

T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

FİZİK ÖĞRETMENLİĞİ BİLİM DALI

**GEOGEBRA KULLANARAK TASARLADIKLARI ÖĞRETİM
MATERYALLERİNİN FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİLGİ
İŞLEMSEL DÜŞÜNME BECERİLERİNE VE TPAB
YETERLİKLERİNE ETKİSİ**

Fatma YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İstanbul, 2024

T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

FİZİK ÖĞRETMENLİĞİ BİLİM DALI

**GEOGEBRA KULLANARAK TASARLADIKLARI ÖĞRETİM
MATERYALLERİNİN FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİLGİ
İŞLEMSEL DÜŞÜNME BECERİLERİNE VE TPAB
YETERLİKLERİNE ETKİSİ**

**EFFECTS OF DESIGNING TEACHING MATERIALS BY USING
GEOGEBRA ON PRE-SERVICE PHYSICS TEACHERS' COMPUTATIONAL
THINKING COMPETENCY AND TPACK EFFICACY**

Fatma YILDIRIM

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Erol SÜZÜK

İstanbul, 2024

Tüm kullanım hakları

M.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü'ne aittir.

© 2024

ONAY

Fatma Yıldırım tarafından hazırlanan “**GeoGebra Kullanarak Tasarladıkları Öğretim Materyallerinin Fizik Öğretmen Adaylarının Bilgi İşlemsel Düşünme Becerilerine ve TPAB Yeterliklerine Etkisi**” konulu bu çalışma, **26/06/2024** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda aşağıdaki jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Adı Soyadı****İmza**

TEZ DANIŞMANI	Doç. Dr. Erol SÜZÜK	
JÜRİ ÜYESİ	Prof. Dr. Hamza Yaşar OCAK	
JÜRİ ÜYESİ	Dr. Öğr. Üyesi Arzu ARSLAN BUYRUK	

ETİK BEYANI

Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırladığım çalışmamda;

- Sunduğum bilgileri, dokümanları ve verileri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

- Çalışmamda yararlandığım eserlerin tamamına atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

- Elde ettiğim verilerde ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı bildirir,

aksi bir durumda aleyhimde doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

26.08.2024

Fatma YILDIRIM

ÖZGEÇMİŞ

2003-2007 Üsküdar Halide Edip Adıvar Lisesi – Yabancı Dil Ağırlıklı Lise, İstanbul

2007-2013 Lisans, Fizik Öğretmenliği Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

2020-2024 Yüksek Lisans, Fizik Öğretmenliği Marmara Üniversitesi, İstanbul



ÖNSÖZ

Öncelikle tezimi hazırlama sürecinde tüm aşamalarda desteğini esirgemeyen, her zaman motive eden ve güvenen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Erol SÜZÜK' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans derslerinden çok şey öğrendiğim Prof. Dr. Zeynep GÜREL'e, Prof. Dr. Feral BEKİROĞLU'na, tez çalışmam ile ilgili değerli geribildirimleri için Dr. Öğr. Üyesi Arzu ARSLAN BUYRUK'a, desteklerinden ötürü Arş. Gör. Hatice Esra CÖMERT'e tezimin için uygulama aşamasında, veri toplama sürecinde desteğini esirgemeyen, tez çalışmam ile ilgili değerli geribildirimlerini sunan Prof. Dr. Hamza Yaşar OCAK'a ne kadar teşekkür etsem azdır. Uygulama aşamasında ve veri toplama sürecinde bizimle birlikte çalışmayı kabul eden fizik öğretmenliği öğrencilerine de teşekkürü bir borç bilirim.

Beni evimde hissettiren Cahit Zarifoğlu Anadolu İmam Hatip Lisesindeki idarecilere, öğretmen arkadaşlarıma, öğrencilerime ve çalışanlara desteklerinden ötürü çok teşekkür ederim.

Her zaman desteklerini, sevgilerini ve şefkatlerini esirgemeyen aileme, özellikle annelerime teşekkürler.

Ve sevgili eşim Onur Abdullah YILDIRIM olmadan bu çalışma bitmezdi,

Ve bitirmeme en büyük engel olan dünya tatlısı oğlum Muhammed Arif olmadan bu çalışma hiç başlamazdı.

Hem öğretmenlik, hem annelik, hem öğrencilik, hem de biz kadınların üzerine yüklenmiş bir sürü kimliğin sorumlulukları ile meşgulken her "Bittim" dediğimde, "Yettim" diyen insanları gönderen, olanakları halk eden, sonunda tezi bitirmeyi nasip eden Allah(cc)'a sonsuz şükürle...

Fatma YILDIRIM

İstanbul, 2024

ÖZET

Teknoloji çağında okuma, yazma ve aritmetikten sonraki temel becerilerden biri olması gerektiği düşünülen Bilgi İşlemsel Düşünme (BİD) becerisini öğrencilere kazandırmak için öğretmenlerin de bu beceriye sahip olması gerekir. Bu beceriye sahip olmak tek başına iyi bir öğretmen olmak için de yeterli değildir. Konuyu bilmek ve konuyu öğretmek birbirinden farklıdır. Aynı şekilde teknolojiyi bilmek ve kullanmak da farklıdır. Öğretmenlerin alan bilgilerinin yanı sıra teknolojiyi eğitimle nasıl bütünleştirebileceklerini bilmesi ve bunu uygulayabilmesi için teknolojinin derslerin öğretilmesinde kullanılmasını irdeleyen kuram Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) hizmet öncesi ve hizmet içi öğretmenlerin sahip olması beklenen ama zayıf olduğu bir konudur. Birçok öğretmen öğrendiği konuyu kendisine öğretildiği gibi öğretme eğilimindedir. Bu sebeple bu tezin amacı matematik dilini ve kodlamayı birleştiren bir yazılım olan GeoGebra ile Fizik Öğretmeni adayları tanıştırıldığında, uygulamayı aktif kullandıkları süre içerisinde öğretmen adaylarının Bilgi İşlemsel Düşünme (BİD) becerilerini ve bu uygulamanın Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) düzeylerine etkisini incelemektir. Karma araştırma yöntemi desenlerinden gömülü deneysel desen kullanılarak yapılan bu araştırmanın nicel kısmı tek örneklem zayıf deneysel yöntem olarak; nitel kısmı ise durum çalışması olarak uygulanmıştır. Fizik Öğretmen Adaylarının TPAB düzeyleri ön-test ve son-test olarak kullanılan ölçeklerle nicel yöntemle, GeoGebra ile yaptıkları tasarımlar ile BİD becerileri doküman analizi, görüşme formları ve gözlem notları kullanılarak nitel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu çalışma ileride kullanabilmeleri ve öğrencilere aktarabilmeleri umuyla Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesinde öğrenim gören gönüllü Fizik Öğretmeni Adayları ile yapılmıştır. 5 hafta yüzyüze 1 hafta çevrimdışı olarak toplamda 6 hafta boyunca haftada 60-80 dakika katılımcılara GeoGebra tanıtılarak dinamik özellikleriyle nasıl ders materyalleri hazırlanabileceği gösterilmiştir. Bu eğitimin sonunda öğretmenlerden GeoGebra kullanarak Düzgün Çembersel Hareket ve Basit Harmonik Hareket ile ilgili verilen bir materyali yapması ve Momentum ile ilgili kendi materyalini tasarlaması istenmiştir. Araştırma sonucunda çalışmaya katılan fizik öğretmeni adaylarının materyal tasarlama sürecinde incelenen BİD becerileri göz önüne alındığında değişen seviyelerde ayırıştırma, soyutlama, algoritma, hata ayıklama, genelleme ve yineleme becerileri sergiledikleri gözlemlenmiştir. GeoGebra ile materyal tasarlama sürecinin katılımcıların TPAB düzeylerine etkisini incelemek için yapılan öntest ve sontest sonuçları karşılaştırıldığında kadın katılımcıların

TPAB düzeylerinde anlamlı bir farklılığa ulaşılamazken, erkek katılımcıların TPAB altboyutunda ve toplam puanlarında sontest lehine anlamlı bir farklılığa ulaşılmıştır. Görüşme formu ile katılımcıların GeoGebra ile ilgili olumlu görüşleri, olumsuz görüşleri ve gelecekte meslek hayatlarında GeoGebra kullanma ile ilgili görüşleri alınmıştır. Katılımcılar, 5 farklı tema altında 36 olumlu görüş belirtirken, 3 farklı tema altında 12 olumsuz görüş bildirmişler ve katılımcıların büyük çoğunluğu gelecekte meslek hayatında GeoGebra kullanmayı düşündüğünü dile getirmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Bilgi İşlemsel Düşünme, Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi, Fizik Öğretimi, GeoGebra



ABSTRACT

In order to provide students with the Computational Thinking skills, which is thought to be one of the basic skills after reading, writing and arithmetic in the age of technology, teachers must also have these skills. Having these skills alone is not enough to be a good teacher. Knowing the subject and teaching the subject are different from each other. Likewise, knowing and using technology is different. In addition to their content knowledge, teachers also need to know how to integrate technology into education and be able to apply it. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), the theory that examines the use of technology in teaching courses, is a subject that pre-service and in-service teachers are expected to have but are weak in. Many teachers tend to teach the subject they are learning the way they were taught. For this reason, the aim of this thesis is to examine the Computational Thinking (CT) skills of prospective Physics teachers while they are actively using the application and the effect of this application on their Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) levels when we introduce GeoGebra, a software that combines mathematical language and coding, to prospective Physics teachers. This study, which was conducted using the embedded experimental design from mixed research methods, was conducted in the quantitative part as a single sample weak experimental method; and in the qualitative part as a case study. The TPACK levels of the Physics Teacher Candidates were evaluated with the quantitative method using the scales used as pre-test and post-test, and their BID skills were evaluated with the designs they made with GeoGebra using the qualitative methods using document analysis, interview forms and observation notes. This study was conducted with volunteer pre-service Physics Teachers studying at Marmara University Atatürk Faculty of Education, with the hope that they can use it in the future and transfer it to students. GeoGebra was introduced to the participants for 60-80 minutes a week for a total of 6 weeks, 5 weeks face-to-face and 1 week offline, and it was shown how course materials can be prepared with its dynamic features. At the end of this training, teachers were asked to make a given material on Uniform Circular Motion and Simple Harmonic Motion using GeoGebra and to design their own material on Momentum. As a result of the research, it was observed that the physics teacher candidates participating in the study exhibited different levels of decomposition, abstraction, algorithm, debugging, generalization and iteration skills when the CT skills examined in the material design process were taken into consideration. When the pretest and posttest results were compared to

examine the effect of the material design process with GeoGebra on the TPACK levels of the participants, no significant difference was found in the TPACK levels of female participants, while a significant difference was found in the TPACK sub-dimension and total scores of male participants in favor of the posttest. The participants' positive and negative views about GeoGebra and their views on using GeoGebra in their future professional lives were obtained with the interview form. While the participants stated 36 positive views under 5 different themes, they stated 12 negative views under 3 different themes, and the majority of the participants stated that they considered using GeoGebra in their future professional lives.

Keywords: Computational Thinking (CT), Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), Teaching Physics, GeoGebra

İçindekiler

ETİK BEYANI.....	iii
ÖZGEÇMİŞ	iv
ÖNSÖZ	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	viii
Şekiller	1
Tablolar	4
BÖLÜM 1. GİRİŞ	5
1.1 Problem Durumu.....	5
1.2. Araştırmanın Amacı	6
1.3. Araştırmanın Önemi.....	7
1.4 Araştırmanın Sınırlılıkları	9
1.5 Araştırmanın Varsayımları.....	9
1.6. Araştırma Tanımları ve Kısaltmalar.....	9
1.6.1. Araştırma Tanımları	9
1.6.2. Kısaltmalar	10
BÖLÜM 2. Kavramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar	1
2.1. Kavramsal Çerçeve	1
2.1.1. Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisi (BİDB).....	1
2.1.2. Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB)	9
2.1.3. Bilgi İşlemsel Düşünme ile Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi.....	11
2.1.4. GeoGebra ile Fizik	12
2.2. İlgili Araştırmalar	14
2.2.1. Bilgi İşlemsel Düşünme ile İlgili Araştırmalar	14
2.2.2. Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi ile İlgili Araştırmalar	16
2.2.3. BİD ve TPAB ile İlgili Araştırmalar	18
2.2.4. GeoGebra ve Fizik, GeoGebra ve BİD, GeoGebra ve TPAB	20
BÖLÜM 3. YÖNTEM.....	23
3.1. Araştırma Deseni.....	23
3.2. Katılımcılar	24
3.3. Veri Toplama Araçları	28
3.4. Uygulama Dersleri Süreci	29
3.5. Verilerin Toplanması.....	35
3.5.1. Uygulama Dersleri Öncesi	35
3.5.2. Uygulama Dersleri Süreci	35
3.5.3. Uygulama Dersleri Sonrası	36

3.6. Verilerin Analizi.....	37
3.7. Geçerlik ve Güvenirlik.....	37
3.8. Araştırmacının Rolü.....	38
BÖLÜM 4. BULGULAR.....	39
4.1. GeoGebra Uygulama Süreci.....	40
4.1.1. Ö1 için Bulgular.....	40
4.1.2. Ö2 için Bulgular.....	45
4.1.3. Ö3 için Bulgular.....	48
4.1.4. Ö4'ün Bulguları.....	53
4.1.5. Ö5 için Bulgular.....	55
4.1.6. Ö6 için Bulgular.....	59
4.1.7. Ö7 için Bulgular.....	64
4.1.8. Ö8 için Bulgular.....	68
4.1.9. Ö9 için Bulgular.....	73
4.1.10. Ö10 için Bulgular.....	77
4.1.11. Ö11 için Bulgular.....	82
4.2. TPABÖGÖ ile İlgili Bulgular.....	84
4.3. Görüş Formları ile İlgili Bulgular.....	85
4.3.1. GeoGebra'nın Olumlu Yönleri.....	86
4.3.2. GeoGebra Kullanımında Yaşanan Zorluklar.....	90
4.3.3. Gelecekte Materyal Tasarlamak için GeoGebra Kullanımı.....	92
BÖLÜM 5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	94
5.1. Sonuç.....	94
5.1.1. GeoGebra Uygulamalarında Gözlemlenen BİD Becerileri.....	94
5.1.2. TPABÖGÖ ile Elde Edilen Sonuçlar.....	95
5.1.3. Görüş Formlarından Elde Edilen Sonuçlar.....	96
5.1.4. Sonuçların Yorumlanması.....	98
5.2. Tartışma.....	99
5.3. Öneriler.....	104
KAYNAKÇA.....	106
EKLER.....	124
EK-1: 1. Hafta – 1. Ders Planı.....	124
EK-2: Kişisel Bilgiler Formu.....	129
EK-3: Uygulama Aşamaları Tablosu.....	131
EK-4: Görüşme Formu.....	132
EK-5: Alınan İzinler.....	133
EK-6: Çalışma Sürecinden Resimler.....	134

Şekiller

Şekil 2.1 Koehler & Mishra (2009)'nın TPAB Çerçevesi Şeması (Şema araştırmacı tarafından GeoGebra ile hazırlanmıştır.)	10
Şekil 3.1 Gömülü Desen (Creswell ve Plano Clark, 2017'den Türkçe'ye uyarlanmıştır.)	23
Şekil 3.2 Araştırma Diyagramı.....	24
Şekil 3.3 Araştırmanın Uygulama Süreci Aşamaları	29
Şekil 3.4 Araştırmacının GeoGebra ile Yaptığı Görsel.....	30
Şekil 3.5 Video Ders: Vektörlerin Bileşkesi Benzetimi	31
Şekil 3.6 Vektörlerin Bileşenleri Dersinin Ekran Görüntüsü.....	32
Şekil 3.7 Noktaların Kütle Merkezi Dersinden Ekran Görüntüsü.....	32
Şekil 3.8 Renk Simülasyonu Video Dersin Ekran Görüntüsü.....	33
Şekil 3.9 Kuşlar Uçuyor Dersinin Ekran Görüntüsü	34
Şekil 3.10 Atışlar Benzetimi Anlatılırken Ekran Görüntüsü.....	34
Şekil 3.11 Beşinci Haftaki Dersin Ekran Görüntüsü.....	35
Şekil 3.12 DÇH-BHH Benzetimi	36
Şekil 4.1 Ö1'in Çizim Ödevi.....	41
Şekil 4.2 Ö1'in Vektörle İlerleme Ödevi	41
Şekil 4.3 Ö1'in Grafik Ödevi	42
Şekil 4.4 Ö1'in DÇH-BHH Ödevi.....	43
Şekil 4.5 Ö2'nin İlk Derste GeoGebra Kullanımı	45
Şekil 4.6 Ö2'nin Çizim Ödevi	46

