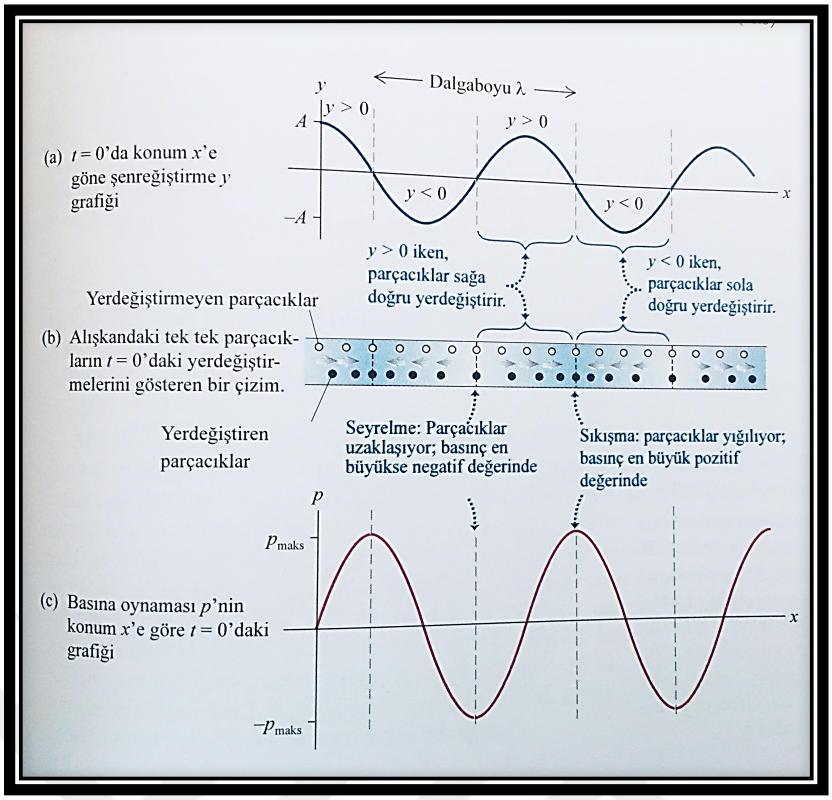
Şekil 66. Eşpotansiyel yüzey örneği 2 (Serway & Beicher, 2007).

Mekanik Dalga Modeli'nin Olası Nedenleri. Yapılan incelemelerde Fizik öğretmen adaylarının Mekanik Dalga Modeli'ne sahip olmasının olası nedenlerinin, mekanik dalga örneği olan ses dalgasının yer değiştirme ve basınç fonksiyonlarının sinüzoidal olduğu durumda, çizilen yerdeğiştirme-konum ya da basınç-konum grafiklerinin, elektromanyetik dalgaların sinüzoidal olduğu durumla görsel benzerlik içermesi olabileceği düşünülmüştür. Katılımcılar bu benzerlik nedeniyle elektromanyetik dalganın da mekanik bir dalga olduğunu düşünüyor olabilirler. Çünkü MDM'ye sahip öğretmen adaylarının kullandıkları "manyetik alan

ses gibi, su gibi bir ortama ihtiyaç duyar, ses dalgası ve manyetik alan sinüzoidal dalgalardır" vb ifadeler onların manyetik dalgaların yayılması veya oluşması için bir ortama ihtiyaç duyulacağı düşüncesine sahip olduklarını göstermektedir. Bu bağlamda katılımcıların ders kitabı olarak kullandıkları kaynaklardan görseller ile ilgili iki örnek şu şekildedir (Şekil 67-68):



Şekil 67. Sinüzoidal ses dalgasının yerdeğiştirme-konum ve basın-konum grafiği örneği 1 (Serway & Beicher, 2002).



Şekil 68. Sinüzoidal ses dalgasının yerdeğiştirme-konum ve basın-konum grafiği örneği 2 (Young & Freedman, 2009).

(Bueche & Jerde, 2010) kitabında ışığın yansımasını su dalgalarına benzeterek anlatması ve aralarındaki farktan hiç bahsetmemiş olması da, MDM'nin olası nedenleri arasında gösterilebilir (Şekil 69). Kitapta (Bueche & Jerde, 2010) geçen ifade şu şekildedir:

" *Gerçekten de bir su dalgası, gelme ve yansımaları eşit olacak şekilde yansır. Bu genelde geçerli bir kuraldır. Aynı akıl yürütme ile ışık dalgalarının da bu yolla yansımaya uğradığını gösterebiliriz."*

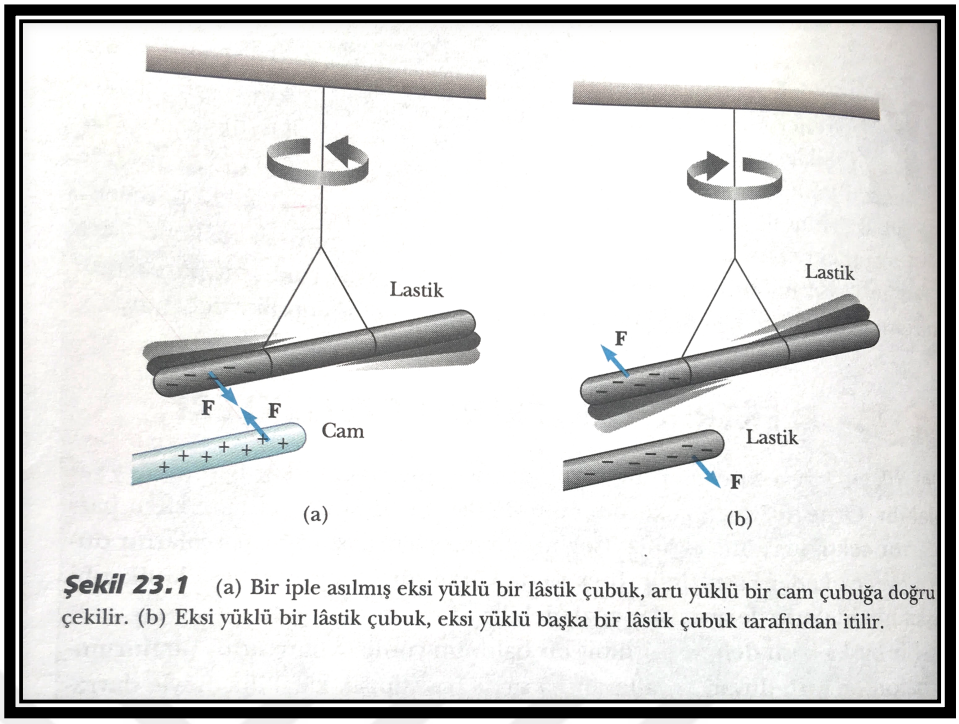
Açıklamada su dalgası ve ışık arasındaki farklılıktan hiç bahsedilmeden yalnızca ortak yönlerine vurgu yapıldığı ve iki dalga türü içinde "aynı akıl yürütmenin" yapılabileceği ifadesi kullanıldığı için, bu durum öğrencilerin zihinlerinde elektromanyetik dalgaların yayılmaları için bir ortama ihtiyaç duyacakları fikrinin oluşmasına neden olmuş olabilir. Dolayısıyla, öğrenciler açıklamalarında maddesel dalga özelliklerine vurgu yapmışlardır. Başka bir ifade ile, kitaplarda yer alan bu türden açıklamalar katılımcıların MDM'ye sahip olmasına neden olabilir.

Şekil 69. Işığın yansımasının su dalgası olarak gösterimi (Bueche & Jerde, 2010).

Maddeden Bağımsız Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Maddeden Bağımsız Alan Modeli'nin olası nedenleri araştırıldığında, kitaplarda iletken ve yalıtkan ayrımlarının net olarak yapılmaması düşünülebilir. Maddeler arası ayrımlara yeterince yer verilmemektedir. Bunun yanı sıra bazı kaynaklarda (Serway & Beicher, 2007; Bueche & Jerde, 2010; Fishbane vd., 2003) yalıtkan maddelerin serbest elektronunun olmadığını belirtmesi, öğrencilerin yalıtkanların yüklenemediği düşüncesine sahip olmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

Kuvvet Etkisiz Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Kuvvet Etkisiz Alan Modeli'nin olası bir nedenine kullanılan ders kitaplarında rastlanmamıştır. Bu modelin olası nedeninin öğrencilerin elektrik alan kavramını aşırı genellemesi sonucunda oluşabileceği düşünülmektedir.

Kuvvet Temelli Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Kuvvet Temelli Alan Modeli'nin olası nedenleri incelendiğinde, elektrik alandan kaynaklı olarak meydana gelen olayların görsellerinde, elektrik alana yer verilmediği yalnızca şekil üzerinde elektriksel kuvvetlerin gösterildiği fark edilmiştir. İlgili görsel şu şekildedir (Şekil 70):



Şekil 23.1 (a) Bir iple asılmış eksi yüklü bir lâstik çubuk, artı yüklü bir cam çubuğa doğru çekilir. (b) Eksi yüklü bir lâstik çubuk, eksi yüklü başka bir lâstik çubuk tarafından itilir.

Şekil 70. Zıt yüklerin birbirini çekme-aynı yüklerin birbirini itme durumu örneği 1 (Serway & Beicher, 2002).

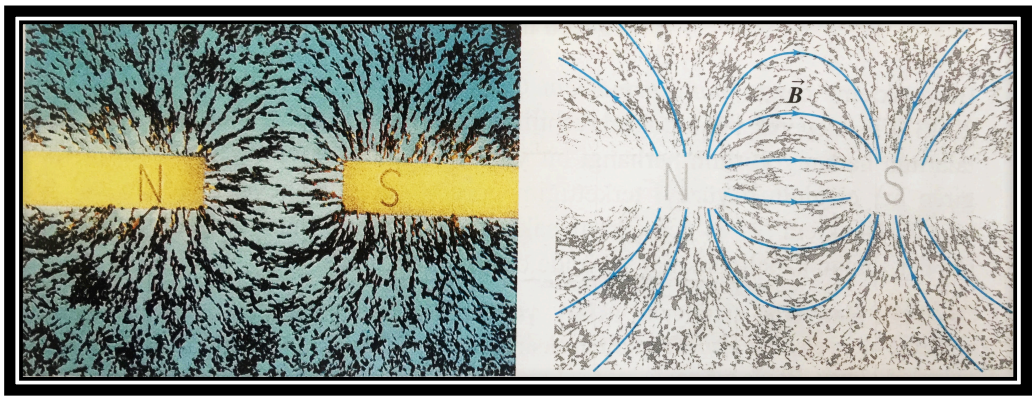
Manyetik alan ile ilgili zihinsel olmayan modeller şu şekildedir:

- Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM)
- Mekanik Dalga Modeli (MDM)
- Açık Eğri Alan Modeli (AEAM)
- Sözde Denge Modeli (SDM)
- Öz-etki Alan Modeli (ÖAM)
- Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)

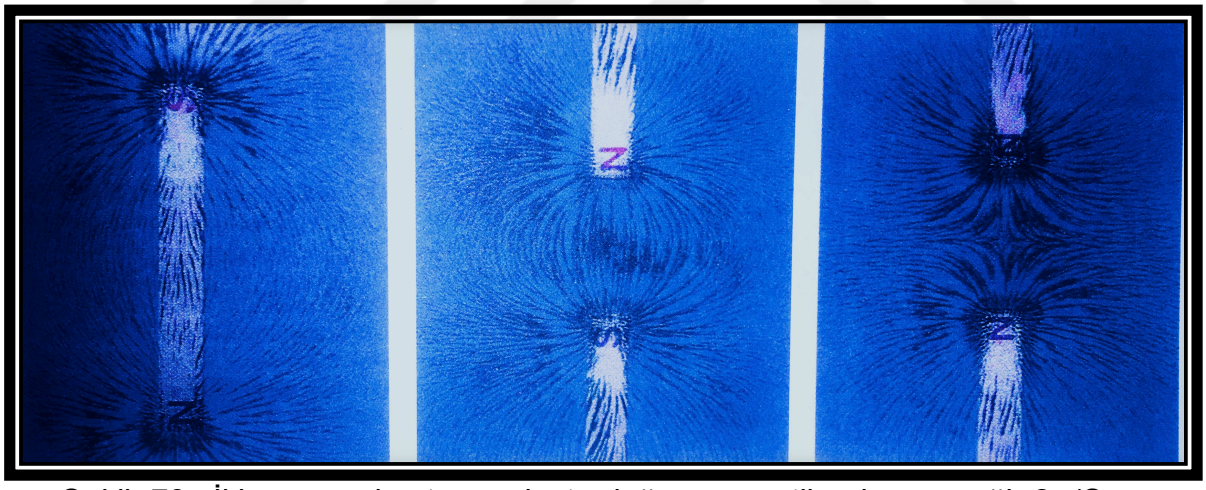
Yukarıda belirtilen manyetik alan ile ilgili bilimsel olmayan modellerin olası nedenleri şu şekilde verilebilir:

Elektrik Temelli Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Elektrik Temelli Alan Modeli'nin olası nedenleri araştırıldığında, kaynaklarda yer alan iki ayrı mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın gösterimi için kullanılan görsellerin (Şekil 71-72-73), ETAM'ye neden olabileceği düşünülmüştür. Çünkü öğretmen adayları ifadelerinde ve çizimlerinde de, tıpkı Şekil 73'de olduğu gibi, manyetik alanı birbirinden ayrı tek

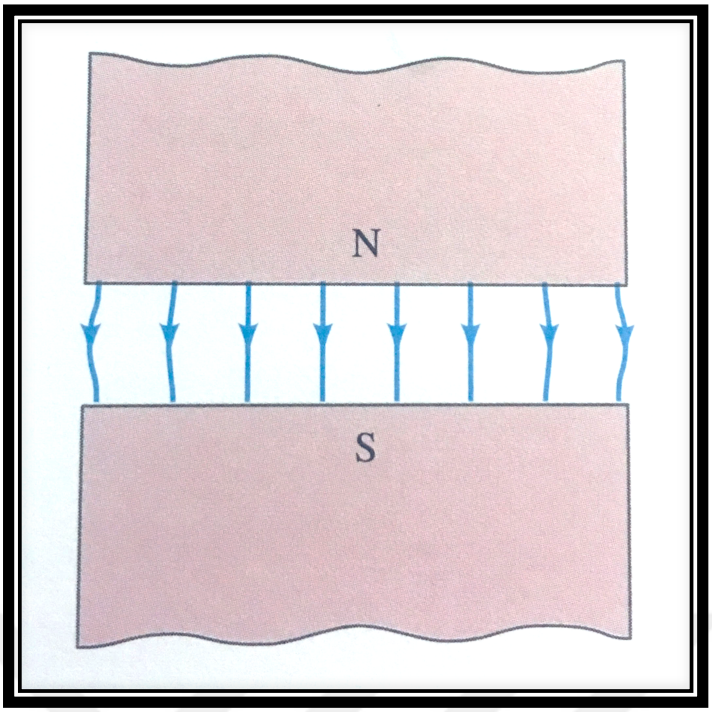
kutupların oluşturduğunu ve bu manyetik alanın da açık eğrilerden meydana geldiğini belirtmişlerdir. İlgili görsellerden üç örnek aşağıdaki gibidir:



Şekil 71. İki ayrı mıknatısın oluşturduğu manyetik alan örneği 1 (Young & Freedman, 2010).



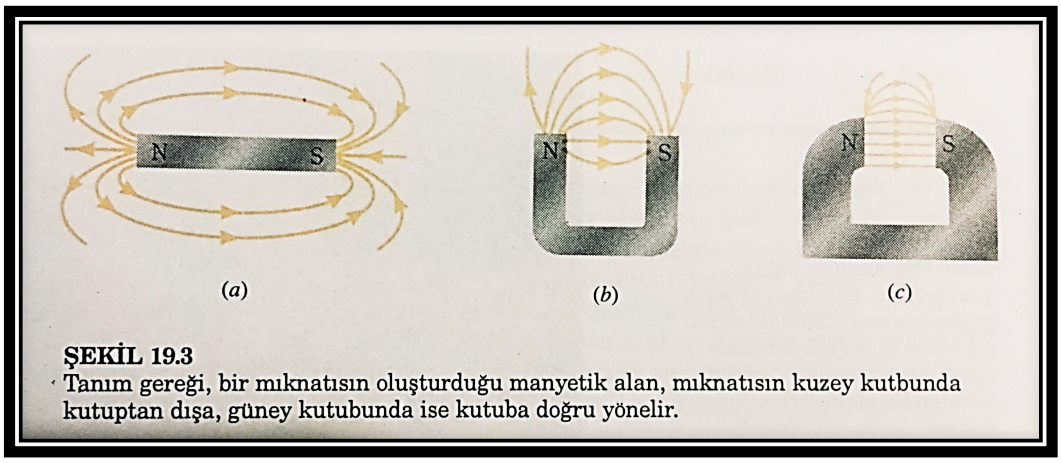
Şekil 72. İki ayrı mıknatısın oluşturduğu manyetik alan örneği 2 (Serway & Beicher, 2007).