Şekil 4.7 Ö2'nin DÇH-BHH Ödevi.....	46
Şekil 4.8 Ö2'nin Momentum Ödevi	47
Şekil 4.9 Ö3'ün Çizim Ödevi	49
Şekil 4.10 Ö3'ün Grafik Ödevi	50
Şekil 4.11 Ö3'ün DÇH-BHH Ödevi.....	51
Şekil 4.12 Ö3'ün Momentum Ödevi	52
Şekil 4.13 Ö4'ün Derste GeoGebra Kullanımı.....	54
Şekil 4.14 Ö4'ün DÇH-BHH Ödevi.....	54
Şekil 4.15 Ö5'in Derste GeoGebra Kullanımı	56
Şekil 4.16 Ö5'in Çizim Ödevi	56
Şekil 4.17 Ö5'in DÇH-BHH Ödevi.....	57
Şekil 4.18 Ö5'in Momentum Ödevi	58
Şekil 4.19 NÖ6'nın Derste GeoGebra Kullanımı.....	60
Şekil 4.20 Ö6'nın Çizim Ödevi	60
Şekil 4.21 Ö6'nın DÇH-BHH Ödevi.....	61
Şekil 4.22 Ö6'nın Momentum Ödevi	62
Şekil 4.23 Ö7'nin Derste GeoGebra Kullanımı	64
Şekil 4.24 Ö7'nin Çizim Ödevi	65
Şekil 4.25 Ö7'nin DÇH-BHH Ödevi.....	66
Şekil 4.26 Ö7'nin Momentum Ödevi	67
Şekil 4.27 Ö8'in GeoGebra ile Tanışması.....	69

Şekil 4.28 Ö8'in Çizim Ödevi	69
Şekil 4.29 Ö8'in Grafik Ödevi	70
Şekil 4.30 Ö8'in DÇH-BHH Ödevi.....	71
Şekil 4.31 Ö8'in Momentum Ödevi	72
Şekil 4.32 Ö9'un Çizim Ödevi	74
Şekil 4.33 Ö9'un DÇH-BHH Ödevi.....	75
Şekil 4.34 Ö9'un Momentum Ödevi	76
Şekil 4.35 Ö10'un GeoGebra ile Tanışması.....	78
Şekil 4.36 Ö10'un Kuşlar Uçuyor Ödevi	78
Şekil 4.37 Ö10'un DÇH-BHH Ödevi.....	79
Şekil 4.38 Ö10'un Momentum Ödevi	80
Şekil 4.39 Ö10'un Momentum Ödevi için Hazırladığı Taslak.....	81
Şekil 4.40 Ö11'in Çizim Ödevi	82
Şekil 4.41 Ö11'in DÇH-BHH Ödevi.....	83

Tablolar

Tablo 3.1 Fizik Öğretmen Adaylarına Ait Bazı Demografik Bilgiler.....	26
Tablo 3.2 Katılımcıların Bazı Demografik Özelliklerine Ait Frekans Analizi	28
Tablo 4.1 Deney Grubu TPABÖGÖ Ölçeği Öntest-Sontest Puanları Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek İçin Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi Sonuçları.....	84
Tablo 4.2 Kadın Katılımcılar için TPABÖGÖ Ölçeği Öntest-Sontest Puanları Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek İçin Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi Sonuçları	85
Tablo 4.3 Erkek Katılımcılar için TPABÖGÖ Ölçeği Öntest-Sontest Puanları Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek İçin Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi Sonuçları	85
Tablo 4.4 İçerik Analizi Sonucu GeoGebra'nın Olumlu Yönleri için Oluşturulan Temalar ve Frekans Tablosu.....	89
Tablo 4.5 İçerik Analizi Sonucu GeoGebra'nın Olumsuz Yönleri için Oluşturulan Temalar ve Frekans Tablosu.....	91

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1 Problem Durumu

Muası medeniyetler seviyesine ulaşabilmek için bir ülkenin teknoloji ile arasını iyi tutması gerekir; arasını iyi tutmak ile vurgulanmak istenen ise teknolojiyi tüketmek değil üretmektir. Ülkelerin ekonomik ve refah düzeyleri ile bilim ve teknoloji düzeyleri paralellik göstermektedir (Çiftçi, 2004). Fizik kavram ve ilkelerini kullanan teknoloji (Adeleke & Joshua, 2015) ve teknolojiden de bir o kadar beslenen bilim dallarından birisi fiziktir (Boon, 2015). Fizik, ekonomiyi yönlendiren teknolojinin kalbidir ve bilimsel okuryazarlık her seviyeden öğrenci için fizik eğitiminin temel amacıdır (NRC, 2001). Redish (200), fiziği kimler öğrenmelidir sorusuna “Herkes” diye cevap vermektedir. Üniversite giriş sınavlarında fizik dersine ait ortalamalara bakıldığında ise başarının düşük olduğu görülmektedir. ÖSYM’nin açıkladığı YKS sınav sonuçlarına ilişkin son 5 yılın sayısal verilerine göre 14 soruluk Fizik testi ortalaması 2023 yılı için 2,519, 2022 yılı için 2,154, 2021 yılı için 1,564, 2020 yılı için 1,341 ve 2019 yılı için 1,239 şeklinde gerçekleşmiştir (ÖSYM, 2023; 2022; 2021; 2020; 2019). Fizik öğretiminin iyileştirilmesi, öğrencilerin fizik dersine karşı tutumlarını ve başarılarını iyileştirecek (Guido, 2018) ve geleceğin bilim insanlarını için de altyapı oluşturacaktır. Fizik öğrenmek öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmede büyük bir etkiye sahiptir (Zakwandi & Istiyono, 2023).

Teknolojinin dört bir yanı sardığı ve çevrelediği bir çağda, ülkemizde dijital teknolojileri eğitim-öğretime dahil etmek adına sınıflara akıllı tahta, öğrencilere tablet sağlansa da bu durum tam anlamıyla teknolojinin eğitim-öğretim ile bütünleştirildiği anlamına gelmemektedir (Şimşek & Yazar, 2018). Öğrencilerin tahtada ya da laboratuvarında işlenen fizik derslerinden ne kadar öğrenebildiği tartışmalı bir konudur. Ancak öğrencinin derse aktif katılımı dikkati çekildiği sürece mümkündür (Eskici, 2018). Teknolojinin günlük hayata girmesiyle nesiller arasında farklılıklar oluşmuştur. Teknolojinin içine doğmuş insanlarla, teknoloji ile sonradan tanışmış insanların dünyayı algılama şekli arasında farklılıklar vardır (Prensky, 2001). Teknolojinin içine doğmuş yeni nesile onların algılarına hitap edecek şekilde öğretim sunulmalıdır. Teknoloji ve bilgisayarlar ile dolu yeni yaşam tarzı düşünme becerilerini değiştirmektedir ve bu nedenle, yeni dünyaya adapte olabilmek için düşünme becerileri de bu yönde uyarlanmalıdır. Bilgisayarların içinde teknoloji ile uyum sağlayamayan bir nesil yetişmemesi için, yeni neslin problemlerine uygun çözüm yolu

geliştirebilecek bireylerin bilgisayar gibi düşünme becerisi geliştirmesi gerekir ve bu beceri Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisi (BİDB)'dir. BİDB artık okuma, yazma ve aritmetik kadar önemli bir beceri (Wing, 2006) olarak birçok ülkenin müfredatında yerini almış ve bu ülkeler geleceğe yön verecek profesyonelleri yetiştirebilecektir (Belmar, 2022). Bu bağlamda BİDB'yi öğrencilere kazandırabilecek öğretmenlerin yetişmesinin de büyük bir önem arz ettiği düşünülmektedir.

Teknolojiye hakim olmak, onu iyi kullanmak ayrı bir konuyken, teknolojiyi öğretim de kullanabilmek apayrı bir konudur. Teknoloji uygun yöntemlerle sınıf içi aktivitelere dâhil edildiğinde öğrenme ortamını geliştirdiği için çağın öğrencilerine öğretecek öğretmenlerin teknolojiyi eğitimle bütünleştirmesi gerekmektedir (Joshi, 2023). Alan bilgisinde uzman öğretmenlerin teknolojik bilgisini, pedagojik bilgisiyle harmanlayabilmesi, teknolojiyi derslerine entegre edebilmesi günümüz öğretiminde çok önemli bir yere sahiptir. Öğretmenler teknolojinin öğrenci üzerinde etkisinin ve öğrenme sürecine katkısının farkında olmasına rağmen, teknolojiyi derste kullanmak için yeterli pratiğe ve deneyime sahip değildir (Odcházlová, & Lindner, 2015). Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) olarak alanyazında yer alan bu yeterliliğe dijital yerli olan öğrencilerin ilgisini derse çekebilmek için her öğretmenin sahip olması gerekmektedir. Mevcut durumdaki öğretmenler için hizmetiçi eğitimlerle TPAB yeterliliği kazandırılabilirken, hizmet öncesi öğretmen adayları eğitim fakültelerindeki derslerde gerekli düzenlemeler ile TPAB yeterliliği kazanabilirler. BİDB'yi fizikten ayırmak öğrencilerin fizik ile ilgili olsun ya da olmasın gelecekteki kariyer seçimlerinde kötü hazırlanmalarına sebep olabilmektedir (Orban & Teeling-Smith, 2020). Günümüzde meslekleri görerek yaşayarak tanıma imkanı sınırlıdır ve birçok öğrenci meslek seçiminde aile, arkadaş ve sosyal çevre etkisinde kalmaktadır (Eryetiş, 2016). Öğretmenlerin BİDB ve TPAB yetkinliği ile zenginleştirdiği fizik dersleri gelecekte yapmak istedikleri meslek konusunda yeterli bilgiye sahip olmayan gençlere bir yol haritası sunabilecektir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu tezde,

- 1) Fizik öğretmen adaylarının GeoGebra kullanarak öğretim materyali tasarlarlarken kullandıkları Bilgi İşlemsel Düşünme Becerilerini incelemek,

- 2) Fizik Öğretmen adaylarının GeoGebra kullanımının TPAB düzeylerine etkisini incelemek
ve
- 3) Fizik Öğretmen adaylarının GeoGebra kullanımı ile ilgili görüşlerini belirlemek

amaçlanmıştır. Yukarıda amaçlar doğrultusunda tezin araştırma soruları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Araştırma soruları;

- 1) Fizik öğretmen adayları GeoGebra uygulamalarında hangi BİD becerilerini göstermiştir?
- 2) Fizik öğretmen adaylarının GeoGebra uygulamalarına katılmadan önce uygulanan TPAB yeterlilik ön-testi ve katıldıktan sonra uygulanan TPAB yeterliliği son-testi puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık var mıdır?
- 3) Fizik Öğretmen adaylarının GeoGebra programının kullanımıyla ilgili görüşleri nelerdir?

Bu çalışmanın kavramsal çerçevesini Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisi ve Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi oluşturmaktadır. Araştırma sorularından birinci ve üçüncü soru, GeoGebra uygulamasını kullanmayı öğrenirken ve öğrendikten sonra alan bilgilerini de kullanarak öğretmen adaylarının neler üretebileceklerini ve bilgilerini nasıl yapılandıklarını gözlemlemek amacıyla yazılmıştır. Bu amaçla ortaya koydukları ürünler ile süreç içerisinde kullandıkları BİD becerilerini tespit etmek için gözlem ve görüşme formları kullanılmış ve öğretmen adayları tarafından üretilen ürünlerin doküman analizi yapılmıştır. Araştırmanın ikinci sorusu ise GeoGebra uygulamasının öğretmen adaylarının TPAB yeterliklerine etkisinin olup olmayacağını belirlemek amacıyla yazılmış ve nicel yöntemlerle toplanan veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir.

1.3. Araştırmanın Önemi

GeoGebra uygulamasının Matematik ve Geometri konularında uygulaması yaygın olsa da Fizik eğitimi üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Solvang & Haglund, 2021). Richard Feynman, 1965 yılında "The Character of Physical Law" adlı eserinde "Matematik bir dildir ve bu dilde şairlere Fizikçi denir" diyerek Matematik ve Fizik arasındaki ilişkiyi

dile getirmiştir. Çalışmanın özgün değeri için YÖK Tez Merkezi sitesi üzerinden yapılan taramada Türkiye’de sadece fen bilimleri öğretmenlerine atışlar konusundaki kavram yanılgıları üzerine GeoGebra ile uygulanmış Aslan’a (2021) ait bir çalışma varken Fizik ve GeoGebra ile ilgili doğrudan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. TPAB ve Fizik öğretmen adayları veya öğretmenleri ile yapılmış YÖK tez sayfasında 2 çalışma bulunmuştur. Bu çalışmalardan birincisi Şentürk’e (2017) ait tezdır. Şentürk (2017) tezinde 4 fizik öğretmeni ile çalışmış ve çalışmasında fizik öğretiminde animasyon ve simülasyonları (A&S) kullanırken öğretmenlerin TPAB düzeylerini değerlendirmiştir. Öğretmenlik deneyimi ve kıdem yılı az olan katılımcıların A&S-TPAB’ları yeterli iken, öğretmenlik deneyimi ve kıdem yılı fazla olan katılımcıların TPAB’ları yetersiz bulunmuştur. İkinci çalışma ise TPAB ve Fizik öğretmen adayları ile ilgili yapılmış tez olup Karabuz (2015)’a aittir. Karabuz (2015) çalışmasında, fizik öğretmen adaylarının TPAB profillerini belirlemeyi ve bu profilleri etkileyen faktörleri tespit etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmaya katılan 10 öğretmen adayı, fizik kavramlarını bir derste teknolojisiz, diğerinde ise grafik hesap makinesi tabanlı teknoloji (GHMDT) ile öğretmiştir. Böylece, araştırmacı teknolojinin öğretime nasıl entegre edilebileceğini ve katılımcıların fizik eğitimi için teknolojiyi kullanma konusundaki tutumlarını, farkındalıklarını ve becerilerini anlamayı amaçlamıştır. BİDB ile ilgili ise Fen bilimleri alanında çalışma bulunmakta iken lise fizik eğitimi ile BİDB arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Geogebra, Fizik, TPAB ve BİD’in bir arada olduğu bir çalışmaya ise YÖK Tez Merkezi sayfasında rastlanılmamıştır.

Google Scholar ve Vetis Online kullanılarak yapılan taramalarda ulusal veya uluslararası makale veritabanlarında da GeoGebra destekli fizik dersi ile BİD’in bir arada çalışıldığı araştırmalara rastlanılmamıştır. Aynı şekilde GeoGebra destekli fizik dersi ile TPAB’ın birlikte çalışıldığı ulusal veya uluslararası makale veritabanlarında makale bulunamamıştır. BİD/TPAB ve GeoGebra’nın birlikte çalışıldığı araştırmaların matematik ile ilgili olduğu görülmüştür. İlgili araştırmalar bağlamında Geogebra’nın sadece matematik dersi için değil fizik dersi için de etkili olabilecek bir teknolojik araç olduğu düşünülmektedir.