Şekil 73. İki ayrı mıknatısın oluşturduğu manyetik alan örneği 3 (Giancoli, 2009).

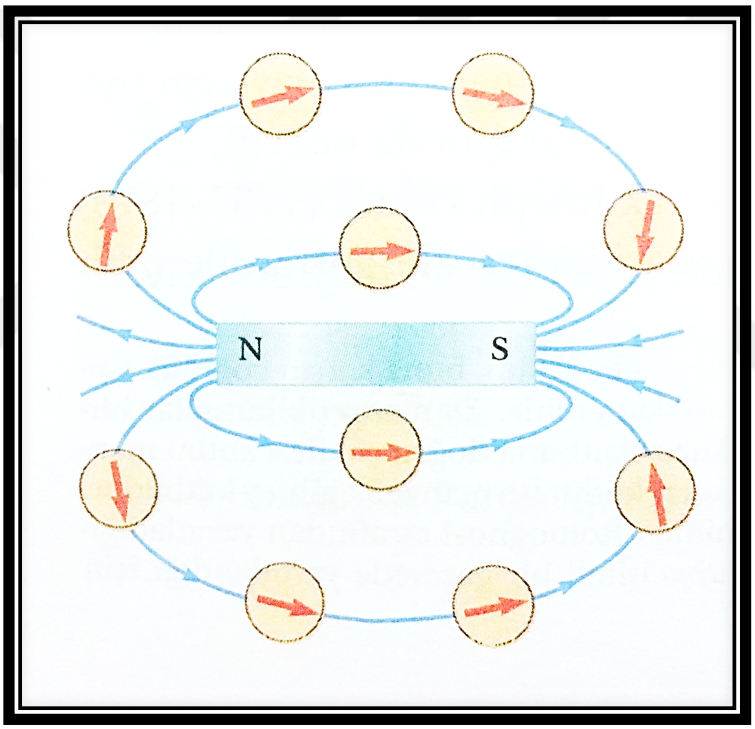
Mekanik Dalga Modeli'nin Olası Nedenleri. Manyetik alana ait MDM, tıpkı elektrik alana ait MDM ile aynı olası sebepleri göstermektedir. Bu nedenle bu modele ait olası nedenlerin anlaşılması için, elektrik alana ait MDM'nin olası nedenleri incelenebilir.

Açık Eğri Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Açık Eğri Alan Modeli'nin öğretmen adaylarının zihninde oluşmasını sağlayacak oldukça fazla sayıda görsel bulunmaktadır. İncelenen kaynakların tamamına yakınında karşılaşılan (Young & Freedman, 2010; Serway & Beicher, 2007; Bueche & Jerde, 2010; Giancoli, 2009; Halliday vd., 2014), mıknatısların meydana getirmiş olduğu manyetik alanın gösterimi, öğrenenlerin de zihninde bilimsel olmayan ve manyetik alanın elektrik alan gibi algılanmasına neden olacak çizimler (Şekil 74-75) söz konusudur.



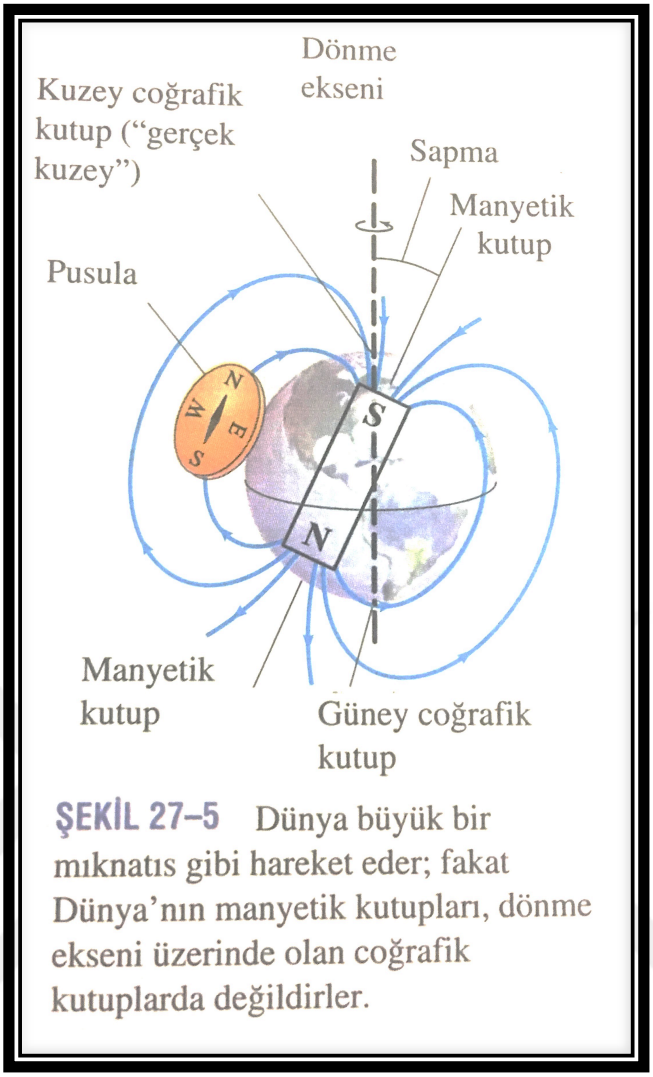
ŞEKİL 19.3
Tanım gereği, bir mıknatısın oluşturduğu manyetik alan, mıknatısın kuzey kutbunda kutuptan dışa, güney kutubunda ise kutuba doğru yönelir.

Şekil 74. Mıknatısın oluşturduğu manyetik alan örneği 1 (Bueche & Jerde, 2010).



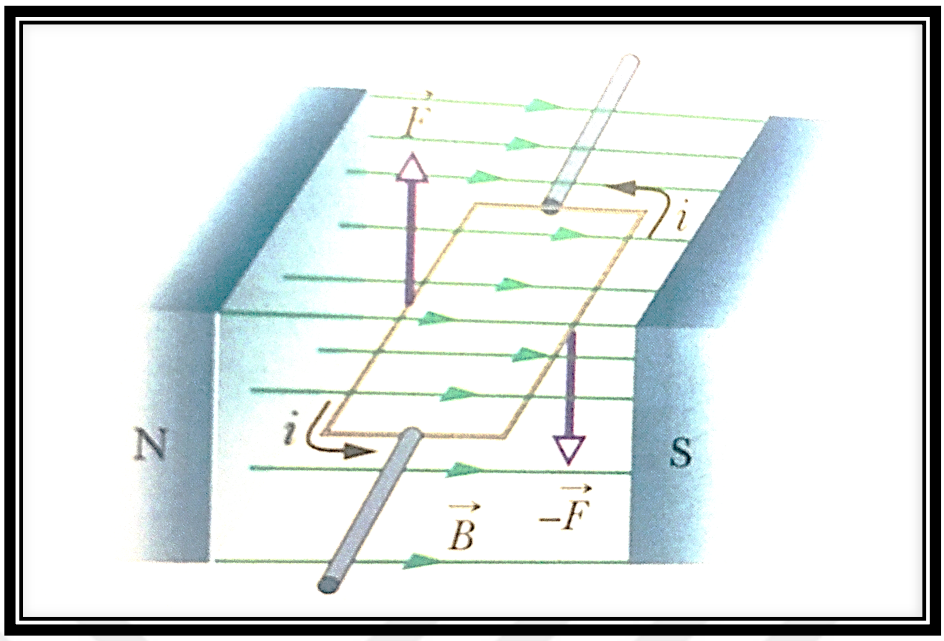
Şekil 75. Mıknatısın oluşturduğu manyetik alan örneği 2 (Serway & Beicher, 2007).

Ayrıca Dünya'nın sahip olduğu manyetik alanın gösterimi de yine Fizik öğretmen adaylarının AEAM'ye sahip olmasına neden olabilir niteliktedir (Şekil 76).

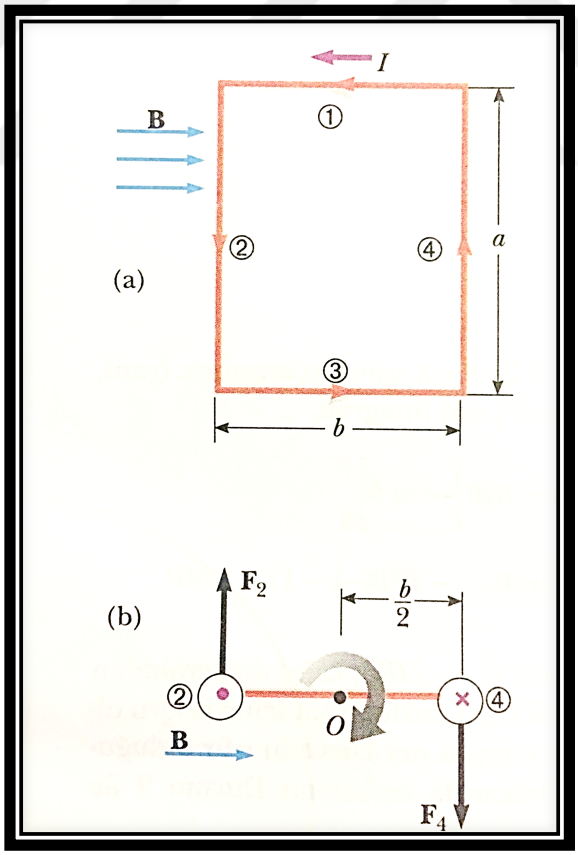


Şekil 76. Dünya'nın oluşturduğu manyetik alan (Giancoli, 2009).

Sözde Denge Modeli'nin Olası Nedenleri. Manyetik kuvvetlerin gösterildiği şekil üzerinde yalnızca kuvvetin gösterilebiliyor olması, öğrencilerin denge koşulunun yalnızca kuvvetlerin dengede olduğunu düşünmelerine neden olabileceği düşünülmektedir. Görselle ilgili iki örnek aşağıdaki gibidir (Şekil 77-78):



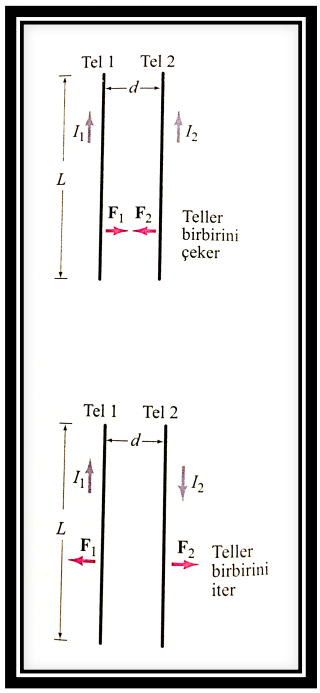
Şekil 77. Akım halkasının dış manyetik alanda bulunma durumu örneği 1 (Halliday vd., 2014).



Şekil 78. Akım halkasının dış manyetik alanda bulunma durumu örneği 1 (Serway & Beicher, 2007).

Öz-etki Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Öz-etki Alan Modeli'nin olası nedenlerini bulabilmek için, Fizik öğretmen adaylarının ifadeleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bilimsel olmayan bu modelin dış manyetik alan neticesinde meydana gelen manyetik kuvvetin oluştuğu durumu gösteren formülün içerisinde geçen manyetik alan ifadesinin yazım şeklinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer bir ifadeyle formülde dış manyetik alanı anlatan ($\vec{B}$)'nin, yalnızca $\vec{B}$ olarak yazıldığı ve bu alanın dış manyetik alan olduğunu gösteren bir indis olmadığı belirlenmiştir. Yani $\overrightarrow{B_{dış}}$ şeklinde belirtilmemiş olması, öğrenenlerin de bu manyetik alanı iletkenin kendi oluşturduğu manyetik alan olarak yorumlamalarından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Kuvvet Temelli Alan Modeli'nin Olası Nedenleri. Yapılan incelemelerde, elektrik akımının oluşturduğu manyetik alanı ifade eden çizimlerde, manyetik alan kaynağı üzerinde yalnızca manyetik kuvvetin gösterildiği fakat manyetik alan gösterimlerine yer vermediği belirlenmiştir (Şekil 79). Keza KTAM'ye sahip Fizik öğretmen adaylarının çizimlerinde de yalnızca manyetik kuvveti çizdikleri fark edilmiştir. Bu nedenle de bu durum sanki manyetik alanın manyetik kuvvetten meydana geldiğini düşünmelerine neden olmuş olabilir.



Şekil 79. Manyetik kuvvet konusunun anlatılması (Fishbane vd., 2003).

Elektrik Alan Kavramı ile ilgili Alternatif Kavramlar

Araştırmanın sonucunda, Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan kavramı ile ilgili bazı alternatif kavramlara sahip olduğu görülmüştür. Bu örnekler şu şekilde verilebilir:

- Elektrik alan tek bir yük tarafından meydana gelir ve bu alan yükün etrafında daireler şeklindedir.
- Elektrik alan pozitif yükten içeri, negatif yükten dışarıya doğrudur.
- Elektrik alan helistik şekilde meydana gelir.
- Nötr cisimler elektrik alan meydana getirir.
- Elektrik alan çizgisi üzerinde her noktada elektrik alan eşittir.

Manyetik Alan Kavramı ile ilgili Alternatif Kavramlar

Yapılan incelemeler neticesinde, manyetik alan kavramı ile ilgili olarak Fizik öğretmen adaylarının aşağıdaki alternatif kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir:

- Manyetik alan helistik şekilde meydana gelir.
- Manyetik alan manyetik güneyden manyetik kuzeye doğrudur.
- Bobinin uzunluğu ile manyetik alan doğru orantılı olarak değişir.
- Bobine uygulanan akımın yönü, manyetik alanın yönünü gösterir.
- Manyetik kuvvet her zaman merkeze doğrudur.
- Manyetik alan çizgisi üzerinde her noktada manyetik alan eşittir.

Bölüm 5

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu kısımda araştırmayla ilgili sonuç, tartışma ve önerilere yer verilecektir.

Elektrik Alan Kavramına Ait Sonuç ve Tartışma

Fizik öğretmen adayları ile araştırma kapsamında elektrik alan kavramı ile ilgili belirlenen beş bağlama ilişkin, yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerden elde edilen verilerin analizleri sonucunda, altı zihinsel model belirlenmiştir. Bu modeller aşağıda belirtildiği gibidir:

- Bilimsel Model (BM)
- Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM)
- Mekanik Dalga Modeli (MDM)
- Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM)
- Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM)
- Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)

Öğretmen adaylarının uygulama öncesinde sahip olduğu bu zihinsel modellerin bağlamlar arasındaki ilişkisi incelendiğinde, bu bireylerin genellikle farklı bağlamlarda farklı modellere sahip oldukları belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle katılımcıların çoğu karma model durumuna sahiptirler. Yani tüm bağlamlarda elektrik alan kavramı sorgulanmış olmasına karşın, her bir bağlamı farklı farklı zihinsel modeller yardımıyla açıklamışlardır.

İlk görüşmenin ardından, elektrik alan kavramıyla ilgili belirlenen beş bağlam kullanılarak uygulamalar gerçekleştirilmiş ve bu uygulamaların öğretmen adaylarının sahip oldukları ilk zihinsel modellere etkisine bakılmıştır. Uygulama sonrasında katılımcıların büyük bir çoğunluğunun bilimsel modele sahip olduğu görülmüştür. Yalnızca uygulama öncesinde BM, KTAM ve MDM'ye sahip olan öğretmen adaylarının (K1, K21, K6, K7, K12, K14, K17, K18, K20) uygulama sonrasında da aynı zihinsel modellere sahip oldukları görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, sahip oldukları zihinsel modelleri uygulama sonrasında da korumuşlardır. Çünkü KTAM ve MDM modellerinin sahip oldukları bilimsel olmayan elementler, uygulamalar yardımıyla giderilememiştir. KTAM'ye sahip öğretmen adaylarının,

elektrik alanın kuvvet sonucunda oluştuğu düşüncesi uygulamalar yardımıyla giderilememiştir. Yani elektrik alanın, elektriksel kuvvet tarafından meydana gelmediği, elektrik alanda bir yük bulunması durumunda yükün üzerine bir elektriksel kuvvetin etkidiği, uygulamalar yardımıyla gözlemlenememiştir. MDM için de benzer bir durum söz konusudur. Elektrik alanın boşlukta da meydana geldiği deneyler yardımıyla gösterilemediği için, uygulama sonrasında da katılımcıların modellerinde bir değişim meydana gelmemiştir.