Fiziğin anadili matematik olduğu gibi, mühendisliğin anadili de fiziktir. Teknoloji üretenlerin söz sahibi olduğu bir çağda fizik öğretimine daha fazla önem verilmelidir. En zorlanılan dersin fizik olduğu (Guido, 2018) düşünülünce fizik eğitimi adına neler yapılabileceği de daha fazla ve daha dikkatlice araştırılmalıdır. Bu çerçevede, GeoGebra,

TPAB ve BİDB konuları üzerine en çok çalışılan alan derslerinden Matematik, EFL, programlama dersleri kadar Fizik dersinin de alanyazında yer alması oldukça önemli gözükmemektedir. Bu çalışmanın alanyazındaki bu boşluğun doldurulmasında değerli bir katkı sunabileceği düşünülmektedir.

1.4 Araştırmanın Sınırlılıkları

- 1) Araştırmanın uygulama zamanı 2023-2024 Eğitim Öğretim Yılı Bahar Yarıyılı ile sınırlıdır.
- 2) Araştırmanın evreni, Marmara Üniversitesinde eğitim gören Fizik Öğretmenliği okuyan öğretmen adaylarıyla sınırlıdır.
- 3) Araştırmanın örneklemini çalışmaya gönüllü olarak katılan 2. ve 3. sınıf fizik öğretmen adayları ile sınırlıdır.
- 4) Araştırmadaki TPAB yeterlikleri gelişimi ve BİD becerileri gözlemleri GeoGebra yazılımı öğrenimiyle sınırlandırılmıştır.
- 5) Araştırma verileri video kayıtları, GeoGebra dosyaları, dokümanlar, ölçekler, anketler ve araştırmacı notlarıyla sınırlıdır.

1.5 Araştırmanın Varsayımları

- 1) Uygulamaya katılan öğrencilerin ölçeklerde ve çalışmalarda içten ve objektif olduğu, verdikleri cevaplarda doğru ve dürüst davrandıkları varsayılmıştır.
- 2) Uygulama ve çalışmaları yürüten/değerlendiren araştırmacıların uygulamalarında ve değerlendirmelerinde içten ve objektif olduğu varsayılmıştır.

1.6. Araştırma Tanımları ve Kısaltmalar

1.6.1. Araştırma Tanımları

Bilgi İşlemsel Düşünme: Bilgi İşlemsel Düşünmenin kesin bir tanımı olmamakla birlikte (Çetin & Otu, 2023; Selby & Woollard, 2014) bu kavramı ilk açıklayan kişi olan Wing (2006) tarafından “bilgisayar bilimin temellerini kullanarak problem çözme, sistem tasarlama ve insan davranışlarını anlama” olarak tanımlanmıştır.

Alan Bilgisi: Öğretilcek konu ile ilgili bilinmesi gereken bilgidir (Mishra & Koehler, 2006).

Pedagojik Bilgi: Öğretim yöntem ve teknikleri, sınıf yönetimi, öğrenme teorileri, öğrencinin öğrenme sürecindeki ihtiyaçları ve özellikleri, eğitsel amaçlar ve tüm bunların uygulanabilmesi ile ilgili bilgidir (Mishra & Koehler, 2006).

Teknolojik Bilgi: Gündelik hayatın içinde görünmez hale gelmiş (kalem, kağıt, tahta gibi) eski teknolojiler ile dijital teknolojilere ait bilgidir (Mishra & Koehler, 2006).

Teknolojik Alan Bilgisi: Öğretilecek konu ile ilişkili teknolojilere ve bilinen teknolojinin ilgili olduğu konulara ait bilgidir (Mishra & Koehler, 2006).

Teknolojik Pedagojik Bilgi: Öğretme ve öğrenmede kullanılabilecek teknolojilere ait bilgidir (Mishra & Koehler, 2006).

Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi: Öğretilecek konu için uygun pedagojik yöntemlerin ve konunun öğretiminde kullanılabilecek uygun teknolojilerin bilgisidir (Mishra & Koehler, 2006).

GeoGebra: “GeoGebra; geometri, cebir, hesap tabloları, grafik, istatistik ve kalkülüsü eğitimin her seviyesi için tek bir makinede bir araya getiren bir dinamik matematik yazılımıdır.” (<https://www.geogebra.org/about>)

1.6.2. Kısaltmalar

BİD: Bilgi İşlemsel Düşünme

BİDB: Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisi

AB: Alan Bilgisi

PB: Pedagojik Bilgi

TB: Teknolojik Bilgi

TAB: Teknolojik Alan Bilgisi

TPB: Teknolojik Pedagojik Bilgi

TPAB: Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi

TPABÖGÖ: Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Öz Güven Ölçeği

ÖSYM: Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi Başkanlığı

YKS: Yükseköğretim Kurumları Sınavı

ISTE: Uluslararası Eğitim Teknolojileri Birliği (The International Society for Technology in Education)

CSTA: Bilgisayar Bilimleri Öğretmenleri Derneği (Computer Science Teacher Association)

DÇH-BHH: Düzgün Çembersel Hareket - Basit Harmonik Hareket

BÖLÜM 2. Kavramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

2.1. Kavramsal Çerçeve

2.1.1. Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisi (BİDB)

Baş döndürücü bir hızla gelişen teknoloji ile bilgisayarlar günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Bilgisayarlar hayatı kolaylaştırdığı gibi, problemlerle karşılaşıldığında bilgisayar gibi düşünmek/düşündürmek de problem çözme sürecini kolaylaştıracaktır. Problem çözme sürecini kolaylaştıran bu beceriye Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisi (BİDB) denilmektedir. Bilgi İşlemsel Düşünme (BİD), yazılı olarak ilk kez –eğitim teknolojileri üzerine çalışan, matematikçi, bilgisayar bilimci ve eğitimci olan – Seymour Papert tarafından kaleme alınan *Mindstorms* (Zihin Fırtınaları, 1980) kitabında, bu ifadeyi tanımlama maksadı gütmeyen bir defaya mahsus olarak geçmiştir (Lodi & Martini, 2021; Cetin & Otu, 2023). Ancak Piaget'nin öğrencisi olan Papert, BİD'den bir beceri olarak değil de Piaget'nin yapılandırmacılık (constructivism) yaklaşımına dayandırarak geliştirdiği yapıcılık (constructionism) yaklaşımının bir sonucu olarak bahsetmiştir (Şimşek, 2004; Lodi & Martini, 2021; Cetin & Otu, 2023). Wing (2006) makalesinde BİD'in günlük yaşamda tüm disiplinler için önemini vurgulayarak bugün üzerine konuşulan BİD'in ilk tanımını yapanlardan biri olmuştur. BİD'in "bilgisayar biliminin temel kavramlarından yararlanarak problem çözmeyi, sistem tasarlamayı ve insan davranışını anlamayı" içerdiğini dile getiren Wing (2006) eğitimin 3R'si olarak bilinen okuma, yazma ve aritmetik (reading, writing, arithmetic) becerilerine BİD'in de eklenmesi gerektiğini söylemiştir. Wing (2006), BİD'in programlama yerine kavramsallaştırma, ezber yerine temel, bilgisayarların düşünme biçimi yerine insanların düşünme biçimi, eserler yerine fikirler olduğunu vurgulamıştır. Günlük hayatta yapılan basit işlerde bile farkında olmadan BİD becerilerinden yararlanıldığını söyleyen Wing'e (2006) göre BİD, problem çözme sürecindeki sezgisel akıl yürütme olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin dışarı çıkmadan önce çanta hazırlama işleminde 'önbellek', 'önceden getirme'; kaybolan bir eşyayı ararken gelinen yolu takip ederek 'geri izleme' yapılmaktadır (Wing, 2006).

ISTE ve CSTA (2011) tarafından kullanıma hazır bir BİD tanımı geliştirilmiş ve BİD bu tanımda geçen formüle etme, veri analizi, otomatikleşme, algoritmik düşünme, genelleme ve bunun gibi birkaç özelliği daha içeren – ancak bu becerilerle sınırlı kalmadığı da parantez içinde vurgulanarak – problem çözme süreci olarak tanımlanmıştır. Wing'in makalesinde

BİD tam olarak tanımlanmadığından ve Wing'den bu yana BİD'in net bir tanımı da yapılamadığından ötürü bu becerinin geliştirilmesi, değerlendirilmesi için haliyle bir tanıma da ihtiyaç bulunmaktadır (Selby & Woollard, 2013). Araştırmacılar farklı farklı tanımlarla BİD'i açıklamaya çalışsalar da, fikir birliğine varılmış bir tanım hala yoktur (Cetin & Otu, 2023; Mohaghegh & McCauley, 2016). BİD'in problem çözme faaliyeti olduğuna dair alanyazında fikir birliği mevcut ve problem çözme de alanyazında sıkça geçmesine ve çok geniş bir kullanıma sahip olmasına rağmen "problem çözme" kavramının da net bir tanımı yoktur (Selby & Woollard, 2014). Selby ve Woollard (2013), BİD'in tanımına yönelik yaptıkları alanyazın taraması çalışmalarında içinde "Jeannette Wing" ve "computational thinking" geçen makaleleri inceleyerek en çok tekrar eden terimlerin düşünce süreci, soyutlama ve ayrıştırma olduğunu bulmuşlardır. Düşünme süreci terimi doğrudan Wing'in (2011) BİD tanımında geçen bir ifadedir ve çözüme ulaşmak için problemi formüle ederken kullanılan zihinsel aktiviteleri temsil etmektedir, soyutlama da BİD'in en önemli basamağıdır (Wing, 2011). Ayrıştırma, karmaşık problemleri daha basit birkaç parçaya indirgeme yeteneğidir (Kılıç, 2021). Kalelioğlu, Gülbahar ve Kukul (2016) BİD tanımlarına yönelik tasarladıkları Wordle'da en çok karşılaşılan kelimelerin problem çözme, soyutlama, algoritmik ve düşünme olduğunu çalışmalarında ifade etmektedirler. Bu terimlerin yanı sıra BİD ile birlikte anılan veri toplama, veri analizi, onarma (hata ayıklama), örüntü tanıma, örüntü genelleme, simülasyon, modelleme, görselleştirme (Hsu, Chang & Hung, 2018) ve daha birçok beceri vardır. Bununla birlikte BİD bir düşünce süreci olduğu için analitik düşünme, algoritmik düşünme, mantıksal düşünme, matematiksel düşünme gibi diğer düşünme süreçleriyle birlikte anılması BİD'in tanımını netleştirmekten ziyade daha da genişletmekte ve haliyle odaktan uzaklaştırmaktadır (Selby & Woollard, 2014). Hu (2011) yaptığı analiz çalışmasında BİD'i insanların muhtelif yollarla kazandığı çoklu düşünme becerisi olarak yorumlamaktadır.

Shute, Sun ve Asbell-Clarke (2017) tarafından yapılan alanyazın taramasına göre BİD'in açıklığa kavuşması için bu alanda çalışan araştırmacılar BİD'in farklı bileşenlerini ele alsa da ayrıştırma, soyutlama, algoritma ve hata ayıklama boyutları alanyazında ortak kümeyi oluşturmaktadır. Shute vd., bu dördüne genelleme ve yineleme becerilerini de eklemişlerdir.

Yapılan bu tez çalışmasında BİDB olarak Shute ve ark. (2017)'nin önerdiği ayrıştırma, soyutlama, algoritma, hata ayıklama, genelleme ve yineleme becerileri

kullanılmıştır. Ayırıştırma, bir problemi çözebilmek için küçük parçalara ayırmaktır (Shute vd., 2017). Soyutlama, bir problemin içerisindeki ayrıntıları çıkarıp, önemli olan bilgileri ayırarak problemin karmaşıklığını azaltmaktır, ayrıca modeller ve benzetimler de soyutlamaya örnektir (LTS, 2018). Soyutlama ve modelleme fizikçiler tarafından sürekli olarak kullanılmaktadır. (NRC, 2010). Algoritma, bir problemin çözümünün adım adım belirlenmesi sürecidir (Çakıroğlu, Çevik, Köşeli & Aydın, 2021). Hata ayıklama, sistemli bir şekilde öğelerin çalışıp çalışmadığını test etme, hatayı fark edip tanımlama ve çalışmayan öğelerin uyarlanması yoluyla çalışmasını sağlamayı gerektirmektedir (Yunianto, Prodromou & Lavicza, 2023). Bir bilgiyi daha geniş bir aralıkta ya da daha çeşitli durumda kullanabilme becerisi genelleme, istenen sonuç elde edilene kadar işlemlerin tekrarlanması becerisi ise yineleme olarak tanımlanmaktadır (Shute vd., 2017).

Tanımlama yapmaktan daha ziyade BİD'in neden ve nasıl öğretilmesi ve kazandırılması gerektiği daha önemlidir (Selby & Woollard, 2013). Zira BİD eskiden mühendislerin, fen ve bilgisayar bilimcilerin sahip olması gereken bir beceri iken, şimdi gelişen teknoloji ile birlikte her yaştan ve disiplinden insanın edinmesi gereken bir beceri olarak görülmektedir (Kalelioglu vd., 2016). BİD becerilerini kazanan öğrenciler sürekli değişecek olan ortamlarına adapte olabilmelerini sağlayacak hayat boyu öğrenme becerilerini de geliştirmiş olacaklardır (Gülbahar, Kert & Kalelioglu, 2019). Ancak öğrencilerin BİD becerilerini kazanabilmeleri için Fen ve Matematik alanında olduğu gibi yeterli bir müfredat mevcut değildir (Shute vd., 2017). Üzümcü ve Bay (2018), Türkiye'de uygulanan öğretim programlarını incelediklerinde son zamanlarda öğretmen yetiştirme programlarındaki teknoloji/bilişim derslerine BİD'in de eklendiğini belirtmektedirler. Ancak problem çözme becerilerinin yer aldığı Matematik ve Fen derslerinin içeriğinde BİD ve analitik düşünmenin olmadığı; teknoloji/bilişim derslerinde yapılan bu değişimlerin branş derslerinde de yapılmasının BİD becerisinin gelişiminde önemli olacağını vurgulamaktadırlar. BİD becerilerini kazandırmak için öğrencilerin üniversiteye başlamalarını beklemek çok geç atılmış bir adım olacaktır (Barr & Stephenson, 2011). BİD'i öğretmen eğitimi kadar temel eğitime de eklemek için müfredatların güncellenmesiyle ilgili tartışmalar dünya çapında devam etmektedir (Silva, Kurtz & Santoz, 2020).

Prensky bundan 23 yıl önce yani 2001'de Amerika'daki eğitimin gerilemesini ciddi anlamda değişen öğrenci profiline uygun olmayan eğitim sistemine bağlamıştır. Prensky (2001) video oyunları, TV, internet, cep telefonlarıyla dolu bir dünyaya doğan insanları

dijital yerliler, kendini birden bu dünyanın içinde bulanları ise *dijital göçmen* olarak tanımlamaktadır. Öğrenciler dijital yerli sınıfına girerken öğretmenler ise dijital göçmen sınıfında yer almaktadır. Prensky'e (2001) göre dijital yerliler bilgiyi kendinden öncekilerden farklı bir şekilde düşünüp işlemektedir. Haliyle dijital göçmenlerin öğretim metotları – konuştukları dil – dijital yerliler için anlaşılır olmayacaktır. Dikkatini vermediği için dijital yerlileri eleştirmek yerine, dijital yerlilerin deneyimlediği dünyayla kıyaslandığında pek de kayda değer olmayan geleneksel öğretim yöntemlerinin dijital göçmenlerin artık değiştirmesi bir gerekliliktir (Prensky, 2001). Hu (2011), dijital yerlilerin azalan merak duygusunu BİD'in çözebileceğini ifade etmektedir.

“Öğrenmede yeni bir çağın eşiğinde” olunduğunu söyleyen Mohaghegh ve McCauley (2016), genç dimağları hızla değişen yeni dünyaya uyum sağlayabilmeleri için eğitimde de yeni uyarlamalar gerektiğini vurgulamaktadır. Öğrenciler bu zamana kadar varolmayan bu yeni beceriyi – BİD – edinerek hızla değişen teknolojiye olabildiğince faydalanabilir ve bugünün dijital araçlarını yarının problemlerini çözmek için kullanabilirler (Sykora, 2021). Kullandığımız araç gereçler düşünme sürecimizi de şekillendirmektedir (Guzdial, Kay, Norris & Soloway, 2019). Guzdial vd. (2019) bir araştırma çalışmasından şu örneği vermektedir: Mühendislik öğrencilerine aynı soru iki farklı şekilde sorulmuştur. “Bu üniversitedeki öğrenciler profesörlerin altı katıdır.” cümlesindeki durumu ilk soruda cebirsel denklem olarak, ikinci soruda ise profesör sayısı girildiğinde çıktı olarak öğrenci sayısını veren bilgisayar programı olarak yazmaları istenmiştir. İki sorunun cevabı da aynı denklem olmasına rağmen öğrencilerin çoğu sadece ikinci soruya doğru cevap verebilmişlerdir (Guzdial vd., 2019). Bu şaşırtıcı sonuç bilgisayar teknolojileri ile sonradan tanışan dijital göçmen öğretmenlerin, bilgisayar teknolojilerinin içine doğmuş olan dijital yerlilere uygun bir öğretim ortamı sunmaları gerektiğini göstermektedir. Öğrencide bulunan BİD yeteneğini Wing (2006)'in de vurguladığı gibi diğer disiplinlere ve günlük hayata aktarımı nasıl sağlanabilir sorusunun cevabı BİD'i eğitim ile bütünleştirmekte saklıdır. Birçok eğitim felsefesi öğrencinin hazırbulunuşluğuna dikkat çekmekte, öğrencinin ön bilgileri yeterli, kendisi hazır ve istekliyse, uygun yönlendirmeye her şeyi öğrenebileceğini söylemektedir. Öğrenciler hazır olsa bile öğretmenlerin uygun yönlendirmeyi nasıl yapabileceği sorusu bu noktada ortaya çıkmaktadır. Birçok eğitimci BİD'i öğretmenin en kolay ve en uygun yolunun programlama dili olduğunu dile getirmektedir (Hsu vd. 2018), ancak bu durumda az sayıda konu ve öğrenci (Wing, 2006; 2008) kapsanabilir (Hsu vd., 2018). Buna karşılık

artık programlama okul öncesi döneme kadar inmiş durumdadır. Bers, Flannery, Kazakoff ve Sullivan, (2014) çalışmalarında okul öncesi çocuklara robotik programlama eğitimi verdiklerinde sonuç olarak uygun müfredat, yaşına uygun teknolojilerle okul öncesi çocukların bunu başarabildikleri sonucuna ulaşmıştır. Hsu vd. (2018) yaptıkları alanyazın taramasında BİD öğrenimini destekleyen öğretim yöntemlerini derledikleri tabloda aralarında probleme dayalı öğrenme, işbirlikçi öğrenme, proje tabanlı öğrenme, oyuna dayalı öğrenme ve yapı iskelesinin de bulunduğu toplamda 16 yöntem sıralamaktadır. Bu yöntemlerin hepsi teknolojiyi kullanmak için uygun yöntemler olarak gözükmektedir. Teknoloji ile zenginleştirilen eğitim ortamında öğrencilerin akademik başarıları da artmaktadır (Göksu & Bolat, 2020). Dinci (2021) Scratch, Code.org, Robotik Kodlama ve Bilgisayarsız Kodlama kullanarak, öğrencilerin BİD becerilerini ölçtüğü çalışmasında Scratch kullanan öğrencilerin en yüksek seviyede BİD becerisi sergilediğini, Bilgisayarsız Kodlama kullanan öğrencilerin ise en düşük seviyede BİD becerisi gösterdiklerini tespit etmişlerdir... Bu sonuçlar dijital yerli olan şimdiki öğrencilerin kodlama, programlama ve bilgisayar ile çok iyi anlaştığının bir göstergesi olabilir. Bilgisayar bilimleri öğrenmek öğrencilere hem akademik hem de ekonomik anlamda avantajlar sağlar (Mason & Rich, 2019). Guzdial (2016), bir gün bilgisayarların programlamacının ne yapmak istediğini anlayacak kadar gelişeceğini ve programlama bilmenin öneminin kalmayacağını söyleyen Peter Elias’a cevap olarak, Alan Perlis’in “programlama dersinin amacının insanlara süreci yapılandırmayı ve analiz etmeyi öğretmek” olduğunu söylediğini aktarmaktadır.

ÖSYM tarafından yapılan yükseköğretim kurumları sınavlarından AYT sınavlarına ait yayımlanan istatistikler Fizik dersinde öğrencilerin ne kadar başarılı olduğunun bir göstergesi olarak kullanılabilir. ÖSYM’nin açıkladığı YKS sınav sonuçlarına ilişkin son 5 yılın sayısal verilerine göre 14 soruluk Fizik testi ortalaması 2023 yılı için 2,519, 2022 yılı için 2,154, 2021 yılı için 1,564, 2020 yılı için 1,341 ve 2019 yılı için 1,239 şeklinde gerçekleşmiştir (ÖSYM, 2023; 2022; 2021; 2020; 2019). Bu sonuçlar Fizik dersinde başarının çok düşük olduğunu göstermektedir. 21. yüzyılın önde gelen ülkelerinden biri olmak için temel disiplinlerden birisi olan fiziğin öğretimine özel bir önem verilmesi gerekmektedir. Fizik öğretiminde yaparak yaşayarak veya keşfetme yoluyla yapılan laboratuvar derslerinin en etkili yöntemler olduğunu vurgulayan ve bu derslerin fizik öğrenme üzerindeki etkisini inceleyen çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Deneysel çalışmalardan yoksun bir fizik dersi hayal bile edilemez (Koponen & Mantyla, 2006;

Trumper, 2003). Ancak laboratuvar dersi alan öğrencilerle almayan öğrencilerin fizik sınav notlarını karşılaştıran bir çalışmada (Holmes & Wieman, 2018), öğrencilerin sınav başarı notları arasında bir farklılığın olmadığı ve laboratuvar dersinin fizik öğretiminde ölçülebilir bir faydasının olmadığı tespit edilmiştir.. Öğrenciler laboratuvar da beklendik sonuçları bulmak için adım adım verilen yönergeleri uygulamaya çalışmaktadır (Trumper, 2003). Bu olumsuz sonuçların bir sebebi *tarif kitabı* gibi yapılandırılmış laboratuvar derslerinde öğrencinin prosedürü anlamadan uygulaması ve öğrencinin keşfetmesi için alan tanınan bir laboratuvar dersinde ise bir fizik konusunun küçük bir kısmının kapsanması olabilir (Holmes & Wieman, 2018). Kısacası zaten derslerde anlatılanları laboratuvar ortamında deneylerle ispatlamaya çalışırken, aslında derste yapılandan farklı bir şey yapılmamaktadır (Lazarowitz & Tamir 1994; Berry & Sahlberg 1996; Trumper, 2003, akt. Koponen & Mantyla, 2006). Öğrencilerin düşünce tarzını değiştirmek için laboratuvar derslerini de tekrar elden geçirmek gerekmektedir (Trumper, 2003). Bu bağlamda 21. yüzyılda doğan çocukların dünyasıyla, yani bilgisayar teknolojilerini kullanarak öğretmeyi denemek fayda sağlayabilir. Dijital oyunlar etkileşimli ve eğlenceli olması nedeniyle BİD'in gelişiminde güçlü bir potansiyel sahiptir (Silva vd., 2020). Basawapatna (2012)'nın yaptığı çalışmada öğrencilerin programlama ile ilgili ön bilgileri olmamasına rağmen öğrenciler (yoğun şekilde danışman tarafından desteklenmiş öğrenme ortamında) öğretilen fen konusuyla ilgili simülasyon tasarlayabilmiştir. Öğrencilerin bilgi işlemsel yenilik tüketicisinden üreticisine geçmesini programlama araçları sağlayabilir (Mouza, Yang, Pan, Ozden & Pollock, 2017).

Fizik dersinin kavranmasında karşılaşılan bir diğer güçlük ise öğrenciler Matematik dersinde iyi olsalar bile Matematiksel ifadeleri Fizik dersinde kullanmakta zorlanıyorlar. Fizik konularını anlayabilmek için matematiğin önemi yadsınamaz, matematik bilmeden bazı fizik konuları eksik kalır, ancak matematik bilmek de bazı fizik konularını anlayabilmek için her zaman yeterli değildir (Lichtenberger, Wagner, Hofer, Stern & Vaterlaus, 2017). Matematiksel fikirler gerçek hayata dökülmeli ve geleneksel yöntemlerle ders anlatmak yerine öğrenciler arasında tartışma ortamı oluşturulmaya yönelik öğretim yöntemleri tercih edilmeli(Monk, 1994; akt. Hale, 2000). Fizik dersini kavramı anlamadan doğrudan uygulanması gereken formüllerden ibaret gören çoğu öğrencinin (Murdani & Sumarli, 2018) Matematiksel ifadelerin Fizik kurallarında nasıl kullanıldığını görmelerini sağlamak için GeoGebra ile Fizik simülasyonu tasarımları sağlanabilir. Bu tasarı sürecinde öğrencilerin birbirleri ile etkileşimi onlara Monk (1994)'un tavsiye ettiği gibi bir tartışma ortamı da sunar.

Fizik dersi genel olarak öğrencilerin korktukları ve başarısız oldukları bir derstir (Aycan & Yumuşak, 2002). Motorlu taşıtlar, yıldırım, akıllı telefonlar ve daha fazlası gibi birçok günlük hayat olayının arkasında fizik prensipleri işlemektedir ve geleceğin fizik öğretmenlerinin fizik konularına hakim olması büyük önem arz etmektedir (Şahin & Yağbasar, 2012). Fizik doğası gereği hem diğer disiplinlerden daha zordur, hem de bazı sebeplerden ötürü okullardaki fizik düzeyi yüksek tutulmuştur (Angell, Guttersrud, Henriksen & Isnes, 2004). Öğrenciler fiziğin zor ve kümülatif olduğunu düşünmektedir, aynı zamanda fiziğin kümülatif doğası bir kavramın kaçırılması durumunda diğer kavramların anlaşılmasını da zorlaştırmaktadır (Ornek, Robinson & Haugan, 2008). Öğrenciler fizik dersindeki bazı konuları motivasyon eksikliği, kavramların soyutluğu ve günlük hayatla ilişki kurulamamasında ötürü zor bulmaktadır (Turgut, Karaman, Sönmez, Dilber, Şimşek, & Altun, 2006). Lise öğrencilerinin fizik dersini sıkıcı, zor ve alakasız bulduğuyla sonuçlanan çalışmalar da vardır (Checkley, 2010). Uzmanlığı ve hevesi az olan öğretmenler didaktik yöntemlerle ders anlatmaya daha meyillidir ve bu öğretmenler tarafından anlatılan fizik dersleri öğrenciler tarafından pek de keyifli bulunmaz (Osborne, Simon & Collins, 2003). Örneğin; Sparkes (1995)'tan aktarıldığına göre İskoçya'da fizik dersi alan öğrencilerin oranı İngiltere'ye göre 3 kat fazladır ve bunun sebebi İskoçya'da yalnızca nitelikli fizik öğretmenlerinin fizik derslerine girmesidir (Sparkes, 1995; akt. Osborne vd., 2003). Checkley (2010), lise fen dersi müfredatının içeriğinden ötürü fizik dersinin sıkıcı, zor ve alakasız olduğunu düşündüğü için sonraki yıllarda fizik dersini seçmeyen lise öğrencilerinin aslında günlük hayat teknolojilerini öğrenmeyi önemsediklerini, bu yüzden öğrencilerin günlük hayatta kullandıkları teknoloji için fiziğin öneminin öğrencilere aktarılması gerektiğini dile getirmiştir. Bu bağlamda öğrencilere oynamayı sevdikleri bilgisayar/mobil oyunların arka planında – kodlamada – Fizik kurallarının işlediğini, Fizik bilgisinin kullanıldığı gösterilirse ve hatta kendileri Fizik ilkelerini kullanarak bir oyun ya da simülasyon tasararlarsa Fizik dersine ilgileri artabilir. Bunun için bir program kullanarak öğrencilerin kendi simülasyonlarını tasarlaması hem fizik bilgilerini gözden geçirmelerini hem de uygulamaya dökmelerini sağlayabilir. Zira, BİD'in, sonucunda bir eser ya da ürün ortaya konulan bir problem çözme süreci (Selby & Woollard, 2014) olduğu düşünüldüğünde, öğrencilerin kendi tasarımlarını yapması BİD becerilerini de geliştirebilecektir. Fizik öğrenmek üst düzey düşünme becerilerini geliştirmek için harika bir yol (Zakwandi & Istiyono, 2023) olduğu için fizik ile BİD'in bir arada olması öğrencilerin hem fiziğe ilgilerini arttırabilir hem de üst düzey düşünme becerilerini

geliştirebilir. Halihazırda BİD ile ilgili kullanılan araçlar arasında Hsu vd. (2018) LOGO, LEGO, ViMAP, MATLAB, Scratch, Java, C ve C++ 'ın da olduğu 14 araç sıralamışlardır ve bu araçların arasında GeoGebra sayılmamıştır. Matematik uygulaması olarak bilinen GeoGebra ile ilgili çalışmalar çoğunlukla Matematik ve Geometri öğretimi üzerinedir.

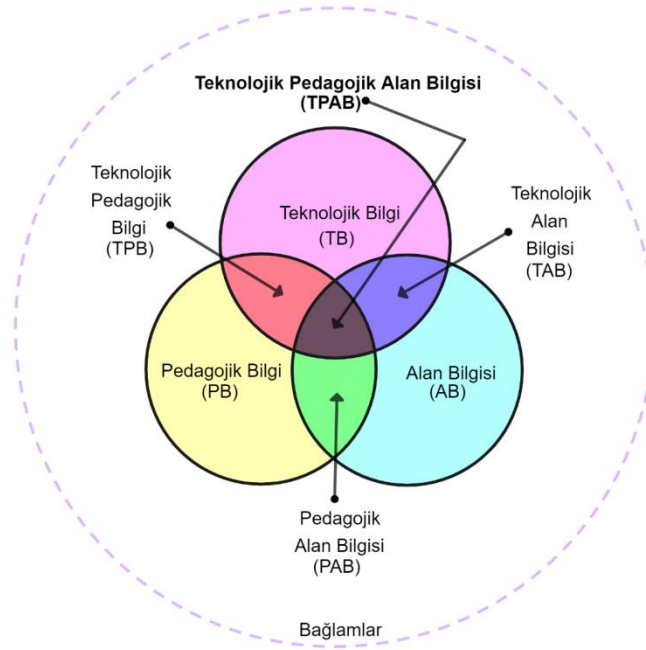
Fizik dersinin kavranmasında karşılaşılan bir diğer güçlük ise öğrencilerin matematik dersinde iyi olsalar bile matematiksel ifadeleri fizik dersinde kullanmakta zorlanmalarıdır (Tuminaro & Redish, 2004). Fizik konularını anlayabilmek için matematiğin önemi yadsınamaz, matematik bilmeden bazı fizik konuları eksik kalır, ancak matematik bilmek de bazı fizik konularını anlayabilmek için her zaman yeterli değildir (Lichtenberger vd., 2017). Matematiksel fikirler gerçek hayata dökülmeli ve geleneksel yöntemlerle ders anlatmak yerine öğrenciler arasında tartışma ortamı oluşturmaya yönelik öğretim yöntemleri tercih edilmelidir (Monk, 1994; akt. Hale, 2000). Fizik dersini, bir kavramı anlamadan doğrudan uygulanması gereken formüllerden ibaret gören çoğu öğrencinin (Murdani & Sumarli, 2018) matematiksel ifadelerin fizik kurallarında nasıl kullanıldığını görmelerini sağlamak için GeoGebra ile Fizik simülasyonu tasarımları sağlanabilir. Bu tasarım sürecinde öğrencilerin birbirleri ile etkileşimi onlara Monk(1994)'un tavsiye ettiği gibi bir tartışma ortamı da sunacaktır.