Öğretmen adaylarının elektrik alan ile ilgili uygulama sonrasındaki zihinsel modellerinin kalıcılığını belirlemek için yaklaşık bir buçuk yıl sonra gerçekleştirilen incelemelerde, BM'nin %94.33 gibi yüksek bir oranda kalıcı olduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, gerçekleştirilen uygulamalar bilimsel bilginin oldukça kalıcı olmasını sağlamıştır. Bu sonuç ise gerçekleştirilen uygulamaların oldukça etkili olduğunu göstermektedir.

Uygulama esnasında deneylerin sıralamasının da oldukça önemli olduğu görülmüştür. Çünkü öğretmen adaylarının bir önceki deneyde öğrendiğini, bir sonrakine taşıdığı görülmüştür. Örneğin Bağlam 1'de yalıtkanların elektrik alandan etkilendiğini gören Fizik öğretmen adayları, diğer bağlamlardaki uygulama öncesinde verdikleri cevaplarını da buna göre değiştirmiştir. Benzer şekilde Bağlam 2 yardımıyla iletken ve yalıtkan maddeler arasındaki farkı anlayan katılımcılar, daha sonraki bağlamları da yeni öğrendikleri bu bilgileri kullanarak cevaplamışlardır. Bu durumda uygulamaların sırasının önemini göstermektedir.

Bilimsel olmayan zihinsel modellerin olası nedenleri incelendiğinde, literatürde aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

Furió-Más ve Guisasola'da (1998) araştırmasında lise ve üniversite öğrencilerinin elektrik alan ile ilgili yaşadıkları zorlukları incelemiş ve üniversite öğrencilerinin bile bu konuda zorlandığını tespit etmişlerdir. Araştırma kapsamında da üniversite öğrencileri ile ve hatta Fizik öğretmen adayları ile çalışılmış olmasına rağmen, benzer şekilde onlarında elektrik alan konusunda zorlandıkları belirlenmiştir.

Törnkvist, Pettersson, ve Tranströmer (1993) öğrencilerin elektrik alan kavramı ile ilgili pek çok sorun yaşadıklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu zorlukların nedenlerinin ise elektrik alan çizgilerini temsil eden vektörlerin, hızı

temsil eden vektörlerin ve ivme/kuvveti temsil eden vektörlerin öğrencilere karmaşık gelmesi olabileceğini düşünmüşlerdir. Araştırma kapsamında Bağlam 1'de öğretmen adaylarına yöneltilen sorularda da, plastik bebeğin farklı yüklü olduğu durumda, saçlarının gösterdiği yönün elektrik alan ve elektriksel kuvvetin yönü ile olan ilişkisini anlamakta zorlandıkları görülmüştür. Bu durum bize öğretmen adaylarının vektörel ifadelerin birbiri ile olan ilişkilerinde karmaşa yaşadıklarını göstermektedir.

Maloney, O'Kuma, Hieggelke, ve Van Heuvelen (2001) geliştirmiş oldukları CSEM, Elektrik ve Manyetizmayla ilgili Kavramsal Araştırma çalışmalarında; elektrik ile ilgili olarak aşağıda belirtilen bulgulara ulaşmışlardır.

- Öğrenciler, iletken ve yalıtkan cisimler üzerindeki yüklerin dağılımı konusunda karmaşa yaşamaktadırlar. İletken ve yalıtkan yüzeyler arasındaki farklılıkları tam kavrayamamakta ve yüklerin yüzeyde nasıl dağıldıkları konusunda net bir bilgiye sahip olmamaktadırlar. Bu bulgular elde ettiğimiz bulgularla uyum içerisindedir. Çünkü araştırma kapsamında da iletken ve yalıtkan arasındaki farkların tam anlaşılamaması nedeniyle öğretmen adayları MBAM'ye sahip olmuşlardır. MBAM'ye sahip Fizik öğretmen adayları yalıtkan maddelerin içerisinde hiç serbest elektron bulunmadığını düşündükleri için, yalıtkanların hiç yüklenemeyeceklerini ifade etmişlerdir. İletkenler ve yalıtkanlar arasındaki yapısal farklılıkları kavrayamamışlardır.
- Öğrenciler, yükün elektriksel kuvvet ve elektriksel alanın yönüne etkisinin nasıl olduğuna dair karmaşa yaşamaktalar. Bu duruma Bağlam 1, Bağlam 2, Bağlam 3 ve Bağlam 4'te bazı öğretmen adaylarının ifadelerinde de rastlanmıştır.
- Öğrenciler elektriksel potansiyeldeki değişimden, elektrik alanın yönünü tayin etmekte zorlanmaktadırlar.
- Öğrenciler eşpotansiyel çizgileri arasındaki mesafelerin artışının, daha büyük elektrik alan oluşturacağını düşünmektedirler.
- Öğrenciler elektrik alan etkisiyle manyetik alan etkisini birbirine karıştırmaktadırlar. Bu sonuç yine bu araştırmanın hem elektrik alanda yer alan MTAM'yi hem de manyetik alanda yer alan ETAM'yi desteklemektedir.

Diğer bir ifadeyle elektrik alan kavramı incelendiğinde katılımcıların bu kavramı manyetik alan ile karıştırdığı, manyetik alan incelendiğinde ise elektrik alan ile karıştırdığı sonucu elde edilmiştir.

Viennot (2001) da yapmış olduğu araştırmasında öğrencilerin Gauss yasasını anlamakta zorlandıkları sonucuna ulaşmıştır. Bağlam 5'te de Fizik öğretmen adaylarının Gauss yasasında zorluklar yaşadığı görülmüştür. Onların kapalı yüzeylerin iletken ve yalıtkan olmasından kaynaklı farkları tam olarak anlayamadığı belirlenmiştir. Yüzey iletken olduğunda yüklerin yalnızca yüzeyin dışında toplanacağını, yalıtkan olduğunda ise tüm yüzeye dağılacağını ifade edemedikleri tespit edilmiştir.

Elektrik alan kavramı ile ilgili Fizik öğretmen adaylarının en fazla karıştırdıkları durum ise, iletken yalıtkan madde farkları olmuştur. Kitaplarda (Serway & Beicher, 2007; Bueche & Jerde, 2010) bu durum yeterince açıklayıcı olmadığı ve hatta özellikle yalıtkan maddelerle ilgili bilimsel olmayan bilgiler içerdikleri için, öğretmen adayları da pek çok bağlamda açıklamalar yaparken MBAM'yi kullanmışlardır.

KEAM'ye sahip Fizik öğretmen adayları ise, elektrik alan ile elektriksel kuvvet arasındaki ilişkiyi anlayamamışlardır. Daha açık bir ifadeyle katılımcılar elektrik alanın, elektrik kuvvetten bağımsız olduğunu düşünmektedirler. Bu nedenle de elektrik alandan kaynaklı elektriksel kuvvet etkisinin gözlemleneceği bağlamlarda, sisteme kuvvet etkimeden sabit duracağını belirtmişlerdir. Fakat bağlamlar yardımıyla, bu sorunlara çözüm bulunmuştur. KTAM ise elektrik alanın kaynağını elektrik kuvvet sanan öğretmen adaylarının sahip olduğu bir modeldir. Fakat bu durum bağlamlar yardımıyla giderilemediği için, kalıcılık uygulamalarında bile bu modelle karşılaşılmıştır.

Sıvı bir iletkenin incelendiği Bağlam 4'te öğretmen adaylarının katı iletken ve yalıtkanlara göre daha fazla zorlandığı, ya soruya hiç cevap veremediği ya da bağlamla ilgili herhangi bir modele sahip olamadığı görülmüştür. Çakır'da (2011) araştırmasında üstün yetenekli öğrencilerin sıvı iletken ve yalıtkanlarda katılara oranla daha çok zorlandığını tespit etmiştir.

Manyetik Alan Kavramına Ait Sonuç ve Tartışma

Elektrik alan kavramı ile ilgili zihinsel modellerin belirlenmesine yönelik benzer süreçler izlenerek, Fizik öğretmen adayları ile manyetik alan kavramını ile ilgili belirlenen beş bağlam kullanılarak yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerden elde edilen verilerin analizi neticesinde manyetik alan kavramı ile ilgili yedi tane zihinsel model belirlenmiştir. Bu modeller şu şekilde ifade edilebilir:

- Bilimsel Model (BM)
- Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM)
- Mekanik Dalga Modeli (MDM)
- Açık Eğri Alan Modeli (AEAM)
- Sözde Denge Modeli (SDM)
- Öz-etki Alan Modeli (ÖAM)
- Kuvvet Temelli Alan Modeli (KTAM)

Tıpkı elektrik alan kavramında olduğu gibi, pek çok Fizik öğretmen adayı uygulama öncesinde kendisine manyetik alan kavramıyla ilgili bağlamlara ilişkin sorulara farklı zihinsel modeller kullanarak cevap vermişlerdir. Bu nedenle de katılımcılar manyetik alan konusunda karma zihinsel model durumuna sahiplerdir.

İlk görüşmenin ardından, manyetik alan ile ilgili beş tane uygulama gerçekleştirilmiş ve bu uygulamaların öğretmen adaylarının uygulama öncesi sahip oldukları zihinsel modellere etkisine bakılmıştır. Uygulama sonrasında katılımcıların büyük bir çoğunluğunun bilimsel modele sahip olduğu görülmüştür. Uygulama öncesinde BM, AEAM, ve MDM'ye sahip olan katılımcıların (K1, K2, K3, K4, K7, K12, K14, K17, K20 , K21) ise, uygulama sonrasında da aynı modele sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Yani manyetik alanda da uygulama öncesindeki bazı modellerin uygulama sonrasına transfer edildiği tespit edilmiştir.

Uygulama esnasında Bağlam 1 katılımcıların modellerini bilimsel bir noktaya taşıyamamıştır. Fakat Bağlam 2'nin uygulaması gerçekleştirildikten sonra, Fizik öğretmen adayları Bağlam 2 yardımıyla manyetik alanın kapalı eğriler şeklinde olduğunu öğrendikleri için, Bağlam 1'deki mıknatısın manyetik alanının da

kapalı eğriler şeklinde olması gerektiğini anladıklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle de Bağlam 2 etkisiyle Bağlam 1'in de bilimsel modele dönüştüğü gözlemlenmiştir. Buradan da bağlamların sıralamasının önemi anlaşılmıştır. Diğer bir ifadeyle AEAM'ye sahip öğretmen adaylarının sahip olduğu modelin temel elementlerinden olan "açık eğri" elementi, Bağlam 1 yardımıyla giderilemezken, Bağlam 2'deki teslametre ile ölçümler sayesinde BM'ye dönüşebilmiştir. Uygulamalar arasında Bağlam 1'e yer verilmesinin nedeni ise eğitim hayatında veya gündelik hayatta pek çok yerde karşılaşılan ve AEAM'nin kaynaklarından olduğunu düşündüğümüz mıknatısın manyetik alanının demir tozları yardımıyla gösterilmesi deneyinin sonuçlarını ortaya koymaktır. Görüşmelerin sonucunda da bu deneyin etkisi oldukça net olarak görülmüştür. Bunun yanı sıra kalıcılık incelemelerinin sonucuna bakıldığında, Bağlam 1'e dair artık uygulama öncesinde AEAM'ye sahip öğretmen adaylarının tamamının BM'ye dönmüş olması, uygulamaların da sırasının önemini ortaya çıkarmıştır.

KTAM'ye sahip öğretmen adayları Bağlam 4'teki uygulama sayesinde, bu modelden BM'ye geçiş yapabilmişlerdir. Çünkü yalnızca akım geçen telin dijital tartı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını gördüklerinde, manyetik alanın kaynağının manyetik kuvvet olmadığını anlamışlardır. Yalnızca akım geçen tele dış bir manyetik alan etkimediğinde, manyetik kuvvetin oluşmadığını gözlemlediklerinde, sahip oldukları bilimsel olmayan elementler de onlar için anlamsız hale gelmiştir. Yani zihinlerinde bir çatışma meydana gelmiştir. Tutarsız bir durum oluşmuştur ve yanlış bilgilerin yerini bilimsel bilgiler almıştır.

Bilimsel olmayan zihinsel modellerin nedenleri incelendiğinde ise literatürde şu bulgulara rastlanmıştır:

Maloney (1985) öğrencilerin manyetik kutuplarla ilişkili bilimsel olmayan bilgilere sahip olduğunu gözlemlemiştir. Örneğin öğrenciler manyetik kutupların şarj edildiği için elektrik yüklerinin hareket ettiği düşüncesine sahiplerdir. Bu araştırma kapsamında da öğretmen adayları manyetik kutupların tek tek olabileceği ya da manyetik alan çizgilerinin açık eğriler şeklinde olduklarını belirtmişlerdir. Yani katılımcılar manyetik kutuplarla ilgili bilimsel olmayan düşüncelere, diğer bir ifadeyle AEAM'ye sahiplerdir. Benzer şekilde çalışma kapsamında belirlenen AEAM'de olduğu gibi, Stepans'da (2006) araştırmasında öğrencilerin mıknatısın yalnızca manyetik alanın dışında bulunduğunu, içerisinde

manyetik alan bulunmadığını belirttikleri sonucunu elde etmiştir. Yani manyetik alanın açık eğriler şeklinde olduğunu düşündüklerini tespit etmiştir.

Cao ve Brizuela'da (2016) elektrik alan ile ilgili yapmış olduğu çalışmasında, öğrencilerin elektrik alan çizgilerinin manyetik alan çizgileri ile aynı olduğunu düşündüklerini belirlemiştir. Yani bu bulgu, AEAM'ye sahip öğretmen adayları gibi, manyetik alan çizgilerinin açık eğriler şeklinde olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Çünkü mıknatısın oluşturduğu manyetik alanı manyetik kuzeyden manyetik güneye doğru açık eğriler şeklinde düşünmektedirler. Bunun sonucunda da elektrik alan da açık eğriler şeklinde oluştuğu için, elektrik alanı manyetik alan ile karıştırmaktadırlar. Faraday ise manyetizmayı daha anlaşılır hale getirmek için manyetik alan çizgileri diye adlandırılan bir durum ortaya çıkardı. Bu durum yalnızca hayali bir durumdan ibaret olsa da, zaman içerisinde bu çizgilerin eğitsel açıdan çok kullanışlı olduğu ortaya çıktı ve kitaplarda bile yer almaya başladı (Taber, 2017). Fizik öğretmen adaylarının açıklamaları incelendiğinde de, açıklamaların neredeyse tamamında bu çizgilere başvurulduğu görülmüştür. Diğer taraftan bu çizgilerin Fizik öğretmen adayları tarafından her zaman bilimsel bakımdan doğru bir şekilde kullanılmadığı AEAM ile ortaya konmuştur.

Araştırma kapsamında MDM'ye sahip öğretmen adayları manyetik alanın meydana gelebilmesi için bir ortama ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Bar ve Zinn'de (1998) 9-17 yaşlarındaki öğrencilerle gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında, öğrencilerin manyetik alanın ancak bir ortamda meydana geldiğini belirttiklerini ifade etmişlerdir.

Maloney (1985) çalışmasında elektrik yüklerinin manyetik alan ile etkileşiminde öğrencilerin yaşadıkları zorlukların nedenlerini öğretmenlere sorarak, bazı olası nedenleri belirlemiştir. Bu nedenler manyetik kuvvetin üç boyutlu olması ve sağ el kuralının karmaşık kurallarından dolayı tam olarak anlaşılamıyor olmasıdır. Bu bulgular ise bizim araştırmamızı da desteklemektedir. Çünkü görüşmeler esnasında katılımcıların bazılarının "*Sağ el kuralı mıydı yoksa sol el kuralı mıydı?" (K5)* ya da *"Hangi parmak neyi gösteriyordu ki?" (K11)* gibi ifadeleri dikkat çekmektedir.

Guisasola, Almudí ve Zubimendi (2004) araştırmalarında öğrencilerin manyetik alanı anlamakta zorlandıklarını belirtmiştir. Bu araştırma kapsamında da

Fizik öğretmen adaylarının sahip olduğu bilimsel olmayan modeller, Guisasola, Almudí ve Zubimendi'nin sonuçlarını desteklemektedir. Çünkü uygulama öncesinde katılımcıların oldukça büyük bir çoğunluğu bilimsel olmayan modele sahiplerdir.

ÖAM'ye sahip Fizik öğretmen adayları, manyetik alanı meydana getiren kaynağın, yine kendisi üzerine manyetik kuvvet uygulayacağını düşünmektedirler. Yani katılımcılar dış manyetik alanda hareket eden yükle, dış manyetik alanın olmadığı bir ortamda hareket eden yüklerin oluşturduğu manyetik alan durumunu karıştırmaktadırlar. Fakat bu durum Bağlam 4'teki dijital tartı yardımıyla giderilmiştir. Akım geçen tele dış manyetik alan uygulanmadığında, manyetik kuvvetin de oluşmayacağı tartıda değer gözlemlenmediğinde ispatlanmıştır.

SDM ise, yalnızca Bağlam 5'te kullanılan bir modeldir. Çünkü yalnızca bu bağlamda denge durumu incelenmektedir. Bu modelde öğretmen adaylarının aslında manyetik kuvvetten ziyade mekanik denge şartlarında sorunlar yaşadığı görülmektedir. Yani denge konusunun dolaylı olarak manyetik alana etkisi olmaktadır.

ETAM'ye sahip Fizik öğretmen adayları manyetik alanın iki ayrı yükün bir araya gelmesiyle oluştuğunu düşünmektedirler. Bu durumun bir neticesi olarak da, mıknatısın kuzey ve güney kutuplarının ayrı ayrı bulunabileceğini ifade etmişlerdir. Yani manyetik monopolün olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca mıknatıs üzerinde oluşan manyetik alanın da manyetik kuzeyden manyetik güneye doğru olduğunu ve mıknatısın içerisinde manyetik alan bulunmadığını ifade etmişlerdir. Fakat Bağlam 1 yardımıyla mıknatısın ne kadar bölünürse bölünsün manyetik dipol olduğu ve Bağlam 2 yardımıyla manyetik alanın kapalı eğriler şeklinde olduğu gösterilince, öğretmen adayları sahip oldukları modellerde çatışmalar yaşamışlardır. Fakat hala durgun yüklerin manyetik alana sahip olması gibi bilimsel olmayan farklı düşüncelere de sahip oldukları için, zihinlerinde tekrar herhangi bir model oluşturamamışlardır. Yani kavramsal çerçevelerine eklemiş oldukları bilgiler, eskilerle uyum sağlamadığı için zihinlerinde kararlı bir bilgi yapısı oluşamamıştır.

Elektrik ve Manyetik Alan Kavramına Ait Sonuçların Karşılaştırılması

Bir konuyu birbirine bağlayan ve o konunun temelini oluşturan eşik kavram, öğrenme açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir (Meyer & Land, 2003). Elektrik ve manyetik alan gibi soyut kavramların öğrenilmesi içinse oldukça kilit bir noktadadır. Araştırmanın verileri incelendiğinde, elektrik alan için eşik kavramın "*durgun ve hareketli yük",* manyetik alan için ise "*yalnızca hareketli yük"* olduğu belirlenmiştir. Çünkü durgun yük elektrik alanın, hareketli yük ise hem elektrik hem de manyetik alanın kaynağıdır. Bu yüklerde meydana gelecek tüm değişiklikler elektrik ve manyetik alanı doğrudan etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle yükün elektrik ve manyetik alanı nasıl meydana getirdiği anlaşıldığında, alanı etkileyen diğer faktörler arasında da anlamlı ve tutarlı bir bağ kurulabilmektedir.

Zihinsel model belirleme ile ilgili yapılan araştırmalarda en fazla öğretim öncesi modellerin belirlenmesi ve bu doğrultuda anlamlı öğrenmenin gerçekleştirilmesi konusu ele alınmıştır (Ültay, Dönmez Usta, & Durmuş, 2017). Bu araştırma kapsamında ise elektrik ve manyetik alan konularını başarı ile geçmiş olmasına karşın, hâlâ bilimsel modele sahip olmayan Fizik öğretmen adaylarının bu modellerini deney setleri yardımıyla bilimsel hale gelmesi durumu ele alınmıştır. National Research Council'de (1996) yayınlamış olduğu fen eğitimi standartlarında deneyin öğrencilerin öğrenmesinde oldukça kritik bir yerinin olduğunu belirtmiştir. Corpuz ve Rebello (2011a), sürtünme olayının mikroskobik düzeyde incelendiği durumda, öğrencilerin zihinlerinde meydana gelen modelleri belirlemişlerdir. Bilimsel olmayan modellerin de düzeltilmesine yönelik olarak da yapılandırılmış etkinlikler geliştirmişlerdir. Benzer şeklide bu araştırmada da Fizik öğretmen adaylarının zihinlerindeki bilimsel olmayan modelleri, bilimsel modellerle değiştirebilmelerinde fizik eğitimcilerine yol göstermesi ve yardımcı olması için, elektrik ve manyetik alanlarla ilgili çeşitli deneyler tasarlanmıştır. Çünkü oldukça soyut bir yapıya sahip bu konular öğrenciler tarafından da tam olarak anlaşılamamaktadır. Nitekim Rebello vd. de (2003) elektromanyetizmayla mekanik kavramları arasında bağlantı kurmanın öğretmen adayları için çok zor olduğunu yaptıkları çalışma ile ortaya koymuşlardır. Çünkü elektromanyetizmada kütle ihmal edilebilirdir ve her şey çok küçüktür ve pek çok yaklaşım söz konusudur. Bu durumun etkileri de, Fizik öğretmen adaylarının sahip oldukları bilimsel olmayan modellerde de görülmektedir.

Hem elektrik hem de manyetik alan konusundaki zihinsel modellerin, Fizik öğretmen adaylarının sahip olduğu demografik özelliklerinden bağımsız olduğu görülmüştür. Yani katılımcıların sahip olduğu zihinsel modeller, onların

- Cinsiyetinden
- Yaşından
- Akademik Ortalamalarından
- Elektrik ve Manyetizma I Dersini kaç kerede geçtiğinden
- Elektrik ve Manyetizma I Dersini hangi notla geçtiğinden
- Elektrik ve Manyetizma II Dersini kaç kerede geçtiğinden
- Elektrik ve Manyetizma II Dersini hangi notla geçtiğinden

bağımsızdır. Yanış'da (2012) fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin akademik başarılarının ve sınıf düzeylerini incelediği çalışmasında bireylerin bu özelliklerinin zihinsel modellerini etkilemediği sonucuna ulaşmıştır.

Araştırma kapsamında elektrik ve manyetik alan ile ilgili kendi içerisinde örtüşen ve alan kavramlarının sorgulandığı 10 bağlama yer verilmiştir. Fizik öğretmen adaylarının bu bağlamlara ilişkin zihinsel modelleri incelendiğinde, bağlamlarda farklı açıklayıcı ilkelere yer verdikleri görülmüştür. Taber'de (2000) çalışmasında, incelediği öğrencilerin birbiriyle örtüşen bir dizi bağlamda birden fazla açıklayıcı ilkeye yer verdiğini görmüştür. Elektrik alan ve manyetik alan ile ilgili elde edilen zihinsel modellerin bağlamlar arasındaki ilişkileri incelendiğinde ise zihinsel modellerin bağlam bağımlı olduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, aslında tek bir kavram sorgulanıyor olmasına rağmen, bu kavram farklı bağlamlarda yer aldığında öğretmen adaylarının sahip olduğu zihinsel modeller farklılık göstermiştir. Bu durum ise zihinsel modellerin bağlam bağımlı olduğunun bir göstergesidir (Didiş, 2012; Özcan, 2015).

Elektrik ve manyetik alan ile ilgili modellerin doğası incelendiğinde ise saf modellerin yanı sıra melez modellerin de olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle saf modeller yalnızca bilimsel elementlerden meydana gelirken, melez modeller ise hem bilimsel hem de bilimsel olmayan elementler içermektedir. Bu durum hem elektrik hem de manyetik alan için geçerli olmaktadır. Hrepic vd. (2002) yapmış oldukları çalışmalarında da, birbirinden tamamen farklı iki tane saf modelin yanı

sıra (Dalga ve Varlık Modeli), beş farklı melez model (Titreme Modeli, Boylamsal Titreme Modeli, Yayılan Hava Modeli, Titreşen Hava Modeli, Eter Modeli ve Sıkıştırma Modeli) elde etmişlerdir.

Fizik öğretmen adaylarının bir kısmının hem elektrik alan hem de manyetik alan kavramları ile ilgili olarak, bilimsel modele sahip oldukları tespit edilmiştir. Fakat bu modele sahip olan katılımcılar, elektrik alan ve manyetik alan bağlamlarında farklılık göstermektedir (Tablo 10 ve Tablo 24). Diğer bir ifadeyle, elektrik alan kavramına ait bilimsel bir modele sahip olan öğretmen adayının, manyetik alan ile ilgili bilimsel olmayan modellere sahip olabildiği görülmüştür. Benzer şekilde katılımcı manyetik alan kavramı ile ilgili bilimsel modele sahip iken, elektrik alan kavramı ile ilgili olarak bilimsel olmayan çeşitli zihinsel modellere sahip olabilmektedir. Fakat öğretmen adayı elektrik alan ile ilgili MDM'ye sahip ise manyetik alan ile ilgili de aynı modelini sürdürmüştür. Çünkü elektrik alanın oluşması için bir ortama ihtiyaç olduğunu düşünüyor ise benzer şekilde manyetik alan için de aynı gerekçeyi ileri sürmektedir. Bu durum KTAM'de de belirlenmiştir. Eğer Fizik öğretmen adayı elektrik alanın kuvvet tarafından meydana getirildiğini düşünüyor ise manyetik alanın da benzer şekilde kuvvet tarafından meydana getirildiğini düşünmektedir.

Bazı Fizik öğretmen adayları da kendilerine elektrik alan kavramı ile ilgili yöneltilen sorulara, manyetik alan kavramına ait elementleri kullanarak yanıtlar vermişlerdir. Başka bir deyişle manyetik alana ait özelliklerin, elektrik alana ait olduklarını düşünmektedirler. Bu katılımcıların zihinsel modelleri MTAM olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra manyetik alan kavramı için yapılan incelemelerde de benzer durumun geçerli olduğu görülmüştür. Yani öğretmen adayları elektrik alana dair özelliklerin manyetik alana ait olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle de ETAM zihinsel modeline sahip olmuşlardır. Elektrik alan ile ilgili sorulara manyetik alanın özelliklerini kullanarak açıklayan öğretmen adaylarının, manyetik alan konusunu öğrendikten sonra aşırı genelleme yaptığı düşünülmektedir. Diğer bir ifadeyle ilk öğrendiği konuya ait bilgileri ardından gelen konuya genellediği söylenebilir. ETAM'ye sahip olan yani manyetik alan kavramını elektrik alan kavramına ait elementlerle açıklamaya çalışan katılımcıların ise manyetik alan ile ilgili önceden sahip oldukları bir takım bilgileri transfer ettikleri düşünülmektedir. Yani ilk öğrendiği konuyu yeni konu ile ilişkilendirip, ilk bilgilerini yeni duruma

uyarladığı sanılmaktadır. Maloney ve arkadaşları da (2001) geliştirmiş oldukları CSEM testinde benzer sonuçları elde etmişlerdir. Öğrencilerin elektrik ve manyetik alanın özelliklerini birbirine karıştırdıklarını belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra Plumb'da (2003) öğrencilerin elektrik ve manyetik alan arasındaki farkı net olarak ayırt edemediklerini belirtmiştir. Scaife ve Heckler de (2011) üniversite öğrencileri ile gerçekleştirdiği çalışmasında öğrencilerin elektrik ve manyetik kavramlarını birbirine karıştırdıkları sonucuna ulaşmıştır. Özellikle de bu durumun elektrik ve manyetik kuvvetler üzerine etkisini incelemiş ve elektrik kuvvetini bilimsel açıklayabilen öğrencilerin, manyetik kuvveti öğrendikten sonra, artık bilimsel olmayan ifadeler kullandıklarını fark etmiştir. Yani bu araştırmada olduğu gibi öğrenciler öğrendikleri bilgileri bir alandan diğerine yanlış kullanım biçiminde taşımışlardır. Benzer şekilde Sağlam ve Millar'da (2006) öğrencilerin elektrik ve manyetik alan kavramlarını birbirlerine karıştırdıkları sonucuna ulaşmıştır.

Galili (1995) öğrencilerin mekanik ile ilgili alt yapılarının, bu konunun ardından öğrenilen elektromanyetizma konusunun anlaşılmasını etkilediğini belirtmiştir. Kuvvet etkileşimlerindeki ve iş-enerji dönüşümlerindeki mekanik ve elektromanyetik alan farklılıkları, öğrencilerin de elektrik ve manyetik alan konusunda zihinsel karmaşa yaşamalarına neden olmaktadır. Manyetik alan ile ilgili Bağlam 4'te de benzer şekilde akım geçen iletken üzerine etkiyen kuvvet dijital tartıya temas etmediği için, K5, K11, K15 manyetik kuvvetin bir etkisinin olmayacağını ifadelerinde belirtmişlerdir. Yani Newton'un 3. Yasasında olduğu gibi, bir temas neticesinde etki-tepki kuvvetlerinin oluşmasını beklemektedirler.

Hem elektrik hem de manyetik alan kavramları ile ilgili olarak, bazı Fizik öğretmen adayları bağlamlar hakkında herhangi bir model geliştirememişlerdir. Kendilerine yöneltilen sorulara çeşitli cevaplar vermiş olmalarına rağmen, bu yanıtlar yalnızca ufak bilgi kırıntıları şeklindendir. Bazıları ise konunun oldukça dışında kullanılan ifadelerdir. Özetle, bu bilgiler bir model oluşturacak uyumlu bir bilgi yapısına sahip değillerdir. Greca ve Moreira'da (1997) üniversite öğrencileriyle elektromanyetizma alanında yapmış olduğu çalışmasında, katılımcıların soru ve problemleri çözerken genellikle zihinsel modellerle ilgisi olmayan ve hatta yorumlanamayan önermeleri kullandıklarını görmüşlerdir. Bu durum araştırma kapsamında da herhangi zihinsel modele sahip olmayan

katılımcılarda (EA için: K6, K8, K9, K11, K14, K15, K19 ; MA için: K5, K6, K9, K11, K12, K13, K15, K17, K18, K19, K21, K22) gözlemlenmiştir.

Raduta (2005) bilimsel olmayan bilgilerin kaynağının kitaplar olduğu fark etmiştir. Bilimsel olmayan zihinsel modellerin kaynağı ayrıntılı olarak araştırıldığında ise temel kaynaklar olarak kullanılan kitaplarda bilimsel olmayan ifadeler, şekiller, resimler birebir olarak yer almaktadır. Bu durum hem elektrik alan da hem de manyetik alan ile ilgili ders kitaplarında görülmüştür. Katılımcılar soruları cevaplarken metinlerin ve çizimlerin yanı sıra matematiksel formüllere de yer vermişlerdir. Açıklamalarını formüller üzerinden temellendirmişlerdir. Redish ve Kuo da (2015) bu konu ile ilgili çalışmalarında, kitaplarda metinsel temsillerin çok soyut kaldığını ve fiziksel sistemlerin matematiksel olarak da açıklanmasının gerektiğine vurgu yapmışlardır. Bunun yanı sıra bu araştırma kapsamında Fizik öğretmen adayları kendilerine yöneltilen elektrik ve manyetik alan ile ilgili pek çok soruya çizimler yaparak cevaplar vermişlerdir. Bu durum ağırlıklı olarak bilgi düzeyindeki sorularda kullanılmıştır. Yeo ve Gilbert'te (2017) yapmış olduğu araştırmasında öğrencilerin çizim yaparak kendilerini daha iyi ifade ettiklerini ve bu durumun yorumdan ziyade sonuç türü açıklamalarda kullanıldığına dikkat çekmiştir. Yani soyut kavramları temsiller yardımıyla ifade ettiklerini belirtmiştir. Örneğin alanın büyüklüğü ile ilgili sorularda çizimlerin sıkça kullanıldığını belirtmiştir.

Bilimsel olmayan zihinsel modellerin oluşmasındaki bir diğer etken ise akran etkileşimidir. Öğrenenlerin öğrenme sürecinde ve sonrasında kendi çevresiyle kurmuş olduğu iletişim neticesinde, bilimsel olmayan elementlere sahip olabilmektedirler. Yani birey, çevresinde etkileşim kurduğu kişilerle etkileşimde bulunduğu durumda, kendilerinden bilimsel bilgilerin yanı sıra bilimsel olmayan bilgiler de öğrenmektedir. Örneğin laboratuvarda sözlülerin yapıldığı durumlarda, eğitimcinin yanlış cevaplara müdahale etmediği durumlarda, diğer öğrencilerin de bu cevaplardan etkilenip, bilimsel olmayan bilgileri zihinlerinde modelledikleri görülmüştür. Bunun dışında, öğretmen adayları sınav öncesinde birlikte çalıştıkları durumlarda birbirlerinden etkilendiklerini dile getirmişlerdir. Yani sahip oldukları modelleri birbirlerine transfer edebilmektelerdir.