Mesleki kıdem, cinsiyet, eğitim kademesi farketmeksizin öğretmenler çoğunlukla öğretmen merkezli öğretim yöntemlerinden düz anlatım tekniğinden faydalanmaktadır (Kayabaşı, 2012). Geleneksel yöntemlerle öğrenilen dersler geleneksel yöntemlerle işlenmeye devam edilmektedir (Marshall, 1991). Eğitim derslerinde öğretilen öğretim yöntem ve teknikleri derslerde etkili bir şekilde kullanılamamaktadır. Sınıf mevcutlarının fazlalığı da etkileşimli ders işlemeyi zorlaştırmaktadır (Altun & Çakan, 2008). Eğitimcilerin çoğu BİD için gerekli yeterliklerden habersizdir ya da bunları derslerde nasıl kazandırabileceği veya uygulayabileceği konusunda fikri yoktur (Sands, Yadav & Good, 2018). Bu nedenle, öğretmen adaylarının derslerinde BİD becerilerini uygulayabilmesi için üzerinde çalışılması gereken pek çok şey bulunmaktadır (Sands vd, 2018). Mason ve Rich (2019), ilkökul öğretmenlerinin öğrencilerine BİD ve kodlama öğretmesi gerektiğini ancak bunun için bilgi ve özgüven eksikliği yaşadıklarını dile getirmişler ve alanyazın taraması yaptıklarında uygulama ve eğitimlerle ilkökul öğretmenlerinin bilgi, tutum ve yeterliklerinin olumlu yönde değişebileceğine dair çalışmalarla karşılaşmışlardır. Hsu vd. (2018) alanyazın taraması çalışmalarında bir çok ülke BİD'i milli eğitimin önemli bir gündem maddesi olarak

ele almış ve yeni öğretim içerikleri ve ders kitapları hazırlamıştır. Öğretmenlerin öğretim materyallerini kısa sürede güncellemesi mümkün olmadığı için müfredatların sürekli yenilenmesi bir çözüm değildir. (Denning, 2017; Hsu vd., 2018). En önemli öncelik ise öğretmenleri eğitmek olmalıdır.

2.1.2. Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB)

Shulman 1986'da yayımladığı makalesinde o zamana kadar iki ayrı disiplin gibi değerlendirilen alan bilgisi ve pedagoji bilgisini bir araya getirmektedir. Pedagoji bilgisi olmadan sadece alan bilgisinin, hiç alan bilgisi olmadan pedagoji bilgisine sahip olmak kadar yararsız olduğunu dile getirmektedir. Bu bilgiler birer küme gibi hayal edildiğinde, bu iki kümenin kesişimi ise pedagojik alan bilgisidir. Shulman (1986)'a göre bu kesişimi mevcut konunun öğrenciler tarafından anlaşılabilmesi için, en iyi şekilde sunulabilecek materyaller (benzetmeler, örnekler, açıklamalar, gösterimler, vb) oluşturur, kısacası konuyu daha anlaşılır ve ulaşılabilir kılacak olan her şeydir. Mishra ve Koehler (2006) ise pedagojik alan bilgisine teknolojiyi de ekleyerek teknolojik pedagojik alan bilgisini makaleleri ile dünyaya tanıtmışlardır. Koehler ve Mishra (2009)'nın TPAB çerçeve şeması Şekil 2.1'de verilmiştir. Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) konuyu (alan bilgisi) en iyi şekilde öğretebilmek (pedagojik bilgi) için teknolojiyi kullanabilmeyi (teknolojik bilgi) içermektedir (Mishra & Koehler, 2006). TPAB'ın Alan Bilgisi (AB), Pedagojik Bilgi (PB), Teknolojik Bilgi (TB), Pedagojik Alan Bilgisi (PAB), Teknolojik Alan Bilgisi (TAB), Teknolojik Pedagojik Bilgi (TPB) olmak üzere altı alt bileşeni bulunmaktadır. Bu araştırmada teknoloji ile ilişkili olan Teknolojik Bilgi, Teknolojik Alan Bilgisi, Teknolojik Pedagojik Bilgi ve bütün bileşenleri kapsayan Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi üzerine yoğunlaşılacaktır.



Şekil 2.1 Koehler & Mishra (2009)'nın TPAB Çerçevesi Şeması (Şema araştırmacı tarafından GeoGebra ile hazırlanmıştır.)

Çağımızda eğitim öğretimde teknoloji uygulamaları eskiden seçenek iken şimdi zorunluluğa dönüşmüştür (Saritepeci, 2022). Yeni başlayan ve hizmet öncesi öğretmenlerin çoğu teknolojiyi sınıflarına nasıl entegre edeceklerini bilmemektedirler (Buckenmeyer & Freitas, 2005; akt. Masrifah, Setiawan, Sinaga & Setiawan, 2018) ve teknoloji, pedagoji ve alan bilgisi farklı derslerde verildiğinden en iyi şekilde öğrenme ortamı için teknolojinin nasıl kullanılacağına dair yetersiz bilgiye sahiptirler (Mouza & Klein, 2013; Masrifah vd., 2018). Bueno, Lieban ve Ballejo (2021), dijital yerliler olarak isimlendirilen günümüz gençlerinin nasıl düşündüklerini anlamak için öğretmenlerin de öğretme ve öğrenme yöntemlerini gözden geçirmeleri gerektiğini dile getirmektedir. Öğretmenler 20. yüzyıldan kalma yöntemlerle ders anlatmaya devam ettikçe, yeni neslin günümüz dünyasına hazırlanması mümkün gözükmemektedir (Ketelhut, 2019; akt. Bueno, vd., 2021). Derslerde teknoloji kullanımı öğrenmeyi kolaylaştırmak yerine sadece “öğretmen”in yerini aldığı (Roy, 2019) teknoloji kullanımı simülasyon, animasyon ve video göstermekten ileri gitmemekte ve böylece teknoloji sadece konuların gerçekliğinin ispatı olarak kullanılmaktadır. Bu durum Bueno vd. (2021) de makalelerinde dile getirdiği şekliyle teknolojinin derslerde konunun sağlamasının yapılması için kullanıldığının bir göstergesidir.

Akıl almaz bir hızla gelişen dijital teknoloji geleceğe dair ufku her alanda genişletse de teknolojinin eğitime uğrayan yanı hayal edilenin çok gerisinde kalmaktadır (Mishra & Koehler, 2006). Kalem, tahta gibi artık teknoloji olarak bile göremeyeceğimiz şekilde hayatın içine girmiş durumda olan eski eğitim teknolojiler sadece amaca yöneliktir ve kullanım alanı son derece nettir; dijital teknolojilerin ise çok geniş bir kullanım alanı vardır (Mishra & Koehler, 2009). Bu durumda araştırmacılar teknolojinin kendisinden çok teknolojinin eğitimde nasıl kullanılabileceği üzerine eğilmelidir (Mishra & Koehler, 2006). Müfredatı uygulayan öğretmenlerin dijital yeterliliklere sahip olması (Süzük & Akinci, 2021), TPAB yeterliliği olmadan eksik kalacaktır. Ayrıca, sınıfın her türlü teknolojik imkana sahip olması öğrencilerin daha iyi öğreneceğini garantilememektedir (Kelly, 2008; akt. Taşar & Ergül, 2023). Dijital uygulamaların öğrencilerin öğrenme düzeyine olumlu etkisi olmasına rağmen bu araçlar tüm fizik öğretmenleri tarafından kullanılmamaktadır (Mayer & Girwidz, 2019). Fizik dersinde kalem-kağıt-tahta dışında gösterimler ve deneyler için her zaman harici araçlara ihtiyaç duyulmuştur ve fizik dersi bu anlamda teknolojik her türlü araçtan faydalanmak için uygun bir derstir (Taşar & Ergül, 2023).

2.1.3. Bilgi İşlemsel Düşünme ile Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi

BİD'in TPAB becerisine olumlu etkisi yüksektir (Saritepeci, 2022). Teknolojinin eğitimde en verimli şekilde uygulanması anlamına gelen TPAB becerisinin, öğretmenlerin BİD seviyeleriyle olan ilgisi araştırmaya değerdir (Saritepeci, 2022). Tsai ve Chai (2012) makalelerinde teknolojinin eğitime entegrasyonunda üç derece engelden bahsetmektedir. Bu engellerden ilki birinci dereceden engel olan dış faktörlerdir ki bu durum öğretmenden ziyade altyapı ile ilgilidir. İkinci dereceden engel öğretmenlerin teknolojik pedagojik inançlarıdır. Bir öğretmenin TPAB yeterliği düşükse dersler yine verimli geçmeyecektir. Üçüncü dereceden engel ise öğretmenlerin TPAB yeterlik inançlarının düzeyi yüksek olsa bile bunun ders uygulamasında etkili olabilmesi için dersi iyi *tasarlaması* gerekmektedir. Tsai ve Chai (2012) buna çalışmalarında “tasarım düşünme” isminin vermektedirler. Derste karşılaşılan güçlükleri öğretmenin aşabilmesi için yaratıcı çözümler bulabilmesi, gelişen teknolojiye adapte olabilmesi gerekmektedir (Tsai & Chai, 2012).. Teknolojik bilginin gelişmesi için bilgi işlemsel düşünme becerileri çok önemlidir (Persson, 2023; Taylor, Tilhou, & Crompton, 2020). Bu nedenle öğretmen adaylarının bilgi işlemsel düşünme becerileri geliştirilmeden sadece TPAB eğitimi alması tek başına yeterli olmayabilir. BİD becerilerinin okulda öğrenilebilmesi için de öğretmenlerin bu konu ile ilgili teknolojik

pedagojik alan bilgisine sahip olması gerekmektedir. Profesyonel gelişme eğitimleri kapsamında Scratch ve AppInventor ile kodlamaya yönelik verilen eğitimler öğretmenlerin TPAB becerilerini ve ileri düzey BİD becerilerini artırmıştır (Kong, Lai & Li, 2023). Öğretmenlerin BİD'i müfredatta ve derslerinde uygulayabilmeleri için teknolojik gelişmeleri takip edebilmesi (Teknolojik Bilgi), konuyla (Alan Bilgisi) ve uygun öğretim yöntemiyle (Pedagojik Bilgi) ilişkisini görebilmesi gerekmektedir (Mouza vd., 2017). Okul ortamı BİD becerilerini geliştirmek için yeterli altyapıya sahip değildir ve öğretmenlerin uygun öğrenme ortamı sunabilmesi için kodlama bilmeleri tek başına yetersizdir, bildiklerini aktarabilmek için TPAB becerilerine de sahip olmaları gerekmektedir (Kale, Akcaoglu, Cullen, Goh, Devine, Calvert & Grise, 2018).

2.1.4. GeoGebra ile Fizik

Öğrencilere etkili bir öğretim sağlayan araçlardan biri de teknoloji kullanımıdır (Unluol-Unal & Akcay, 2015, akt. Akcay, 2017) ve geleceğin öğretmenlerini bu yönde eğitmek gerekmektedir (Akcay, 2017). GeoGebra kullanımı analitik düşünme, yaratıcılık, matematiksel düşünme becerilerini geliştirmekte ve bu sayede dijital çağın getirdiği problemleri çözme becerilerine de katkı sağlamaktadır (Van Doc, Giam, Nam, Thanh & Giang, 2023).

Basit ve anlaşılır araçlara sahip GeoGebra'yı kullanmak için kullanma kılavuzu haricinde ayrıca bir eğitim almaya gerek yoktur ve eğer ihtiyaç duyulursa internette GeoGebra'nın kullanımı ve hazır yapılmış materyaller ile ilgili birçok video bulunabilmekte ve bunlardan ilhamla kullanıcılar tarafından kendi çalışmaları tasarlanabilmektedir (Kolar, 2019). GeoGebra'da öğretmenler eğitim-öğretim materyalleri ücretsiz olarak tasarlayabilmektedirler (Mussoi, Flores, Bulegon & Tarouco, 2011). Ücretsiz ve açık kaynaklı olarak sunulan GeoGebra'yı kullanıcılar çevrimiçi ya da çevrimdışı kullanabilmektedir (Yunianto vd., 2023). İçerikler çevrimiçi oluşturularak GeoGebra profilinde kaydedilip saklanabildiği gibi bilgisayara indirilerek internet erişimi olmadan yapılan çalışmalar da bilgisayara kaydedilebilmektedir.

GeoGebra'nın araç çubuğundaki nokta, doğru, vektör, çokgen gibi özellikleri kullanarak grafik penceresinde oluşturulanlar sonradan değiştirilebilmekte ve aynı zamanda cebir penceresinde yazılanlar grafik penceresinde olduğu gibi grafik penceresinde uygulanan her şey cebir penceresinde de gözükmektedir (Kllogjeri & Kllogjeri, 2010). Örneğin

GeoGebra'nın grafik penceresinde oluşturulan bir nokta, cebir penceresinde koordinatları ile birlikte görünür ya da oluşturulmak istenen noktanın koordinatları cebir penceresine yazıldığında grafik penceresinde girilen koordinatlarda nokta oluşur.

Öğrencilerin dijital yeterliklerini geliştirmek için onlara dijital araçlar sağlamaktan ziyade bu araçların eğitimde en iyi şekilde kullanımı artırılmalıdır (Solvang & Haglund, 2018). Fizik öğretiminde bol miktarda soru çözümünün öğrenmeyi arttırması umulmasına rağmen asıl önemli olan matematiksel işlemlerden ziyade fizik kavramlarının bağlamıdır (Mussoi vd., 2011). Öğrencilerin konuyu pekiştirmeleri için sayıları değiştirilmiş soruları matematiksel olarak çözecekleri örneklerle desteklemek yerine GeoGebra ile tasarlanan bir fizik benzetimi, matematiğin fizik kavramları içindeki bağlamını fark etmelerini sağlayabilir. GeoGebra, kullanıcıların programlama bilmesine gerek kalmadan, basit arayüzü sayesinde sezgisel olarak kullanabildikleri bir yazılımdır (Solvang & Haglund, 2021). Kullanıcıların içerik üretebilmesi için programlama yerine planladıkları simülasyonların arka planındaki matematiksel ilişkiyi bilmeleri yeterlidir (Solvang & Haglund, 2021). GeoGebra yazılımındaki fizik ve matematik arasındaki dinamik ilişki, öğrencilerin matematiğin fizikteki yerini ve önemini anlamalarına yardımcı olabilir (Solvang & Haglund, 2021).

Mussoi vd. (2011) öğretmenlerin GeoGebra ve eXe ile içerik üretmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada, dijital eğitsel içeriklerin öğrenmenin gerçekleşmesi için tek başına yeterli olmadığını ve öğretmene planlama aşamasında büyük bir görev düştüğünü dile getirmektedir. Öğretmenin hem dijital içeriği, hem konuyu, hem öğrenme ortamını göz önüne alarak ders planını hazırlaması gerekmektedir (Mussoi vd., 2011). Bu çerçevede bir öğretmenin dijital eğitsel içerikler ile öğrenmeyi sağlayabilmesi için TPAB yeterliğinin olması gerekli gözükmektedir.

Bazı yazılım programlarının kendi fizik altyapısı - yerçekimi, çarpışma gibi - olduğu için fizik bilmeden de benzetim ya da animasyon hazırlanabilir. Aiken, Caballero, Douglas, Burk, Scanlon, Thoms & Schatz (2013), öğrencilerin fizik dersi kapsamında yanlış yazsalar da sözdizimsel olarak yazabildikleri için vPhyton kullanarak tasarladıkları modellerin çalıştığını gözlemlemiştir. GeoGebra matematiksel komutlarla çalıştığı için altyapıyı kullanıcı oluşturur, örneğin yerçekimi ivmesi ile buna bağlı düşme hareketinin formüllerle ve sürgülerle oluşturulması gerekmektedir. GeoGebra uygulaması matematiksel ifadelerle

çalıştığı için, öğrenciler fiziğin içindeki matematiği ve matematiğin fiziğin içindeki yerini net bir şekilde görebileceklerdir. GeoGebra'nın bir diğer güzel yanı ise kodlama bilinmesine gerek olmamasıdır. Walsh (2017; akt. Nava vd., 2021) GeoGebra yazılımıyla kodlama dili bilmeden neredeyse her fizik konusu için etkileşimli ve gerçekçi simülasyonlar yapılabildiğini ve yaptığı simülasyonlar sayesinde konuları daha derinlemesine anladığını ifade etmektedir. GeoGebra'da kullanılan sürgüler sayesinde fiziksel nicelikler değiştirilerek öğrencilerin gözlem, ölçüm ve hesaplamalar yapması sağlanabilmektedir (Solvang, 2021). Öğrencilerin matematik, fizik ve bilişimi bir araya getirerek model tasarlayabilmesi bu disiplinlerin gündelik hayatta kullanımına dair önemli bir katkıdır (Guncaga & Majherová, 2012).