Fizik öğretmen adayları ile yapılan görüşmelerde bilimsel olmayan bilgilerin bir diğer nedeninin eğitimciler olduğu görülmüştür. Eğitimcilerin de kitaplardan

öğrendiği ya da akran etkileşimiyle elde ettiği bilgilerinde hataların olduğu durumda, bu bilgileri doğal olarak kendi öğrencilerine de aktardığı sonucuna varılmıştır. Borges ve Gilbert (1999) öğrencilerin, öğretmenlerin, mühendislerin ve uygulayıcıların elektrik akım ile ilgili zihinsel modellerini incelemiş ve sonuç olarak öğretmenlerin, öğrencilerinin daha iyi modellere sahip olabilmeleri için, daha fazla çabalaması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Araştırma kapsamında ise yapılan deneyler yardımıyla, öğretmen adaylarının modellerinin büyük oranda BM'ye dönüştüğünün gözlemlenmesi, öğretmenlerin derslerini uygulamalarla desteklemesinin yararlı olacağını göstermektedir.

Elektrik ve manyetik alan kavramlarının her ikisinin de bulgularından anlaşılabileceği gibi, uygulama sonrası zihinsel modeller uygulama öncesine göre değişiklik göstermektedir. Bu durum zihinsel modellerinin oluşmasında ön bilgilerin önemini göstermektedir. Yani bireyin sahip olduğu önbilgiler süreç içerisindeki dış etkilerden yoğun bir şekilde etkilenmektedir. Bu bilgiler bilimsel ise yeni zihinsel modeller de bilimsel olmaktadır. Fakat tam tersi durumda, başlangıçtaki model bilimsel bile olsa, bilimsel olmayan başka bir modele dönüşebilmektedir.

Sonuç olarak Fizik öğretmen adaylarının elektrik alan ve manyetik alan konusunda zorluklar yaşadığı ve yaşanan bu zorlukların araştırma kapsamındaki uygulamalar yardımıyla büyük oranda giderilebildiği görülmüştür. Ayrıca kalıcılık incelemelerinde de oluşan bu bilimsel modellerin yüksek oranda kalıcı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 12 ve Tablo 22). Bu durum zihinsel modellerin zamandan bağımsız olduklarını göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, bireylerin sahip oldukları zihinsel modeller zaman içerisinde değişime uğramamaktadır.

Fizik öğretmen adaylarının sahip oldukları bilimsel olan ya da bilimsel olmayan zihinsel modeller, konu ile yakından veya uzaktan ilişkili dış etkenlerin etkileşiminin bir ürünüdür. Diğer bir ifadeyle birey kendi zihninde ilişki kurabileceği herhangi bir bilgiyi, okuduğu, gördüğü ya da duyduğu durumda, bu bilgiyi zihinsel süreçlerde işler ve bir model oluşturur. Dışarıdan aktarılan bu bilginin ise bilimsel olup olmama durumu, kişide meydana gelen modelin bilimselliğini etkiler. Şayet bu bilginin içerisinde bilimsel olmayan elementler mevcut ise sahip olduğu ön bilgiler bilimsel dahi olsa, bu bilimsel olmayan elementi o bilgilerle bir şekilde ilişkilendirir ve bu sayede melez bilimsel olmayan bir zihinsel modele sahip olur. Bu süreçten sonra öğrendiği tüm bilgiler bilimsel dahi olsa, sahip olduğu bu bilimsel olmayan

element, bu elementin yanlış olduğunu kavrayacağı bir durum oluşana kadar bireyin zihnindeki yerini hiç kaybetmeyecektir. Hatta yeni gelen bilimsel bilgileri dahi, bu elemente uygun olacak şekilde şekillendirmeye çalışacaktır. Eğer birey iki bilginin çeliştiğini düşünürse ya yeni gelen bilgiyi kullanarak bir model oluşturmadan unutacaktır ya da bir soru ile karşılaştığında, “bir de şu şekilde bir şey biliyorum ama çok da emin değilim (K5)” veya “şuan kendimle çeliştim (K10)” tarzında cümleler kuracaklardır.

Öneriler

- Fizik kitapları, konuların anlatımı ve kullanılan şekiller gibi bileşenleri tamamen bilimsel bilgilere paralel olacak bir biçimde dikkatlice hazırlanması gerekmektedir.
- Elektrik alan konusu anlatılırken iletken ve yalıtkan maddelerin arasındaki farklılıklar daha ayrıntılı bir şekilde ortaya konulmalıdır.
- Öğrencilerin bir araya gelerek bilgi paylaşımında bulundukları ortamlarda, bilimsel olmayan ifadelerin geçtiği durumda öğretmen tarafından diğer öğrencilerin bu yanlış bilgiyi öğrenmesine fırsat olmadan bu bilgiler düzeltilmelidir.
- Öğretmenlerin herhangi bir konuyu öğretmeden önce öğrencilerin ön zihinsel modellerini belirlemesi ve sahip olunan bilimsel olmayan bilgilerin düzeltilmesine yönelik vurguların yapılması ve gerekiyorsa söz konusu bu konular ile ilgili materyallerin hazırlanması gerekmektedir.
- Manyetik alan konusu işlenirken, elektrik alan konusuna tekrar dönülüp, aralarındaki benzerliklere ve farklılıklara daha fazla vurgu yapılmalıdır.
- Özellikle öğretmenlerin yetiştirildiği eğitim fakültelerinde, öğretmen adaylarının tüm konuları bilimsel olarak öğrenebilmeleri için, konular anlatılmaya başlamadan önce zihinsel modelleri ortaya çıkarılmalı ve bilimsel olmayan modelleri gidermeye yönelik önlemler alınmalıdır. Şayet bu durum gerçekleştirilmezse, bilimsel olmayan bu bilgiler nesiller boyu aktarılacaktır.

- Özellikle soyut kavram içeren konular başta olmak üzere, konularla ilgili gerek basit düzeyde gerekse kapsamlı materyallerle mutlaka uygulamalar yaptırılmalıdır.
- Konular işlenirken yalnızca problem çözmeye yönelik değil, özellikle kavram temelli bir şekilde anlatılmalıdır. Yani problemlere sanki bir matematik sorusuymuş gibi yaklaşılmamalıdır. Cevapları kavramsal bir bütünlükle verilmelidir.
- Öğrencilere sınavlarda yalnızca sayısal problemler sorulmamalıdır. Kavramlara yönelik de sorular sorulmalıdır. Çünkü pek çok Fizik öğretmen adayı sınavlarda yalnızca sayısal problemler sorulduğu için, kendilerine yöneltilen sorulara dair fikir yürütemediklerini ifade etmişlerdir.
- İçerisinde çeşitli fiziksel parametreleri barındıran *sabitlere* daha fazla vurgu yapılmalıdır. Çünkü bu sabitler aslında o kavram ile ilgili pek çok özelliği içerisinde barındırmaktadır. Eğer öğrenciler k sabitinin içerisinde boşluğun elektriksel geçirgenlik katsayısının olduğunu daha iyi kavramış olsalardı, elektrik ve manyetik alanın da boşlukta oluşabildiğini de daha kolay yorumlayabilirlerdi.

Kaynaklar

Allbaugh, A. R. (1998). *The problem context dependency of students' application of Newton's second law.* (Doctoral Dissertetion), Kansas State University, Manhattan, Kansas.

Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2007). *Pre-service elementary teachers' understanding of standards-based magnetism concepts*. Paper presented at the Association for Science Teacher Education, Claerwater, FL.

Bao, L., & Redish, E. F. (2002). Understanding probabilistic interpretations of physical systems: A prerequisite to learning quantum physics. *American Journal of Physics, 70*(3), 210-217. doi:10.1119/1.1447541

Bao, L., & Redish, E. F. (2006). Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2*(1), 010103. doi:10.1103/PhysRevSTPER.2.010103

Bar, V., & Zinn, B. (1998). Similar frameworks of action-at-a distance: Early scientists' and pupils' ideas. *Science & Education, 7*(5), 471-491. doi:10.1023/a:1008687204309

Barrow, L. H. (1990). Elementary science textbooks and potential magnet misconceptions. *School Science and Mathematics, 90*(8), 716-720.

Barrow, L. H. (2000). Do elementary science methods textbooks facilitate the understanding of magnet concepts? *Journal of Science Education and Technology, 9*(3), 199-205.

Baş Collins, A. (1999). *A case study of instructional supervision at a private secondary school* (Doctoral Dissertation), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Beh, K. L. (2000). *An Investigation of the effect of instruction in physics on the formation of mental models for problem-solving in the context of simple electric circuits.* (Doctoral Dissertation), The University of Iowa, Iowa.

Bilal, E., & Erol, M. (2012). Effect of teaching via modeling on achievement and conceptual understanding concerning electricity. *Journal of Baltic Science Education, 11*(3), 236-247.

Borges, A. T., & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education, 21*(1), 95-117. doi:10.1080/095006999290859

Borges, A. T., Tecnico, C., & Gilbert, J. K. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education, 20*(3), 361-378. doi:10.1080/0950069980200308

Bueche, F. J., & Jerde, D. A. (2010). *Fizik ilkeleri II* (Çev. Prof. Dr. K. Çolakoğlu, 2. baskı). Ankara: Palme Yayıncılık.

Cao, Y., & Brizuela, B. M. (2016). High school students' representations and understandings of electric fields. *Physical Review Physics Education Research, 12*(2), 020102. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020102

Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind* (pp. 257-291). Hillsdale: NJ: Erlbaum.

Carnes, M. T. (2016). *Conceptual understanding of threshold concepts of electrical phenomena: Mental models of senior undergraduates in electrical engineering.* (Doctoral Dissertation), Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Chiou, G.-L. (2013). Reappraising the relationships between physics students' mental models and predictions: An example of heat convection. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 9*(1), 010119. doi:10.1103/PhysRevSTPER.9.010119

Chiou, G.-L., & Anderson, O. R. (2010). A study of undergraduate physics students' understanding of heat conduction based on mental model theory and an ontology-process analysis. *Science Education, 94*(5), 825-854. doi:10.1002/sce.20385

Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic

bonding. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(5), 464-486. doi:10.1002/tea.10085

Corpuz, E. D., & Rebello, N. S. (2011a). Investigating students' mental models and knowledge construction of microscopic friction. I. Implications for curriculum design and development. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 7*(2), 020102. doi:10.1103/PhysRevSTPER.7.020102

Corpuz, E. D., & Rebello, N. S. (2011b). Investigating students' mental models and knowledge construction of microscopic friction. II. Implications for curriculum design and development. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 7*(2), 020103. doi:10.1103/PhysRevSTPER.7.020103

Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Çakır, M. (2011). *Üstün yetenekli öğrencilerin "iletkenlik ve yalıtkanlık" kavramları hakkındaki zihinsel modellerinin incelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.

Çepni, S., & Keleş, E. (2006). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education, 4*(2), 269-291.

De Vos, W. (1985). *Corpusculum delicti.* (Unpublished Doctoral Dissertation), University of Utrecht, Utrecht.

Didiş Körhasan, N., Eryılmaz, A., & Erkoç, Ş. (2016). The influence of instructional interactions on students' mental models about the quantization of physical observables: a modern physics course case. *European Journal of Physics, 37*(1), 015701. doi:10.1088/0143-0807/37/1/015701

Didiş Körhasan, N., & Wang, L. (2016). Students' mental models of atomic spectra. *Chemistry Education Research and Practice, 17*(4), 743-755. doi:10.1039/c6rp00051g

Didiş, N. (2012). *Investigation of undergraduate students' mental models about the quantization of physical observables.* (Doctoral Dissertation), Middle East Technical University, Ankara.

Didiş, N., Eryılmaz, A., & Erkoç, Ş. (2014). Investigating students' mental models about the quantization of light, energy, and angular momentum. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 10*(2), 020127. doi:10.1103/PhysRevSTPER.10.020127

diSessa, A. A. (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction, 10*(2&3), 105-225.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. London: Routledge.

Duit, R., & Glynn, S. (1996). Research in science education in Europe: Current issues and themes. In G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Mental modelling*. London: Farmer Press.

Erlandson, D. A., Harris, E. L., Skipper, B., & Allen, S. D. (1993). *Doing naturalistic inquiry: A guide to methods*. Newbury Park, CA: Sage Publications.

Etkina, E., Warren, A., & Gentile, M. (2006). The role of models in physics instruction. *The Physics Teacher, 44*(1), 34-39. doi:10.1119/1.2150757

Fishbane, P. M., Gasiorowicz, S., & Thornton, S. T. (2003). *Temel fizik II* (Çev.Prof. Dr. C. Yalçın). Ankara: Arkadaş Yayınevi.

Foster, N. (1995). The analysis of company documentation In C. C. & S. G. (Eds.), *Qualitative methods in organizational research: Apractical guide*. London: Sage Publications.

Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education* (6th ed.). Boston: McGraw-Hill.

Furió-Más, C., & Guisasola, J. (1998). Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education, 82*(4), 511-526. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:43.3.CO;2-#

Galili, I. (1995). Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education, 17*(3), 371-387. doi:10.1080/0950069950170308

Gee, B. (1978). Models as a pedagogical tool: Can we learn from Maxwell? *Physics Education, 13*(5), 287-291.

Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 99-129). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Giancoli, D. C. (2009). *Fen bilimcileri ve mühendisler için fizik* (4. baskı). Ankara: adapted by Gülsen Önengüt, Akademi Yayıncılık.

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1997). The kinds of mental representations models, propositions and images used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education, 19*(6), 711-724. doi:10.1080/0950069970190607

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education, 22*(1), 1-11. doi:10.1080/095006900289976

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education, 86*(1), 106-121. doi:10.1002/sce.10013

Griffiths, D. J. (1999). *Introduction to electrodynamics* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Guisasola, J., Almudí, J. M., & Zubimendi, J. L. (2004). Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. *Science Education, 88*(3), 443-464. doi:10.1002/sce.10119

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014). *Fiziğin temelleri II* (Çev. B. G. Akınoğlu & H. M. Alev). Ankara: Palme Yayıncılık.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education, 84*(3), 352-381. doi:10.1002/(sici)1098-237x(200005)84:3<352::Aid-sce3>3.0.Co;2-j

Hrepic, Z. (2004). *Development of a real-time assesment of students' mental models of sound propagation.* (Doctoral Dissertation), Kansas State University, Manhattan, Kansas.

Hrepic, Z., Zollman, D. A., & Rebello, N. S. (2002). *Identifying student's models of sound propogation*. Paper presented at the Physics Education Research Conference, Boise ID.

Hrepic, Z., Zollman, D. A., & Rebello, N. S. (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 6*(2), 020114. doi:10.1103/PhysRevSTPER.6.020114

Hubber, P. (2006). *Year 12 students' mental models of the nature of light.* Paper presented at the GIREP Conference 2006: Modeling in Physics and Physics Education, Amsterdam, Netherlands.

Isola, A. C. (1999). *Students' mental models of electricity in simple dc circuıts.* (Doctoral Dissertation), Western Michigan University, Kalamazoo.

Itza-Ortiz, S. F., Rebello, S., & Zollman, D. (2004). Students models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism. *European Journal of Physics, 25*(1), 81-89. doi:10.1088/0143-0807/25/1/011

İyibil, Ü. (2010). *Farklı programlarda öğrenim gören öğretmen adaylarının temel astronomi kavramlarını anlama düzeylerinin ve ilgili kavramlara ait zihinsel modellerinin analizi.* (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Johnson-Laird, P. N. (2004). The history of mental models. In K. Manktelow & M. C. Chung (Eds.), *Psychology of Reasoning: Theoretical and Historical Perspectives*. New York, NY: Psychology Press.

Kurnaz, M. A. (2011). *Enerji konusunda model tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamlarının zihinsel model gelişimine etkisi.* (Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly, CA: Sage Publications.

Maloney, D. P. (1985). Charged poles? *Physics Education, 20*(6), 310-316.

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*(S1), S12-S23. doi:10.1119/1.1371296

Marks, J. B. (2012). *Understanding key concepts of electric circuits: Students' use of mental models.* (Doctoral Dissertation), University of York, York. Retrieved from http://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/3938

McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics, 67*(9), 755-767. doi:10.1119/1.19122

Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (3rd ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Meyer, J. H. F., & Land, R. (2003). Threshold concepts and troublesome knowledge (1): Linkages to ways of thinking and practising within the disciplines. In C. Rust (Ed.), *Improving Student Learning: Improving Student Learning Theory and Practice – Ten Years On*. Oxford: Oxford Centre for Staff and Learning Development.

Mitchem, S. L., Zohrabi Alaee, D., & Sayre, E. C. (2017). Student understanding of electric and magnetic fields in materials. *American Journal of Physics, 85*(9), 705-711. doi:10.1119/1.4991376

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. doi:https://doi.org/10.17226/4962

Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science* (pp. 3-45). Minneapolis: University of Minnesota Press.

OECD. (2010). *Trends Shaping Education 2010*. Retrieved from http://www.oecd.org/education/ceri/46447355.pdf

Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science*. Hong Kong: Heinemann Education.

Özcan, Ö. (2013). Investigation of mental models of Turkish pre-service physics students for the concept of “spin”. *Eurasian Journal of Educational Research, 52*(21-36).

Özcan, Ö. (2015). Investigating students’ mental models about the nature of light in different contexts. *European Journal of Physics, 36*(6), 065042. doi:10.1088/0143-0807/36/6/065042

Patton, M. Q. (1987). *How to use qualitative methods in evaluation*. Newsbury Park, London, New Delhi: Sage Publications.

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Philippi, K. H. (2010). *An examination of student understanding of the use of models in science and conceptual understanding of electricity and magnetism.* (Doctoral Dissertation), University of New Orleans, New Orleans.

Plumb, M. S. (2003). *Student interpretations of electric and magnetic fields and on the CSEM.* (Doctoral Thesis), The State University of New York, Buffalo.

Purcell, E. M. (1994). *Elektrik ve magnetizma – 2, Berkeley fizik dersleri* (Çev. T. N. Durlu & Y. Elerman, 1. baskı). Ankara: Bilim Yayınları.

Raduta, C. (2005). General students misconceptions related to electricity and magnetism. Retrieved from arXiv:physics/0503132 website:

Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 43-60). Netherlands.

Ravanis, K., Pantidos, P., & Vitoratos, E. (2009). Magnetic field mental representations of 14-15 year old students. *Acta Didactica Napocensia, 2*(2), 1-7.

Rebello, N. S., Itza-Ortiz, S. F., & Zollman, D. A. (2003). *Students' mental models of Newton's second law: mechanics to electromagnetism*. Paper presented at the National Association of Science Teachers National Meeting, Philadelphia, PA. https://web.phys.ksu.edu/papers/2003/NARST_NewtonII.pdf

Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics, 62*(9), 796-803. doi:10.1119/1.17461

Redish, E. F. (2003). *A Theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking*. International School of Physics, "Enrico Fermi",Course CLVI. Varenna, Italy.

Redish, E. F. (2005, 21-26 August). *Changing student ways of knowing: What should our students learn in a physics class?* Paper presented at the World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change Conference, Delhi, India.

Redish, E. F., & Kuo, E. (2015). Language of physics, language of math: Disciplinary culture and dynamic epistemology. *Science & Education, 24*(5-6), 561-590. doi:10.1007/s11191-015-9749-7

Sağlam, M., & Millar, R. (2006). Upper high school students' understanding of electromagnetism. *International Journal of Science Education, 28*(5), 543-566. doi:10.1080/09500690500339613

Scaife, T. M., & Heckler, A. F. (2011). Interference between electric and magnetic concepts in introductory physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 7*(1), 010104. doi:10.1103/PhysRevSTPER.7.010104

Sederberg, D. C. (2012). *Middle school students' mental models of magnets and magnetic interactions.* (Doctoral Dissertation), Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Sederberg, D. C., Latvala, A.-L., Lindell, A., Bryan, L., & Viiri, J. (2014). *Progressions of students' mental models of magnetism across scale.* Paper presented at the GIREP - ICPE-MPTL International conference.

Serway, R. A., & Beicher, R. J. (2002). *Fen ve mühendislik için fizik I* (Çev. Prof. Dr. K. Çolakoğlu, 5. baskı). Ankara: Palme Yayıncılık.

Serway, R. A., & Beicher, R. J. (2007). *Fen ve mühendislik için fizik II* (Çev. Prof. Dr. K. Çolakoğlu, 5. baskı). Ankara: Palme Yayıncılık.

Steinberg, M. S., & Clement, J. J. (2001). Evolving mental models of electric circuits. In *Research in Science Education - Past, Present, and Future* (pp. 235-240). Dordrecht: Springer.

Stepans, J. (2006). *Targeting students' science misconceptions*. Claerwater, FL: Showboard, Inc.

Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks?: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education, 22*(4), 399-417. doi:10.1080/095006900289813

Taber, K. S. (2013). *Modelling learners and learning in science education*. Dordrecht: Springer.

Taber, K. S. (2017). Models and modelling in science and science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education* (pp. 263-278). Rotterdam: Sense Publishers.

Taşar, M. F., Dana, T. M., & Lunetta, V. N. (2000). *What it takes to understand: One college student's mental model of force, acceleration and velocity*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Association of Educational Research, New Orleans.

Thacker, B. A., Ganiel, U., & Boys, D. (1999). Macroscopic phenomena and microscopic processes: Student understanding of transients in direct current electric circuits. *American Journal of Physics, 67*(S1), S25-S31. doi:10.1119/1.19076

Törnkvist, S., Pettersson, K. A., & Tranströmer, G. (1993). Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept. *American Journal of Physics, 61*(4), 335-338. doi:10.1119/1.17265

TÜBA Ulusal Açık Ders Malzemeleri. (2015). Retrieved from http://www.acikders.org.tr/course/view.php?id=38

Ültay, E., Dönmez Usta, N., & Durmuş, T. (2017). Eğitim alanında yapılan zihinsel model çalışmalarının betimsel içerik analizi. *Yaşadıkça Eğitim, 31*(1), 21-40.

Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education, 21*(11), 1141-1153. doi:10.1080/095006999290110

Van Hoeve-Brouwer, G. M. (1996). *Teaching structures in chemistry: An educational structure for chemical bonding* (Doctoral Dissertation), University of Utrecht, Utrecht.

Viennot, L. (2001). *Reasoning in physics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

Vosniadou, S. (1994). Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth. In L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds.), *Mapping the Mind*. New York: Cambridge University Press.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24*(4), 535-585.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science, 18*(1), 123-183.

Vosniadou, S., & Verschaffel, L. (2004). Extending the conceptual change approach to mathematics learning and teaching. *Learning and Instruction, 14*(5), 445-451. doi:10.1016/j.learninstruc.2004.06.014

Williams, E. G. (2011). *Fostering high school physics students' construction of explanatory mental models for electricity: Identifying and describing*

whole-class discussion-based teaching strategies. (Doctoral Dissertation), University of Massachusetts, Amhe.

Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F. (1999). Making sense of how students make sense of mechanical waves. *The Physics Teacher, 37*(1), 15-21. doi:10.1119/1.880142

Yanış, H. (2012). *Investigating preservice science teachers' understanding of role and distribution of ozone layer and ozone layer depletion through mental models and ontological beliefs.* (Master Thesis), Middle East Technical University, Ankara.

Yeo, J., & Gilbert, J. K. (2017). The role of representations in students' explanations of four phenomena in physics: Dynamics, thermal physics, electromagnetic induction and superposition. In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Eds.), *Models and Modeling in Science Education: Multiple Representations in Physics Education*. Switzerland: Springer.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınları.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Sears ve Zemansky' in üniversite fiziği I* (Çev. H. Ünlü, 12. baskı). İstanbul: Pearson Education Yayıncılık.

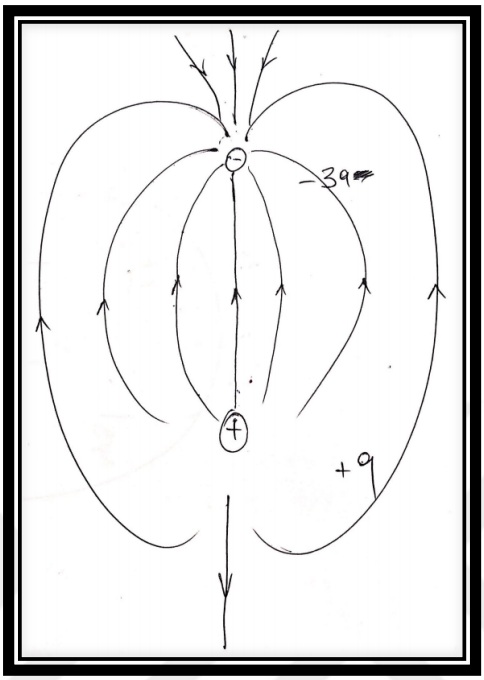
Young, H. D., & Freedman, R. A. (2010). *Sears ve Zemansky' in üniversite fiziği II* (Çev.H. Ünlü, 12. baskı). İstanbul: Pearson Education Yayıncılık.

Yüksel, T. (2011). *Turkish eighth grade students' mental model representations about the nature of magnets and magnetic interactions.* (Master Thesis), Purdue University, West Lafayette, Indiana.

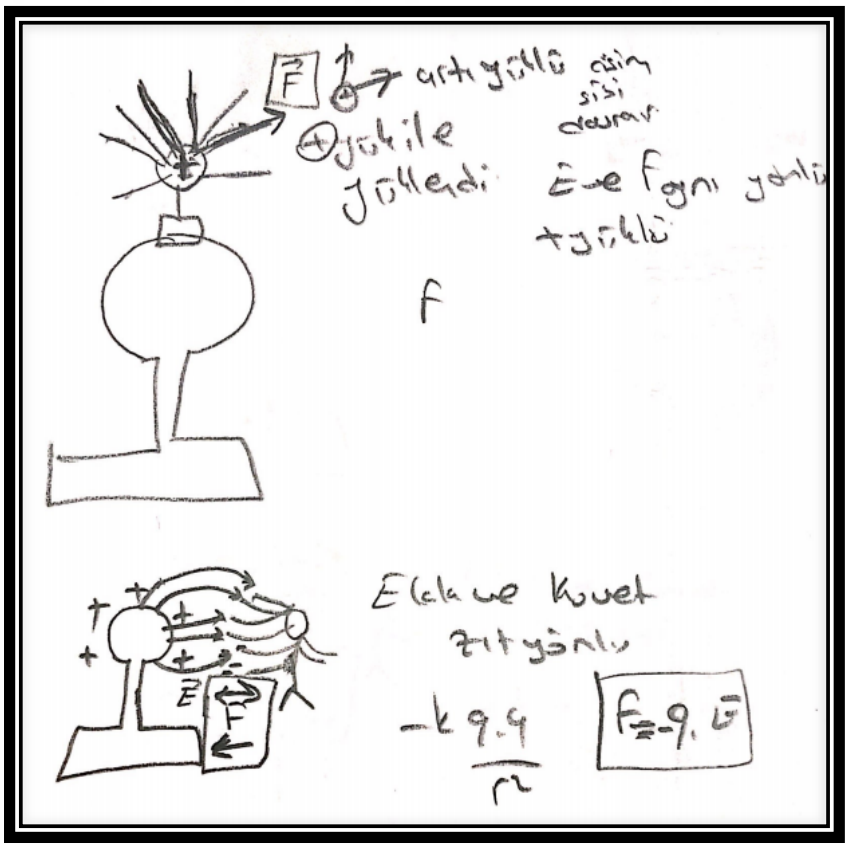
EK-A: Katılımcıların Çizdiği Elektrik Alan ile ilgili Modellerine Ait Örnekler

❖ *Bilimsel Model (BM)*

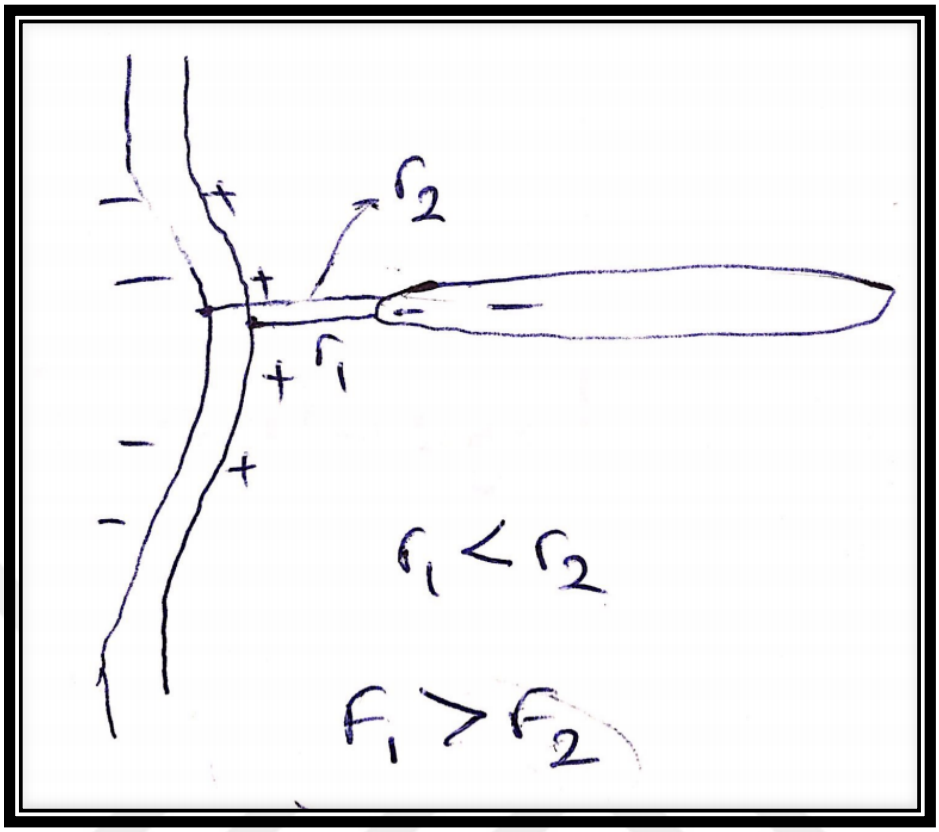
1. Bağlam 1- K1



2. Bağlam 1- K2 (Uygulama Sonrası)

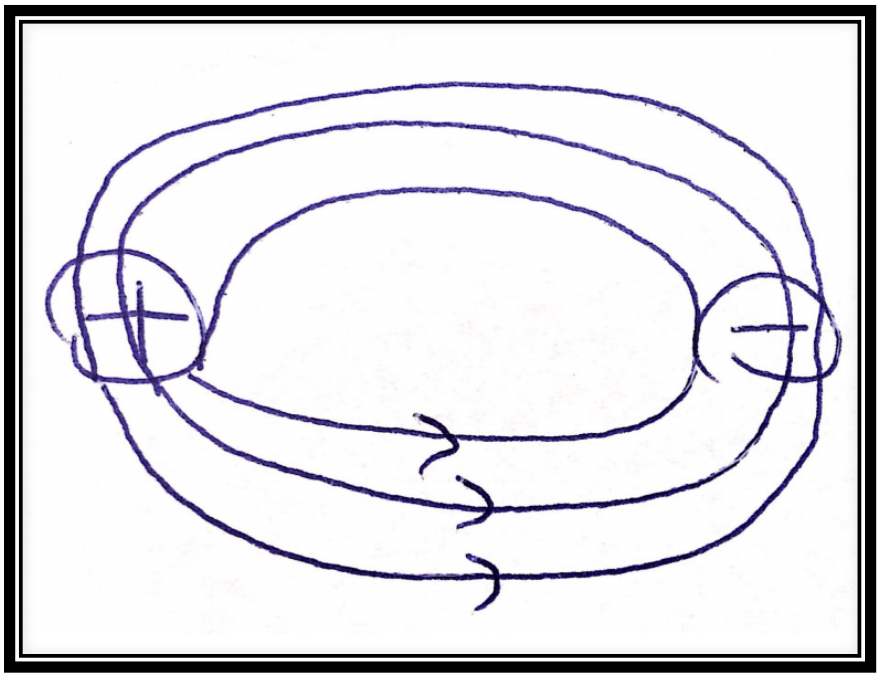


3. Bağlam 4- K21



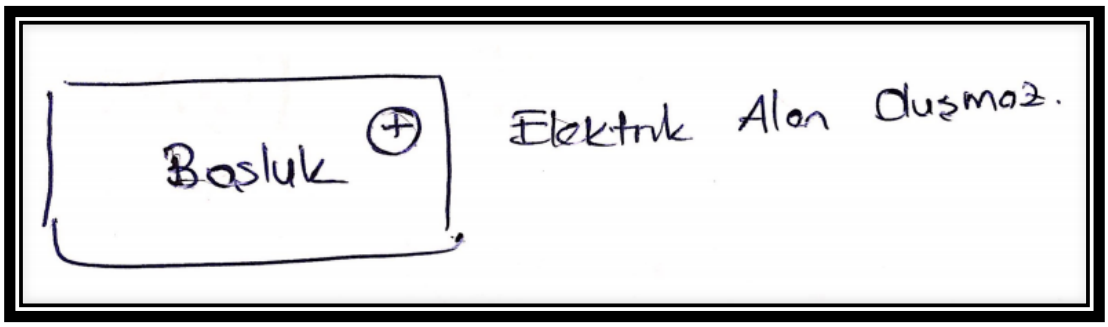
❖ **Manyetik Temelli Alan Modeli (MTAM)**