2.2. İlgili Araştırmalar

2.2.1. Bilgi İşlemsel Düşünme ile İlgili Araştırmalar

Aksit (2018) çalışmasında bir önceki okul yılında kuvvet ve hareket konusunu gören ortaokul öğrencileri ile Scratch uygulamasını kullanarak bir haftalık blok-tabanlı programlama ile çalışma yapmıştır ve bir haftanın sonunda öğrencilerin hem BİD becerilerinde hem de kuvvet-hareket konusuna dair kavramsal öğrenmesinde artış olduğunu gözlemlemiştir.

Resnick, Maloney, Monroy-Hernández, Rusk, Eastmond, Brennan, ... , ve Kafai (2009), zamane gençlerinin mesaj gönderirken, internette arama yaparken, çevrimiçi oyun oynarken teknolojiyi etkin bir şekilde kullandıklarını ancak çok azının içerik ürettiğini, yeni neslin teknolojiyi *okuyabildikleri* ama *yazamadıkları* şeklinde yorumlamıştır. Birçok insanın programlamayı sadece teknoloji ile ilgilenen küçük bir azınlık için olduğunu düşündüklerini dile getiren Resnick vd., programlama yapmanın teknoloji dışındaki alanlarda da kullanılabilecek problem çözme becerilerini ve tasarım kabiliyetini geliştiren BİD'i desteklediğini ifade etmiştir. Blok tabanlı programlama yazılımı olan Scratch'ın hedef kitlesi olan ve yaşları 8-16 arasında değişen kullanıcılar animasyon, oyun gibi etkileşimli içerikler üreterek önemli matematiksel ve bilgi işlemsel kavramları öğrenmiştir (Resnick vd., 2009).

Dwyer, Boe, Hill, Franklin ve Harlow (2013), BİD'in disiplinlerarası uygulamaları için fen bilimleri müfredatı ile uygulanabileceği bir proje yapmışlardır. Bu projede Scratch

kullanarak 4. sınıf düzeyindeki öğrencilerin momentum ve ivme konularını modelleyebildiklerini ve BİD becerileri sergilediklerini gözlemlemiştir.

Bufasi, Hoxha, Cuka ve Vrtagic (2022), lise öğrencilerinden oluşan deney ve kontrol grubuna aynı fizik öğretmeni tarafından vPhyton kullanarak BİD aktiviteleriyle ve geleneksel yöntemlerle altı hafta boyunca ders anlattığı bir durumu incelemiştir. Öğretilen fizik konusu ile ilgili öntest ve sonteste tabii tutulan deney ve kontrol grubunun sontest puanları karşılaştırıldığında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Deney grubundaki öğrencilerin daha kapsamlı bir öğrenme gerçekleştirdiği ve kavram yanlışlarına düşme ihtimallerinin az olduğu dile getirilmiştir.

Hutchins, Biswas, Maróti, Lédeczi, Grover, Wolf, ... ve McElhaney (2020), BİD ve STEM eğitimini lise fizik dersinde bütünleştirdikleri çalışmalarında, ABD’de bir lisede Snap! isimli blok tabanlı programlama uygulamasını kullanmışlardır. Model tabanlı öğrenme yöntemini benimseyerek bilgi işlemsel modelleme yaptırdıkları çalışmaya katılan öğrencilerin fizik konularını hem daha iyi anladıklarını hem de BİD becerilerini geliştirdiklerini bulmuşlardır.

Weller, Bott, Caballero ve Irving (2022), lise fizik derslerinde kullanılmak üzere BİD aktiviteleri geliştirmiş ve ABD, Michigan’da bir lisede uygulanması üzerinde çalışmıştır. Öğrencilerin vPhyton kullanarak fizik dersi ile ilgili model tasarladıkları çalışmada konuyu daha iyi anladıklarını ve değişen düzeylerde BİD becerileri geliştirdiklerini gözlemlenmiştir.

Aiken vd, (2013) NRC tarafından belirlenen fen öğrenimi standartları listesinde BİD’in temel beceriler arasında yer almasından ötürü artık fen öğreniminde BİD’e doğru bir kayma olduğunu dile getirmiştir. Aiken vd. (2013) öğrencilerin BİD uygulamalarına fizik dersi çerçevesinde dahil olmasının fizik olaylarını açıklamak için model geliştirebilmesiyle ve fizik problemlerini çözmek, simüle etmek ve görselleştirmek için bilgisayar kullanmayı öğrenmesiyle mümkün olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacılar ABD’de bir lisede öğrencilerin BİD becerilerini geliştirebilmek için bir fizik öğretmeniyle çalışarak bilgi işlemsel müfredatı 9. sınıf fizik dersine uyarlamışlardır. Bu çalışmada öğrenciler vPhyton aracılığıyla fizik dersi kapsamında Kuvvet ve Hareket konusu ile ilgili modeller oluşturmuşlardır. Öğrencilerin üçte biri Kuvvet ve Hareket konusu ile ilgili başarılı modeller oluşturabilmiştir. Kuvvet ve Hareket kavramlarını tam kavrayamayan öğrenciler bilgi işlemsel modeller hazırlayamamışlardır.

Araştırmaların sonucunda öğrencilerin bir yazılım programı aracılığıyla model tasarlaması sağlanarak hem öğrencilerin fizik konularını daha iyi anlamaları hem de BİD becerilerini geliştirmeleri sağlanmıştır.

2.2.2. Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi ile İlgili Araştırmalar

Süzük ve Akinci (2021), 252 öğretmen adayına Timur ve Taşar (2011) tarafından Türkçe'ye uyarlanan Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Öz Güven Ölçeğini (TPABÖGÖ) uyguladığı çalışmalarında, öğretmen adaylarının cinsiyetine, bölümüne (Fizik, Kimya, Biyoloji ve Almanca) ve sahip oldukları dijital teknolojilerine (dizüstü bilgisayar/tablet) göre TPAB ve alt boyutlarını incelemiştir. Araştırmacılar, öğretmen adaylarının her boyutta yeterli özgüvene sahip olduklarını, Teknolojik Pedagojik Bilgi boyutunda kadınların lehine bir farklılık olmasına rağmen diğer boyutlarda cinsiyete göre farklılık olmadığı, TPAB ve Teknolojik Bilgi boyutunda bölümler arası farklılık olduğunu, ancak diğer boyutlarda olmadığını, tablet ya da dizüstü bilgisayarı olan öğretmen adaylarının TPAB değerlerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Putri, Sulaeman, Damayanti ve Putra, (2021) pandemi sürecinde Endonezya'da 20 hizmet öncesi fizik öğretmenin TPAB seviyelerini değerlendirmiştir. Öğretmen adaylarından 10 tanesi çevrimiçi, 10 tanesi ise çevrimdışı öğretim videosu hazırlamıştır ve araştırmacılar bu ders videolarını TPAB'ın yedi alt boyutu için incelemiştir. Araştırma sonucunda çevrimiçi ve çevrimdışı ders videosu hazırlayan öğretmen adayları nadiren TPB sergilerken, çevrimiçi video hazırlayan öğretmen adaylarının PAB boyutunda zorluk yaşadığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar bu durumun çözümü için öğretmen eğitimi kurumlarının öğrencilerin TPAB seviyelerini geliştirebilmeleri için planlama ve uygulama yapmalarını tavsiye etmiştir.

Srisawasdi (2012), Tayland'da bir üniversitede Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) dersi alan 3 fizik öğretmeniyle çalışmasını yürütmüştür. BİT dersine katıldığı için bilgisi olan ancak tecrübesi olmayan bu 3 fizik öğretmeni durumlu öğrenme yaklaşımıyla 6 haftalık bir BİT modülüne tabii tutulmuştur. BİT modülü derslerinden önce ve sonra olmak üzere öğretmen adaylarına toplanda iki tasarım görevi verilmiştir. İki tasarım arasındaki farka bakılarak öğretmen adaylarının TPAB gelişimleri gözlemlenmiştir. Süreç içerisinde BİT modülüyle öğretmen adaylarının TPAB boyutlarından eksik olanları oluşturduğu ve mevcut boyutları geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Ilmi ve Sunarno (2020), öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini ve fen tutumunu geliştirmek için TPAB temelli öğrenme aracı geliştirmişlerdir. Öğrenme aracının kullanımından önce fiziğin formül ve hesaplamalardan ibaret zor bir ders olduğunu düşünen öğrenciler, öğrenme aracının kullanımından sonra fizik dersini sevmeye başladıklarını ve fizik dersinin eğlenceli olduğunu dile getirmişlerdir. Endonezya’da yapılan bu çalışmada, öğrenme aracı öncesi ve sonrası uygulanan öntest ve sontest sonuçları karşılaştırıldığında öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerinin ve fen tutumlarının anlamlı bir şekilde arttığı bulunmuştur.

Mayer ve Girwidz (2019), Almanya’da lisede görev yapan 174 fizik öğretmeni ile yaptığı çalışmada öğretmenlere TPAB ve teknoloji kabul modeli ölçekleri uygulamıştır. Eğitim alanında yapılan bu çalışmada teknoloji kabul modeli, fizik öğretmenlerinin fizik eğitiminde teknolojiyi nasıl kabul ettiğini açıklamayı amaçlar. Araştırmada TPAB lçeği puanı yüksek olan öğretmenlerin, teknolojinin “kullanım kolaylığı algısı” ve “öğrenciler için kullanılabilirliği algısı” da yüksek bulunmuştur.

Şentürk (2017), doktora tezinde Türkiye’deki 9. sınıf müfredatına uygun olarak hazırlanan animasyon ve simülasyonların (A&S) ders öğretim sürecine dahil edilmesi için hizmet içi eğitimlere katılan dört fizik öğretmeni ile çalışmıştır. Teknoloji ile öğretme bilgisine sahip ve mesleki çalışma yılı az (15-18 yıl) olan iki öğretmenin A&S-TPAB düzeyinin yeterli; teknoloji ile öğretme tecrübesi az, mesleki çalışma yılı fazla olan (22-31 yıl) iki öğretmenin A&S-TPAB düzeylerinin düşük olduğu ve yapılan alan testinde de kavram yanlışlarına sahip oldukları bulunmuştur.

Hasanah, Prihatni, Lisdayanti ve Purwanto (2023), Endonezya’da yaptıkları bir araştırmada probleme dayalı öğrenme-TPAB modeli ile fizik öğretilen öğrencilerin öğrenme çıktıları doğrudan öğretim-TPAB modeli ile fizik öğretilen öğrencilerin öğrenme çıktılarından daha olumlu olmuştur. Probleme dayalı öğrenme-TPAB modelinde teknoloji öğrencilerin problemi keşfetmek için bir araç olarak kullanılırken doğrudan öğretim-TPAB modelinde sunum, video, dijital öğrenme kaynakları olarak kullanılmıştır. Probleme dayalı öğrenme-TPAB modelinde öğrenciler eleştirel düşünme becerilerini geliştirmişler, merak ve motivasyonlarını artırmışlar, verilen problemi küçük parçalara bölüp çözüm stratejileri sergilemişler ve takım halinde çalışarak işbirliği yapmışlardır.

Öğretmenler ve öğretmen adayları için uygun ortam sunulduğunda ve deneyim kazanmalarını sağlayacak alan oluşturulduğunda TPAB gelişimleri alanyazında gözlemlenebilmiştir. Genel anlamda öğretmen ve öğretmen adayları yeterli deneyime sahip olmadığı için TPAB yeterlikleri yetersiz olsa da imkan dahilinde gelişmeye açıktır. TPAB ile yapılan araştırmalar çoğunlukla öğretmenlerle ilgilidir. TPAB'ın öğrencilere bakan yüzünü değerlendiren Hasanah vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada öğrenci merkezli TPAB uygulamasının öğretmen merkezli TPAB yöntemlerinden daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öğretmenlerin TPAB yeterlikleri öğrencilerin motivasyon ve başarısını da etkilemektedir.

2.2.3. BİD ve TPAB ile İlgili Araştırmalar

Neira, García-Iruela ve Connolly (2021) önceden oluşturulmuş programlarla hazırlanmış TPAB rehberliğinde Scratch Görsel Yönetme Ortamı isimli uygulama, programlama kampına katılan 6 ve Madrid'de bir okulda okuyan 26 lise öğrencisiyle haftada 6 saat olmak üzere 2 hafta boyunca çalışmıştır. Uygulama sonunda öğrencilerin BİD becerilerinin arttığı sonucuna varılmıştır.

BİD becerilerinin alan derslerine eklenmesi konusunda giderek artan bir ilginin olduğunu dile getiren Jocius, O'Byrne, Albert, Joshi, Robinson ve Andrews (2021), öğretmenlerin BİD ile alan derslerini nasıl bütünleştirebileceği ile ilgili daha çok araştırmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır. Jocius vd. araştırmalarında fen bilimleri, matematik, ingilizce, sosyal bilimler ve diğer bölümlerden ortaokul ve lise öğretmenleriyle 3C(Code, Connect, Create-Kodla, Bağla, Yap) modeline göre bir haftalık mesleki gelişim atölyeleri yapmışlardır. Snap! isimli blok tabanlı programlama aracının öğretildiği *Kodla* bölümünde öğretmenlerin TAB ve TB-BİD becerilerini geliştirdikleri; *Bağla* bölümünde Alan Bilgileri ile BİD arasında ilişki kurarak AB-BİD becerilerini, BİD ile ilişkili hangi araçların kullanılması gerektiğine dair Teknolojik Bilgilerini geliştirerek TB-BİD becerilerini, hangi pedagojik yaklaşımla ilgili konunun BİD ile kullanılabilirliği için PAB-BİD becerilerini ve sonuç olarak TPAB-BİD becerilerini geliştirdiği, *Yap* bölümünde Snap! ile bir örnek, bir ders planı ve bir tamamlayıcı pedagojik materyal hazırlayarak, TPAB-BİD becerilerini geliştirdikleri gözlemlenmiştir.

Lee, Kim ve Kim (2018) sekiz fen öğretmeni ve 2 öğretmen adayı ile yaptıkları çalışmada katılımcılara Desmos (GeoGebra benzeri dinamik matematik yazılımı)

programını öğreterek, katılımcılardan öğrencilerin BİD becerilerini geliştirmek için kullanılabilecek fizik öğretim materyali tasarımlarını istemiştir. Bunun sonucunda katılımcıların TAB, TPB ve TPAB yeterliklerinde gelişme gösterdiklerini ölçmüştür.

Mouza vd. (2017)'nin çalışmasında, 21 ilk ve ortaokul öğretmen adayına bir dönem boyunca eğitim teknolojileri dersinde katılımcıların alan, pedagoji ve teknoloji arasında ilişki kurarak öğrencilerin BİD beceri ve bilgilerini nasıl geliştirebilecekleri ile ilgili eğitim verildi. Katılımcıların BİD kavramları ile ilgili farkındalıkları artarken, bazı katılımcılar yüzeysel BİD anlayışı geliştirmiştir ve BİD kavramları ile alana ve pedagojiye uygun ders planı hazırlayamamıştır. Bununla ilgili olarak öğretmen adaylarının eğitiminde TPAB ve BİD becerilerini deneyimleyerek geliştirebilecekleri daha fazla ders imkanı sunulması gerektiği çıkarımı yapılmıştır.