1. Bağlam 1- K4



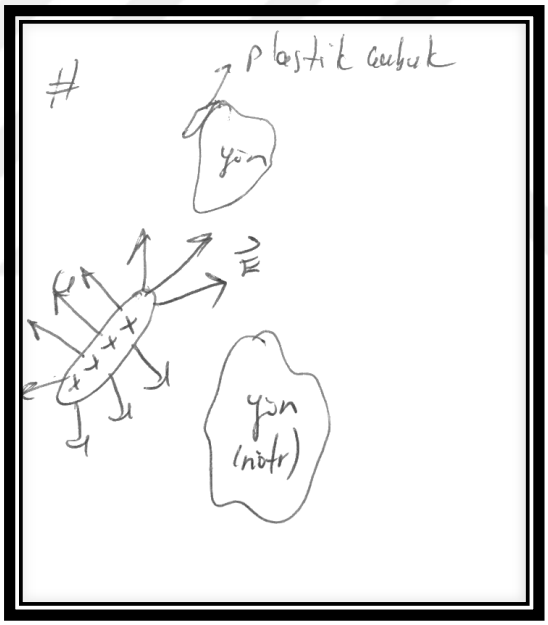
❖ **Mekanik Dalga Modeli (MDM)**

1. Bağlam 1-2-3-4-5 K12



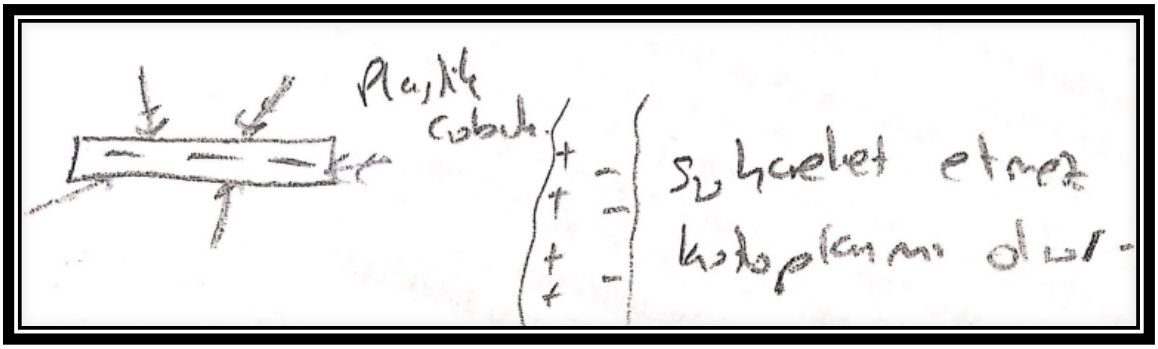
❖ **Maddeden Bağımsız Alan Modeli (MBAM)**

1. Bağlam 3-K13



❖ **Kuvvet Etkisiz Alan Modeli (KEAM)**

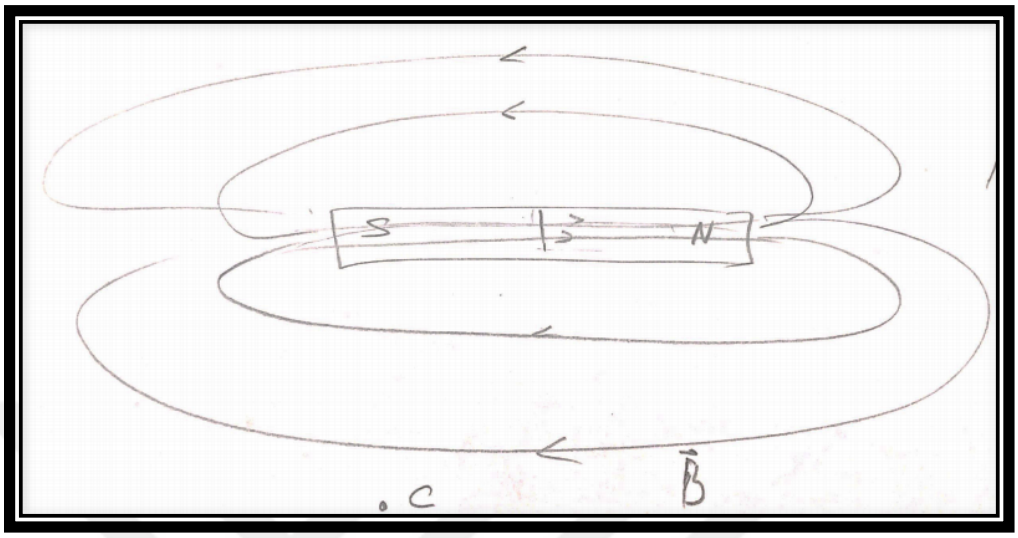
1.Bağlam 4- K2



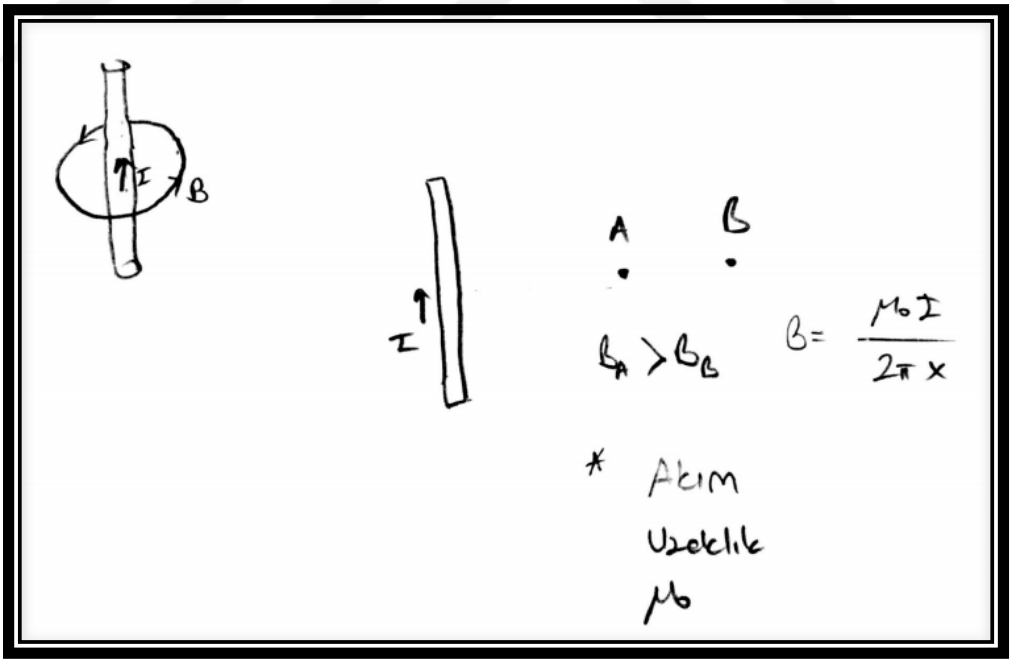
EK-B: Katılımcıların Çizdiği Manyetik Alan ile ilgili Modellerine Ait Örnekler

❖ Bilimsel Model (BM)