Rodrigues da Silva vd. (2020), Brezilya'da öğretmenler, üniversite profesörleri ve lise öğrencileri ile yaptıkları çalışmada, öğrenciler için teorik ve yöntemsel olarak BİD ve TPAB çerçevelerinden faydalanarak uygulama geliştirme, oyun geliştirme ve eğitsel robotik atölyeleri hazırlamışlardır. Bu atölyelerde öğrencilere ilgili programlar tanıtılarak ürün telefon uygulamaları geliştirmeleri sağlanmıştır ve öğrenciler atölye sonunda yarışmaya katılmıştır. Örneğin, uygulama geliştirme atölyesinde App Inventor programının nasıl kullanıldığı TPAB destekli uygulamalarla tanıtılmış, öğrencilerin ilgi alanlarına göre uygulama tasarlaması istenmiş, takımlar oluşturulmuş ve atölye sonunda yarışma yapılarak ilk üçe giren uygulamalar ödüllendirilmiştir. Bu süreçte öğretmenlerin TPAB destekli uygulama geliştirirken hala kendilerini hazırlıksız hissetmeleri ve üniversite profesörlerinin yardımına ihtiyaç duymaları da araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Uygulama geliştirme atölyesinde öğrencilerin soyutlama, çözümleme, genelleme becerileri; oyun geliştirme atölyesinde soyutlama, algoritma, çözümleme, genelleme becerileri; eğitsel robotik atölyelerinde soyutlama, algoritma, değerlendirme becerileri geliştirdikleri gözlemlenmiştir.

BİD becerilerinin teknolojiye bakan yüzü öğretmenlerin TPAB yeterliğini de gündeme getirmiştir. BİD becerilerini geliştirmek için TPAB çerçevesinde planlanan dersler öğrencilerin ve öğretmenlerin BİD becerilerine katkı sağlamıştır. Verilen eğitimlerle öğretmen ve öğretmen adaylarına deneyim imkanı sağlandıkça BİD ve TPAB farkındalıkları ve yeterlikleri de artmıştır.

2.2.4. GeoGebra ve Fizik, GeoGebra ve BİD, GeoGebra ve TPAB

Solvang ve Haglund (2021), 2011-2021 yılları arasında fizik öğretiminde GeoGebra'nın nasıl kullanılabileceği ile ilgili yapılan İngilizce yazılmış makaleleri incelediğinde mekanik, dalgalar, optik, elektromanyetizma, astronomi ve kuantum fiziği ana başlıkları altında toplamda 34 makale tespit etmiştir. Bu makalelerin büyük bir kısmı ise bazı araştırmacıların bu konudaki birden fazla makalesiyle bu sayıya ulaşmıştır.

Marciuc ve Miron (2018) lise öğrencileriyle kesişen iki düzlem aynada görüntü oluşumu ve yansıma ile ilgili GeoGebra kullanarak benzetim oluşturmuşlardır. Öğrencilerin bu süreçte dahil olması daha derinlemesine bir öğrenme sağlarken farklı durumları birbirinden ayırt etmeyi öğrenmişlerdir.

Solvang ve Haglung (2018) İsveç'in eğitimde dijitalleşmeye giden politikasını temel olarak üst ortaokul öğrencileriyle GeoGebra'da hazırlanmış bir benzetimle sürtünme kuvveti konusunu işlemişlerdir. Öğrencilerin GeoGebra ile etkileşimine de değinen araştırmacılar, bazı öğrencilerin makro düzeyde, bazı öğrencilerinse mikro düzeyde sürtünme kuvvetine dair fikir edindiğini gözlemlemişlerdir.

Çıldır ve Şen (2023), Ankara'da bir devlet üniversitesinde Öğretim Teknolojileri ve Materyal Tasarımı dersi alan daha önce GeoGebra kullanmamış ve bilgisayar destekli materyal geliştirmemiş olan 10 öğrenciyle yaptığı çalışmada fizik öğretmen adaylarına GeoGebra'yı nasıl kullanacaklarını öğretmiştir ve süreç sonunda fizik öğretmen adaylarından fizik ile ilgili benzetim geliştirmelerini istemiştir. Öğretmen adayları GeoGebra kullanarak kendi materyallerini geliştirebilmişlerdir. Fizik öğretmen adaylarının bilgisayar destekli materyallerini kendilerinin geliştirebilmesi için fırsat tanınmasının gelecekte teknolojiden faydalanabilen öğretmenlerin yetişmesine katkı sağlayabileceği yazarlar tarafından vurgulanmıştır.

Ünsal ve Akay (2020), bir devlet okulunda okuyan 10. sınıf öğrencilerinden oluşan deney grubu ile GeoGebra yazılımı kullanılarak, kontrol grubu ile GeoGebra yazılımı kullanılmadan işlediği 6 haftalık matematik dersi işlenmiştir. Öntest ve sontest olarak uygulanan matematik kaygı ölçeği ile matematik başarı testleri kontrol grubu ve deney grubu için karşılaştırılmıştır. Öntest ve sontestler sonucunda deney grubundaki öğrencilerin daha düşük matematik kaygısı ve daha yüksek matematik başarıları sergiledikleri bulunmuştur.

Hem nicel hem de nitel olarak uygulanan araştırmanın nitel kısmında öğrencilere GeoGebra'nın başka derslerde de uygulanmasını isteyip istemedikleri ve en çok hangi derste kullanılmasını istedikleri sorulmuştur ve deney grubundaki 34 öğrenciden 30'u matematik dersinden başka derslerde de kullanılmasını istediklerini, 30 öğrenciden 23'ü ise en çok fizik dersinde kullanılmasını istediklerini vurgulamıştır.

van Borkulo, Chytas, Drijvers, Barendsen ve Tolboom (2021), Hollanda'da bir okulda 12. sınıf öğrencilerine matematik derslerinde kullanmak için GeoGebra'yı tanıtarak çalışma kitabı ve GeoGebra ödevleri vermişlerdir ve öğrencilerin BİD becerilerinden ikisi olan algoritmik düşünme ve genelleme becerilerini incelemişlerdir. Öğrenciler başlarda teknoloji ile sıkıntı yaşasa da materyal tasarlanmanın arka planındaki BİD yaklaşımlarına aşinalık kazanmışlardır ve daha sonra çalışmaları verimli geçmiştir. Sonuç olarak GeoGebra algoritmik düşünme ve genelleme gibi BİD becerilerinin geliştirmek için uygun bir araçtır.

Aktaş (2022) yüksek lisans tezinde Türkiye'de bir üniversitede GeoGebra kullanmayı bilen ve not ortalaması yüksek olan dört matematik öğretmeni adayı ile çalışmıştır. Çalışmanın amacı teknoloji destekli matematiksel modelleme sürecinde matematik öğretmen adaylarının sergilediği BİD zihinsel eylemlerini incelemektir. Araştırmacı, öğretmen adaylarına iki problem yönelmiştir ve öğretmen adaylarının bu problemleri GeoGebra kullanarak çözmelerini istemiştir, bu süreçte ise ekran kaydı tutmuştur. Matematiksel modelleme sürecinin her aşamasında katılımcılar BİD zihinsel eylemleri sergilemişlerdir ve en çok gözlemlenen BİD becerisi soyutlama iken en az gözlemlenen beceri hata ayıklama olmuştur.

Kirikçılar ve Yıldız (2018), Türkiye'de görev yapan ve GeoGebra bilen üç ortaokul öğretmeni ile yaptığı çalışmada gözlem formları ve yarı-yapılandırılmış mülakatlarla katılımcıların TPAB seviyelerine yönelik yorum yapmışlardır. Araştırmacılar, öğretmenlerin derslerinde GeoGebra'yı kullanırken soyut kavramları somutlaştırdığını vurgulamıştır. Katılımcı öğretmenler derste teknoloji kullanımına göre seviyelendirilmiştir. Bir numaralı öğretmen 2. seviye, iki numaralı öğretmen 1. seviye, 3 numaralı öğretmen 3. seviye derste teknoloji kullanımına sahiptir. Bir numaralı öğretmenin alan bilgisi ve teknoloji bilgisi iyi olduğu halde teknolojiyi sadece görselleştirme amacı ile kullandığı ve öğrencilerin kavram yanlışlarını gözardı ettiği için PAB'ı yetersiz bulunmuştur. İki numaralı öğretmenin ise teknoloji bilgisine sahip olmasına rağmen alan ve pedagojik

bilgisinde eksiklikler olduğu gözlemlendiği için TPAB’ından bahsedilememiştir. Üç numaralı öğretmen teknoloji kullanarak günlük hayatla ilişkili aktiviteler hazırlayabildiği gözlemlenmiştir ve TPAB seviyesi yeterli bulunmuştur.

Akyüz (2016), bir devlet üniversitesinde haftada dört saat verilen ve seçmeli bir ders olan “Geometriyi Dinamik Geometri Programları Kullanarak Keşfetme” dersini alan 3. sınıf, 4. sınıf ve yüksek lisans öğrencilerinden oluşan 80 öğrencinin TPAB seviyesini incelemiştir. Öğrencilerden matematik müfredatından 4 kazanım seçmeleri ve her bir kazanım ile ilgili GeoGebra kullanarak materyal geliştirmeleri, bu materyal ile bir ders planı ve çalışma yaprağı hazırlamaları istenmiştir. “Geometriyi Dinamik Geometri Programları Kullanarak Keşfetme” farklı dönemlerde farklı yöntemler izlenerek işlenmiştir ve bunlar etkinlik tabanlı, problem çözmeye dayalı ve tasarım tabanlı yöntemlerdir. Akyüz farklı öğretim yöntemlerinin öğrencilerin TPAB oranlarına etkisini de incelemiştir. Araştırmaya göre problem çözmeye dayalı yöntem (%18) en düşük, tasarım tabanlı yöntem (%60) en yüksek TPAB başarı oranına sahiptir.

Daha önce de ifade edildiği gibi fizik ve BİD ile ilgili bir çalışmaya YÖK’ün tez sayfasında rastlanmamıştır. Uluslararası makale veritabanlarında da GeoGebra destekli fizik dersi ile BİD’in bir arada çalışıldığı araştırmalara rastlanılmadığı için GeoGebra - BİD ve matematik ile ilgili sınırlı sayıdaki araştırmalardan örnek verilmiştir. Aynı şekilde GeoGebra destekli fizik dersi ile TPAB’ın birlikte çalışıldığı uluslararası makale veritabanlarında makale bulunamadığı için GeoGebra-TPAB ve matematik ile ilgili olan araştırmalardan örnek verilmiştir. İlgili araştırmalar bağlamında Geogebra sadece matematik dersi için değil fizik dersi için de etkili olabilecek bir teknolojik araçtır. GeoGebra kullanımının öğrencilerin (bazı çalışmalarda ise öğretmen ve öğretmen adaylarının) BİD becerilerine katkı sağladığı bulunmuştur. Bazı çalışmalarda ise GeoGebra kullanımına bağlı olarak öğretmen ve öğretmen adaylarının TPAB seviyeleri ile ilgili yorumlamalar yapılmıştır.

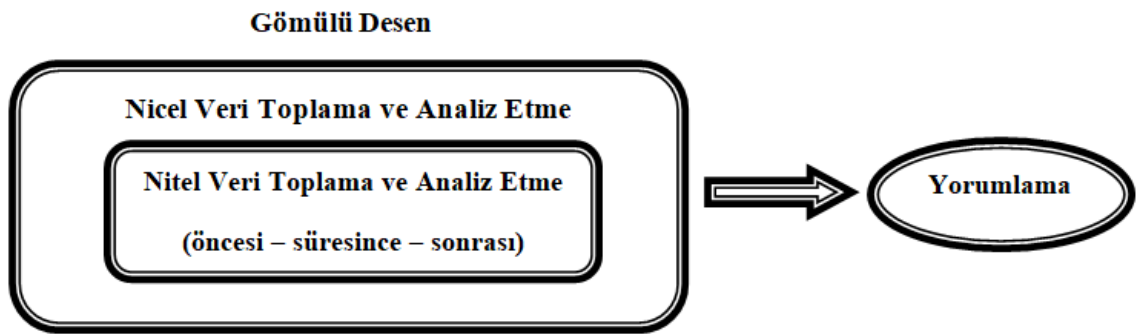
İlgili araştırmalar bağlamında fizik dersinin öğretilmesi, BİD becerilerinin geliştirilmesi ve TPAB uygulamaları için GeoGebra’nın etkili bir araç olduğu düşünülmüştür. Bu araştırmada GeoGebra kullanarak fizik dersi için öğretim materyali tasarlayan fizik öğretmen adaylarının sergiledikleri BİD becerilerini belirlemek, TPAB düzeylerinin değişimini incelemek ve GeoGebra kullanımı ile ilgili görüşlerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

BÖLÜM 3. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın deseni, katılımcılar, veri toplama araçları, uygulama süreci, verilerinin toplanması, verilerin analizi, geçerlik ve güvenirliği ve araştırmacının rolü ile ilgili ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir.

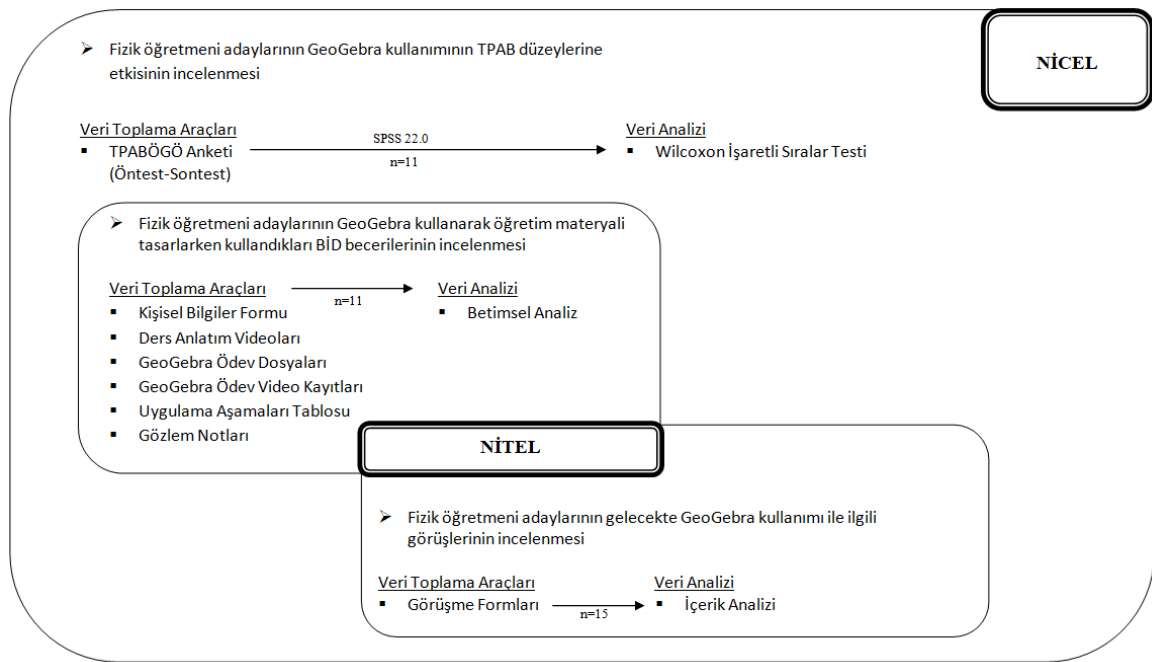
3.1. Araştırma Deseni

Fizik öğretmen adaylarının GeoGebra kullanımının TPAB düzeylerine etkisini belirlemek, GeoGebra kullanarak öğretim materyali tasarlarken kullandıkları Bilgi İşlemsel Düşünme Becerilerini incelemek ve GeoGebra kullanımı ile ilgili görüşlerini tespit etmek amacıyla yürütülen bu çalışmada karma araştırma yöntemi kullanılmıştır. Karma araştırma yöntemleri araştırma sorularının hem nicel hem de nitel verilerin toplanmasını ve analiz edilmesini gerektiren durumlarda kullanılmaktadır (Creswell ve Creswell, 2017). Bu çalışmada karma araştırma yöntemi desenlerinden gömülü deneysel desen kullanılmıştır (Creswell ve Plano Clark, 2017). Fizik dersinde öğretmen adaylarının GeoGebra kullanımına yönelik yeni bir ders modülü tasarlandığı, uygulandığı ve bunun TPAB düzeylerine etkisi araştırıldığı için Cohen, Manion ve Morrison (2018)'nin belirttiği gibi yeni bir öğretim metodunun veya bir müfredat yeniliğinin geliştirilip uygulandığı ve bahsedilen yeniliğin etkisine atıfta bulunmak amacıyla yapılan araştırmalarda tek gruplu deneysel desenin tercih edilmesi araştırmanın doğası gereği olabilmektedir. Bu çerçevede araştırmada geliştirilen GeoGebra ile Fizik öğretim materyali ders modülünün etkisini ölçmek amacıyla nicel deneysel desen olarak tek örneklem öntest - son test zayıf deneysel kullanılmıştır (Fraenkel, Wallen & Hyun, 2022). Araştırmada kullanılan gömülü deneysel desen Şekil 3.1'ge gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Gömülü Desen (Creswell ve Plano Clark, 2017'den Türkçe'ye uyarlanmıştır.)