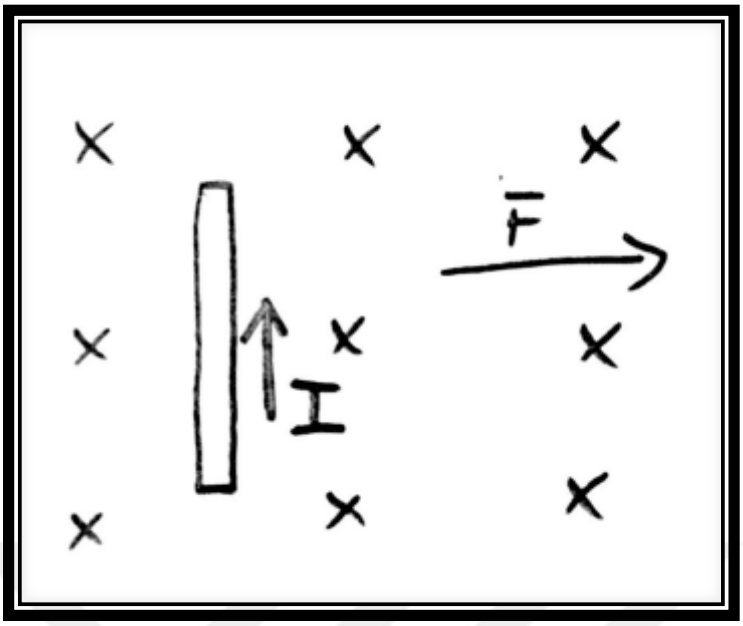
1. Bağlam 1- K1



2.Bağlam 4- K16

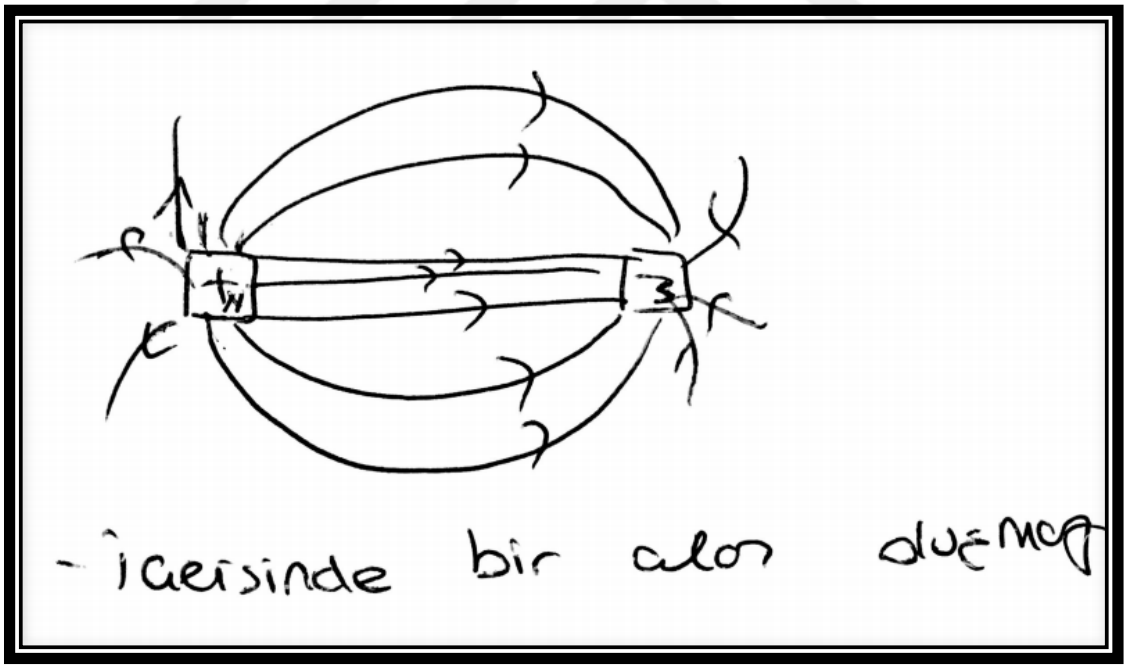


3. Bağlam 4- K10

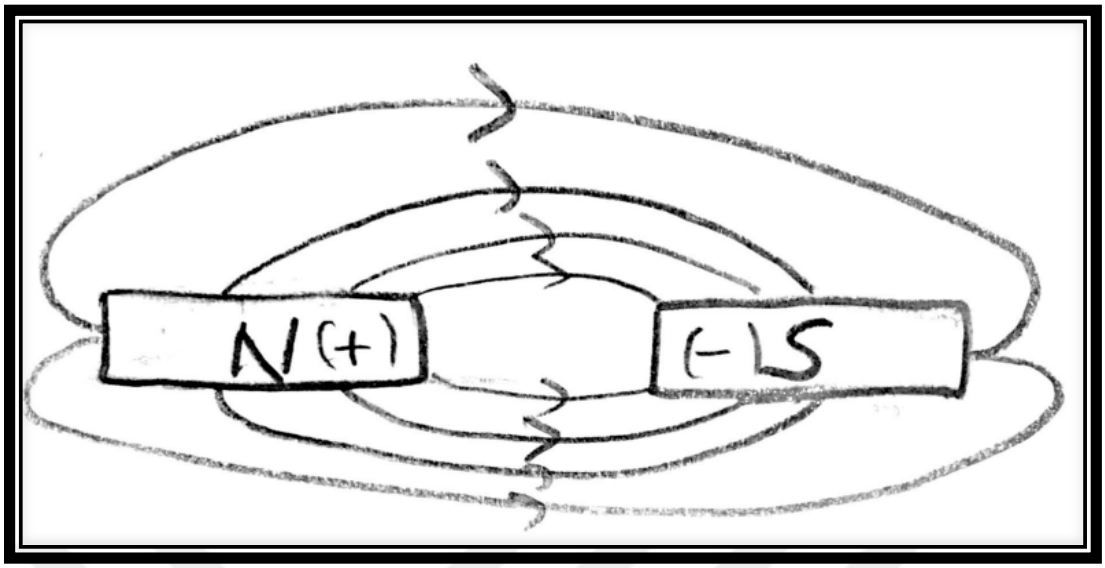


❖ **Elektrik Temelli Alan Modeli (ETAM)**

1. Bağlam 1- K19

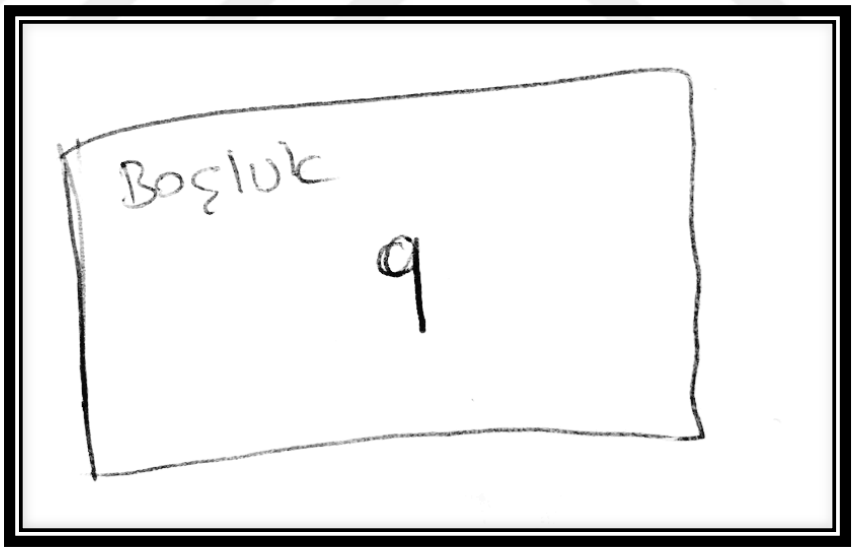


2. Bağlam 1- K11



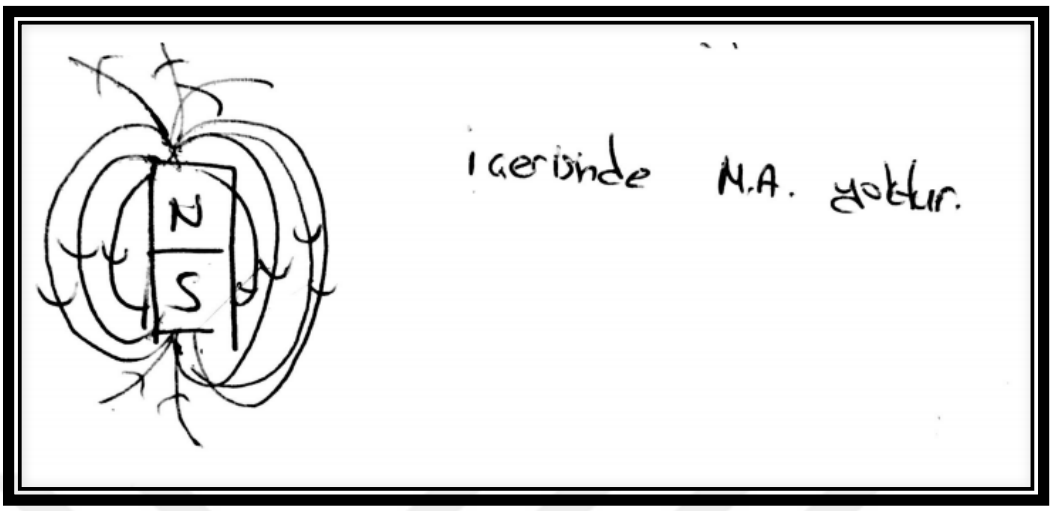
❖ **Mekanik Dalga Modeli (MDM)**

1. Bağlam 1-2-3-4-5 K-12

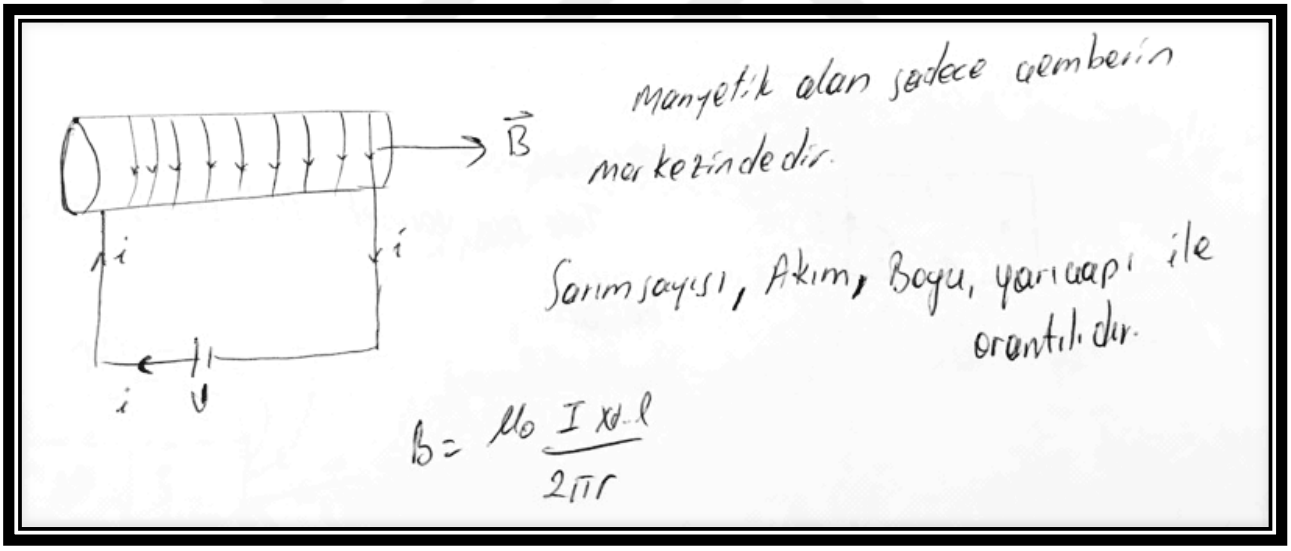


❖ **Açık Eğri Alan Modeli (AEAM)**

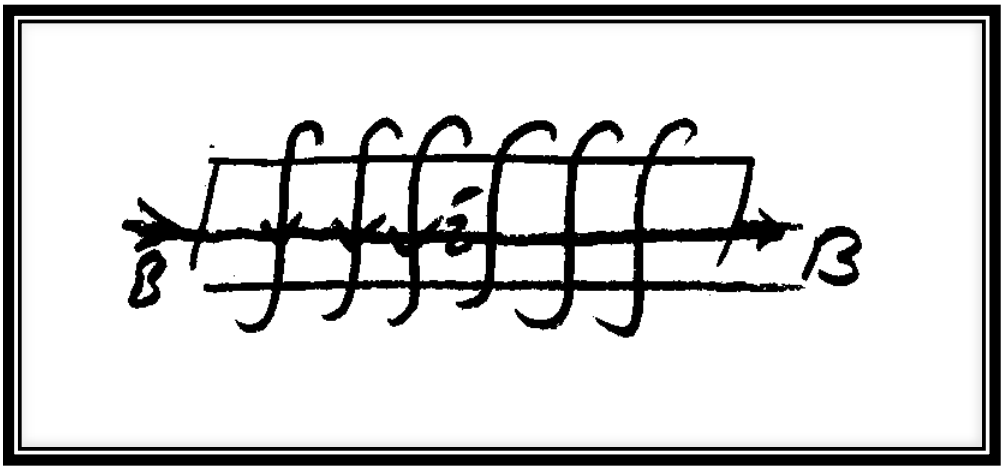
1. Bağlam 1- K3



2. Bağlam 2- K20

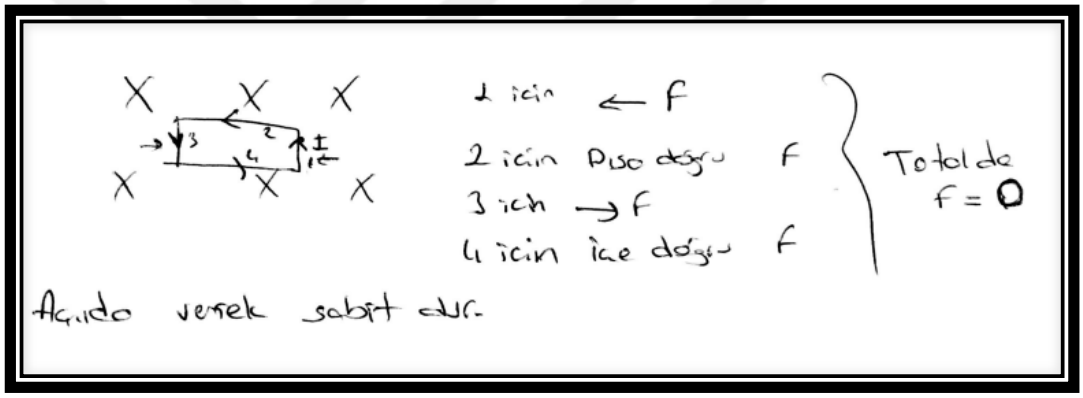


3. Bağlam 2- K16



❖ **Sözde Denge Modeli (SDM)**

1. Bağlam 5- K8



EK-C: Öngörüşme Soruları

- Adınız Soyadınız:
- Yaşınız:
- Cinsiyetiniz:
- Sınıfınız:
- Not Ortalamanız:
- Elektrik ve Manyetizma I dersini geçme notunuz:
- Elektrik ve Manyetizma I dersinizin Sorumlu Öğretim Üyesi/Üyeleri:
- Elektrik ve Manyetizma I dersini tekrar sayınız:
- Elektrik ve Manyetizma II dersini geçme notunuz:
- Elektrik ve Manyetizma II dersinizin Sorumlu Öğretim Üyesi/Üyeleri:
- Elektrik ve Manyetizma II dersini tekrar sayınız:
- Elektrik ve Manyetizma I dersini tekrar sayınız:
- Elektrik ve Manyetizma I ve II dersleri için yararlandığınız birincil kaynak:
- Elektrik ve Manyetizma I ve II dersleri için yararlandığınız kaynaklar:
- Elektrik ve Manyetizma I ve II dersleri için akran yardımı aldınız mı?

EK-D: Elektrik Alan ile ilgili Uygulama Öncesi Görüşme Soruları Örnekleri

- ❖ Elektrik alan nedir?
- ❖ Boşlukta elektrik alan oluşur mu?
- ❖ Elektrik alan için yükün hızının bir önemi var mıdır?
- ❖ Tek bir yük elektrik alan oluşturur mu?
- ❖ Elektrik alanın kaynakları nelerdir?
- ❖ Elektrik alan nelere bağlı olarak değişir?

EK-E: Manyetik Alan ile ilgili Uygulama Öncesi Görüşme Soruları Örnekleri

- Manyetik alan nedir?
- Boşlukta manyetik alan oluşur mu?
- Manyetik alan için yükün hızının bir önemi var mıdır?
- Manyetik alanın kaynakları nelerdir?
- Manyetik alan nelere bağlı olarak değişir?

EK-F: Elektrik ve Manyetizma I Dersinin İçeriği

Haftalara Göre İşlenecek Konular

Haftalar	Konular
1. Hafta	Elektrostatik, Elektrik yükleri, elektriksel kuvvetler, Coulomb yasası
2. Hafta	Noktasal ve sürekli yük dağılımlarının elektrik alanı, Dipol
3. Hafta	Elektrik akısı ,Gauss yasası (integral ve diferansiyel)
4. Hafta	Elektriksel potansiyel, yükler sisteminin enerjisi eşpotansiyel kavramı
5. Hafta	Potansiyelden elektrik alanın türetilmesi, iletkenler ve yalıtkanlar, Görüntü yük
6. Hafta	Ara sınav
7. Hafta	Sığa ve kondansatörler, Kondansatör türleri, kondansatörde depolanan enerji,
8. Hafta	Dielektrik, Kondansatörlerin bağlanması.
9. Hafta	Yük taşınması ve akım yoğunluğu,Elektrik akımı, ,Ohm yasası ,iletkenlerin direnci,
10. Hafta	Devreler ve devre elemanları ,Dirençlerin bağlanması, güç
11. Hafta	Ara sınav
12. Hafta	Elektromotor kuvveti, üreteç, üreteçlerin bağlanması
13. Hafta	Kirchhoff Kanunu, Kirchhoff bağlantı kuralı ve uygulamaları
14. Hafta	Hareketli yüklerin elektrik alanı
15. Hafta	-
16. Hafta	FİNAL SINAVI

EK-G: Elektrik ve Manyetizma II Dersinin İçeriği

Haftalara Göre İşlenecek Konular

Haftalar	Konular
1. Hafta	Manyetik alan tanımı ve özellikleri, Akım geçiren bir iletkene etkiyen manyetik kuvvet, Manyetik alan içerisindeki akım ilmeğine etkiyen tork ve enerji
2. Hafta	Yüklü parçacığın düzgün bir manyetik alan içerisindeki hareketi, Manyetik alan içerisinde hareket eden yüklü parçacıklarla ilgili teknolojik uygulamalar, Hall olayı
3. Hafta	Biot-Savart yasası, iki paralel iletken arasındaki manyetik kuvvet
4. Hafta	Ampere yasası, Bir solenoidin manyetik alanı
5. Hafta	Manyetik akı, manyetizmada Gauss yasası (integral ve diferansiyel form)
6. Hafta	Ara sınav
7. Hafta	Farada'ın indüksiyon yasası, hareketsel emk
8. Hafta	Lenz yasası, İndüksiyon emk, öz indüksiyon
9. Hafta	RL devreleri, manyetik alanda biriken enerji,yer değiştirme akımı
10. Hafta	Karşılıklı indüktans, LC devresinde salınımlar
11. Hafta	Ara sınav
12. Hafta	ac kaynakları, dirençli ac devresi, indüktörlü ac devresi, kondansatörlü ac devresi
13. Hafta	RLC seri devresi, ac devresinde güç, seri RLC devresinde rezonans, transformatörler
14. Hafta	Maxwell denklemleri, düzlem elektromanyetik dalgalar, elektromanyetik dalgaların taşıdığı enerji
15. Hafta	-
16. Hafta	Final sınavı

EK-H: Gönüllü Katılım Formu

Bu çalışma, "Fizik Öğretmenliği Öğrencilerinin Elektrik ve Manyetizma Konusu ile İlgili Zihinsel Modellerinin Araştırılması" başlıklı bir araştırma çalışması olup, öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerin belirlenmesi amacını taşımaktadır. Çalışma, Doç. Dr. Özgür ÖZCAN'ın danışmanlığında Tuğbanur DİNÇER tarafından yürütülmektedir ve sonuçları ile "Elektrik ve Manyetizma" konusundaki öğrencilerin zihinsel modelleri ortaya konulacaktır.

- Bu çalışma için Hacettepe Üniversitesi Etik Kurulu'ndan izin alınmıştır.
- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmanın amacı doğrultusunda, ses ve görüntü kayıt cihazı kullanılarak yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla sizden veriler toplanacaktır.
- İsminizi yazmak ya da kimliğinizi açığa çıkaracak bir bilgi vermek zorunda değilsiniz.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler araştırmacı tarafından korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.
- Veri toplama süreçlerinde, size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabileceksiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkürler. Bir sorunuz varsa; mutlaka bu formu onaylamadan önce araştırmacıya çekinmeden sorunuz. Çalışma hakkındaki sorularınızı da Hacettepe Üniversitesi Fizik Eğitimi bölümünden araştırmacı Tuğbanur DİNÇER'e e-posta veya telefon yolu ile yöneltebilirsiniz.

Araştırmacı Adı : Tuğbanur DİNÇER
Adres : Hacettepe Üniversitesi
Fizik Eğitimi Anabilim Dalı
Telefon : 0312-2978600
E-posta : tugbanur_dincer@hacettepe.edu.tr

Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabileceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.
(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Katılımcı Ad ve Soyadı:
Adres:
Telefon:
Tarih:
İmza:

EK-I: Etik Komisyonu Onay Bildirimi

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Genel Sekreterlik

Sayı : 76000869/ 433-505

20 Şubat 2015

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi: 31.12.2014 tarih ve 2473 sayılı yazınız.

Enstitünüz Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Doktora programı öğrencisi **Tuğbanur DİNÇER**'in **Doç. Dr. Özgür ÖZCAN** danışmanlığında yürüttüğü **"Fizik Öğretmenliği Öğrencilerinin Elektrik ve Manyetizma Konusu ile İlgili Zihinsel Modellerinin Araştırılması"** başlıklı tez çalışması, Üniversitemiz Senatosu Etik Komisyonunun **17 Şubat 2015** tarihinde yapmış olduğu toplantıda incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Ömer ÇİĞİR
Rektör a
Rektör Yardımcısı

EK-J: Etik Beyanı

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin bütününü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

31/05/2018

Tuğbanur DİNÇER

EK-K: Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu

31/05/2018

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı Başkanlığına,

Tez Başlığı : Fizik Öğretmen Adaylarının Elektrik Alan ve Manyetik Alan ile ilgili Zihinsel Modelleri

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmamın tamamı (kapak sayfası, özetler, ana bölümler, kaynakça) aşağıdaki filtreler kullanılarak **Turnitin** adlı intihal programı aracılığı ile kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

Rapor Tarihi	Sayfa Sayısı	Karakter Sayısı	Savunma Tarihi	Benzerlik Oranı	Gönderim Numarası
31/05/2018	315	401506	21/05/2018	%1	970446912

Uygulanan filtreler:

1. Kaynaklar hariç
2. Alıntılar dâhil
3. 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan eder, gereğini saygılarımla arz ederim.

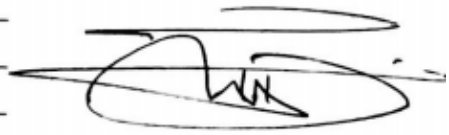
Ad Soyadı: Tuğbanur Dinçer

Öğrenci No.: N12142903

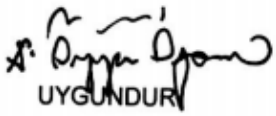
Ana Bilim Dalı: Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi

Programı: Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi-Doktora

Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.



DANIŞMAN ONAYI



UYGUNDUR

Doç. Dr. Özgür Özcan

EK-L: Dissertation Originality Report

31/05/2018

HACETTEPE UNIVERSITY
Graduate School Of Educational Sciences
To The Department Of Secondary Science and Mathematics Education

Thesis Title : Pre-Service Physics Teachers' Mental Models of Electric Field and Magnetic Field

The whole thesis that includes the *title page, introduction, main chapters, conclusions and bibliography section* is checked by using **Turnitin** plagiarism detection software take into the consideration requested filtering options. According to the originality report obtained data are as below.

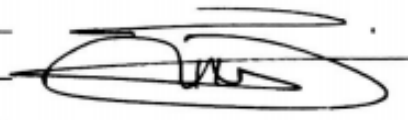
Time Submitted	Page Count	Character Count	Date of Thesis Defense	Similarity Index	Submission ID
31/05/2018	315	401506	21/05/2018	%1	970446912

Filtering options applied:
1. Bibliography excluded
2. Quotes included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Educational Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Name Lastname: Tuğbanur Dinçer
Student No.: N12142903
Department: Secondary Science and Mathematics Education
Program: Secondary Science and Mathematics Education-Ph.D.
Status: ☐ Masters ☒ Ph.D. ☐ Integrated Ph.D.



ADVISOR APPROVAL

APPROVED
Assoc. Prof. Özgür Özcan

EK-M: Yayımlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversite'ye verilen kullanım hakları dışındaki bütün fikrî mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının veya bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversite'ye teslim etmeyi taahhüt ederim.

☐ **Tezimin tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirse bile, teziniz arama motorlarının ön belleklerinde kalmaya devam edebilecektir)

☐ **Tezimin ..... tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir).

☒ **Tezimin 31/12/2020 yılına kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

☐ **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi:**

.....
.....
.....
.....

31/05/2018

Tuğbanur DİNÇER