Karma araştırma gömülü deneysel desen olarak yürütülen araştırma sürecinin veri toplama sürecinin detaylı gösterimi Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Buna göre öncelikle nicel aşamada deneysel desen kullanılarak ilk soru sorulmuş ve bu sürece bağlı olarak gömülü bir şekilde nitel aşamada durum çalışması ile diğer araştırma soruları sorulmuştur. Bu bağlamda ilk olarak nicel deneysel desen kapsamında ön test olarak TPAB ölçeği uygulanmıştır. İkinci olarak nicel deneysel desen arasına nitel durum çalışması gömülerek süreçte öğrencilerin BİD becerileri ile sürece yönelik görüşleri belirlenmiştir. Betimsel araştırma yöntemlerinden biri olan durum çalışması eğitim bilimlerinde de kullanılır (Paker, 2015). Durum çalışmaları daha çok ayrıntı, zenginlik ve derinlik içerir (Flyvbjerg, 2011). Son olarak nicel deneysel desen kapsamında son test olarak tekrar TPAB ölçeği uygulanmıştır. Elde edilen bütün nicel ve nitel veriler birlikte yorumlanarak GeoGebra ile Fizik öğretim materyali tasarlama ders modülünün değerlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 3.2 Araştırma Diyagramı

3.2. Katılımcılar

Bu çalışma Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi’nde Fizik Öğretmenliği okuyan gönüllü öğretmen adaylarıyla yürütülmüştür. Katılımcılara 5 hafta süre ile GeoGebra yazılımı tanıtılırken, GeoGebra ile nasıl materyal tasarlayabilecekleri de uygulamalı olarak örneklerle gösterilmiştir.. Her ne kadar BİD ve TPAB çerçevesinde uygulansa da tek başına

GeoGebra'nın etkisinin değerlendirildiği bu çalışmada bu kavramların bahsinin sonucu etkileyebileceği düşünülerek katılımcılara bu kavramlarla ilgili bilgi verilmemiştir. Gönüllülük esasına göre 2023-2024 Eğitim-Öğretim Bahar yarıyılında Fizik öğretmenliği okuyan 19 katılımcı ile başlayan çalışmada, uygulama derslerine en fazla bir kez katılan, en az iki derse katıldığı halde uygulama sürecinde hiç ödev teslim etmeyen, daha önceden GeoGebra bilen ve TPABÖGÖ anketini geç dolduran toplamda 8 kişi veri setinden çıkarılmıştır. Derslere katılım ve ödev teslimi katılımcıların GeoGebra ile etkileşim halinde olduğunun bir göstergesidir. Bu sebeple araştırmanın nitel olarak tasarlanan fizik öğretmeni adaylarının GeoGebra kullanarak öğretim materyali tasarlarlarken kullandıkları Bilgi İşlemsel Düşünme Becerilerinin incelendiği ilk aşama için derslere katılım gösteren, ödev teslim eden ve TPABÖGÖ anketini dolduran toplamda 11 katılımcının BİD becerileri incelenmiştir.

Araştırmanın nicel olarak tasarlanan fizik öğretmeni adaylarının GeoGebra kullanımının TPAB düzeylerine etkisinin incelendiği ikinci aşamada da derslere katılım gösteren, ödev teslim eden ve TPABÖGÖ anketini dolduran toplam 11 katılımcının TPAB seviyeleri öntest ve sontest olarak uygulanan TPABÖGÖ anketinin sonuçları değerlendirilmiştir.

Araştırmanın nitel olarak tasarlanan katılımcıların GeoGebra kullanımı ile ilgili görüşlerinin incelendiği üçüncü aşamada Düzgün Çembersel Hareket - Basit Harmonik Hareket (DÇH-BHH) ve Momentum ödevlerine katılan 15 katılımcının görüş formu dikkate alınmıştır. DÇH-BHH ve Momentum ödevlerini uygulayacak kadar GeoGebra ile ilgili bilgi sahibi olmaları görüşlerini değerli kılmıştır. İlk iki aşamada veri setinden çıkarılma sebeplerinin anketin uygulanmasından doğan sorunlar ya da ödev teslimi ile ilgili olması unutulmamalıdır, bahsi geçen durumlardan ilk iki aşamada veri setinden çıkarılsa da 2 katılımcı derse devam etmiş ve GeoGebra ile etkileşimde bulunmuştur. Derslere bir kez katılım gösterse de yüzyüze ve çevrimdışı dersler video paylaşım platformuna yüklendiği için ders videolarının izleyici sayısı göz önüne alındığında videoları takip eden ve ödev teslim eden 2 katılımcı da Görüşme Formu dikkate alınan 15 kişinin içerisinde yer almaktadır.

İlk iki aşamada veri setine dahil edilen 11 öğretmen adayı ile ilgili bazı demografik bilgiler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Fizik Öğretmen Adaylarına Ait Bazı Demografik Bilgiler

	Cinsiyet	Sınıf	Kişisel Bilgisayar	Bilgisayar Kullanma Sıklığı	Bilgisayar Kullanma Amacı	Bilgisayar Kullanma Düzeyi
Ö1	Kadın	3. sınıf	Var	Haftada 1-3 gün	Ödev	Yetersiz
Ö2	Kadın	3. sınıf	Var	Günde 1-2 saat	Film izlemek, Ödev	Yetersiz
Ö3	Erkek	3. sınıf	Var	Günde 4 saatten fazla	Yazılım	Yeterli
Ö4	Erkek	2. sınıf	Yok	Günde 1-2 saat	Oyun oynamak, Ödev, fotoshop	Yeterli
Ö5	Kadın	3. sınıf	Var	Haftada 1-3 gün	Oyun oynamak, Film izlemek, Ödev	Yeterli
Ö6	Erkek	3. sınıf	Var	Haftada 1-3 gün	Oyun oynamak, Film izlemek, Ödev	Yeterli
Ö7	Kadın	3. sınıf	Var	Haftada 1-3 gün	Ödev	Yeterli
Ö8	Erkek	3. sınıf	Var	Günde 1 saatten az	Ödev	Yeterli

Ö9	Erkek	3. sınıf	Var	Günde 1-2 saat	Araştırma, Ödev, Yazılım	Yeterli
Ö10	Erkek	3. sınıf	Var	Günde 3-4 saat	Film izlemek	Çok iyi
Ö11	Erkek	3. sınıf	Var	Günde 1-2 saat	Oyun oynamak, Film izlemek, Ödev	Yeterli

Katılımcıların gerçek isimleri kullanılmayıp bunun yerine sırayla 11 katılımcıya Ö ile başlayan ve numarayla devam eden kodlar verilmiştir. Katılımcıların cinsiyetleri, sınıfları, kişisel bilgisayar sahibi olup olmadığı, bilgisayar kullanma sıklığı, bilgisayar kullanma amacı ve bilgisayar kullanma düzeylerini nasıl tanımladıklarına ait demografik bilgiler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Katılımcıların Bazı Demografik Özelliklerine Ait Frekans Analizi

Değişken	Kategori	f	%
Cinsiyet	Kadın	4	36,4
	Erkek	7	63,6
Sınıf	2. sınıf	1	9,1
	3. sınıf	10	90,9
Bilgisayar Kullanabilme Düzeyi	Yetersiz	2	18,2
	Yeterli	8	72,7
	Çok iyi	1	9,1

Katılımcıların cinsiyet, sınıf ve bilgisayar kullanma düzeylerine ait frekans analizi SPSS 22.0 programıyla yapılmıştır ve Tablo 3.2’de verilmiştir. Katılımcıların 4’ü kadın ve 7’si erkektir. Katılımcılar arasından bir kişi 2. sınıf öğrencisi ve on kişi 3. sınıf öğrencisidir. Ek-2’de verilen Kişisel Bilgiler Formunda bulunan “Mevcut bilgisayar bilginizi nasıl tanımlarsınız?” sorusuna 2 öğrenci tarafından “Yetersiz. (Başkalarından yardım alırım.)”, 8 öğrenci tarafından “Yeterli. (Karşılaştığım problemleri kendim çözebilirim, ihtiyaç duyduğum programları kullanabilirim.)”, 1 öğrenci tarafından “Çok iyi. (Web tasarımı, yazılım vb. yapabilirim.)” cevapları verilmiştir.

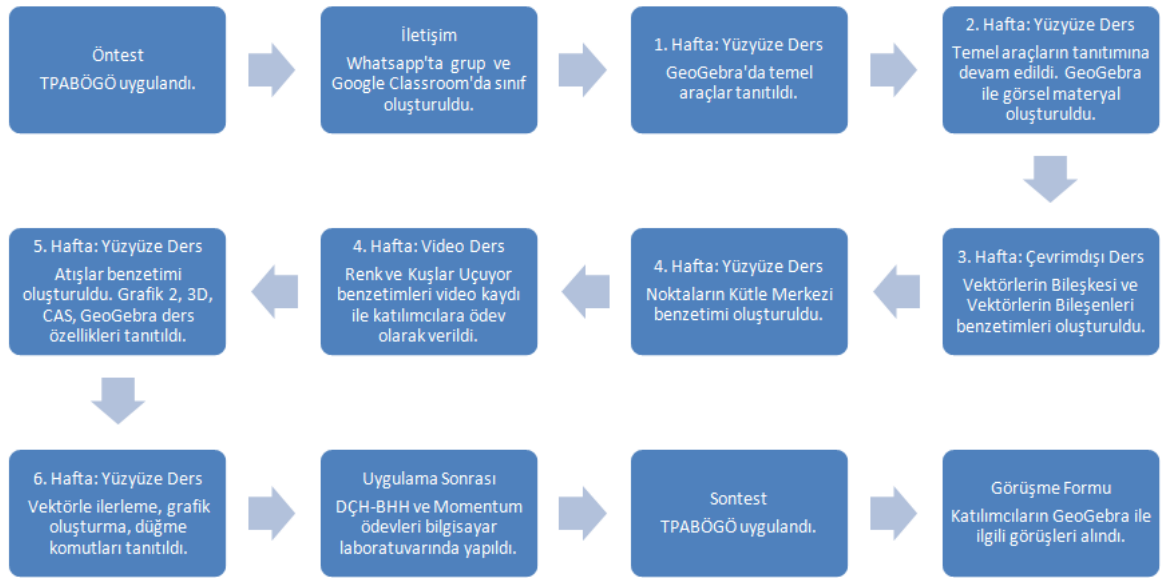
3.3. Veri Toplama Araçları

Nicel veri toplama yöntemi olarak katılımcıların TPAB yeterlikleri ön-test ve son-testlerle ölçüldü. Ön-test ve son-test olarak TPAB ile ilgili likert ölçeği kullanılmıştır. TPAB ölçeği olarak ise Graham, Burgoyne, Cantrell, Smith ve Harris (2009) tarafından geliştirilen Timur ve Taşar’ın (2011) Türkçe’ye çevirdiği Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Öz Güven Ölçeği (TPABÖGÖ) kullanılmıştır. Timur ve Taşar tarafından Cronbach’s Alpha güvenirlik

katsayısı .92 bulunan TPABÖGÖ'nün kullanılması ile ilgili mail yoluyla izin alınmıştır. Çalışmanın nitel kısmında ise durum çalışması ile katılımcıların süreç içerisinde sergiledikleri BİD becerilerini değerlendirmek için doküman analizi, görüşme formları ve gözlem notları kullanılmıştır. Çalışma için Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulundan etik kurul izni alınmıştır.

3.4. Uygulama Dersleri Süreci

Uygulama dersleri araştırmacı tarafından yapıldı. Katılımcılarla iletişim için mesajlaşma grubu ve Classroom aracılığıyla “GeoGebra Öğreniyorum” sınıfı oluşturuldu. 5 hafta yüzyüze bir hafta çevrimdışı yapılan uygulama sürecinde katılımcılara GeoGebra tanıtıldı. Derslerin video kayıtları bir çevrimiçi video platformuna yüklenerek Classroom üzerinden katılımcılarla paylaşıldı.



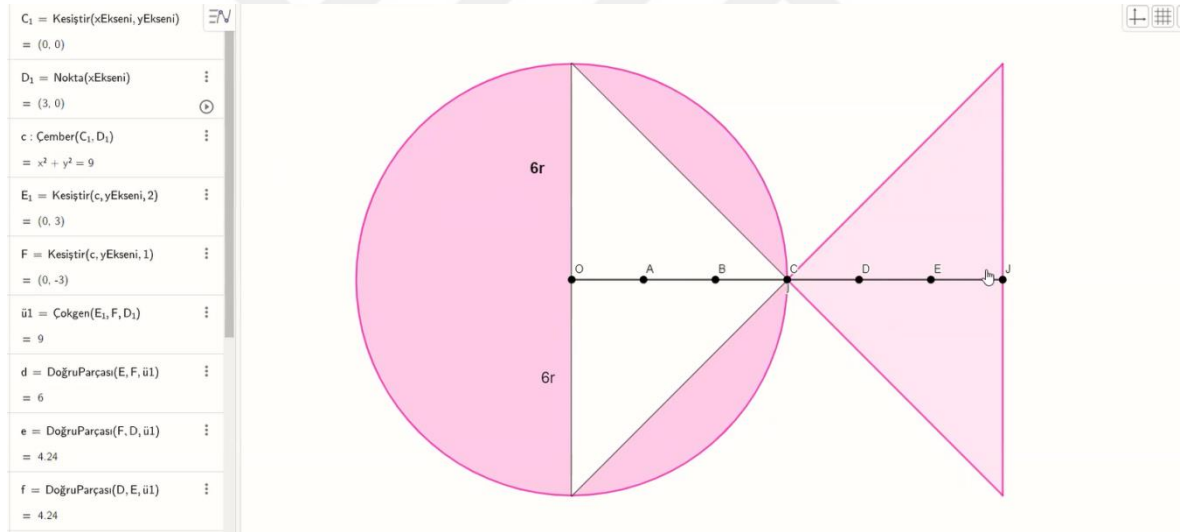
Şekil 3.3 Araştırmanın Uygulama Süreci Aşamaları

GeoGebra araçlarının fizik benzetimlerinde nasıl kullanılabileceğine dair her hafta farklı özelliklerin kullanılması ve tanıtılması amacıyla 6 haftalık dersler planlanmıştır. Her hafta için 9.00- 10.30 arası 90 dakika sürecek bir ders içeriği hazırlanmıştır.. Bu derslerin içeriği oluşturulduktan sonra çalışmanın amacına uygunluğu için bir fizik öğretmeni ve bir fizik eğitimi akademisyeninden uzman görüşü alınarak düzenlemeler yapılmıştır. Uzman onayının ardından araştırma grubundaki katılımcılardan farklı küçük bir grupla pilot çalışma

yapılmıştır. Pilot çalışmada alınan notlarla son düzenlemeler yapılmış ve çalışmanın son hali oluşturulmuştur.

İlk hafta katılımcılara GeoGebra sitesinden ve indirerek GeoGebra'yı nasıl açacakları gösterilmiştir. Öğrencilere araçlar ile ilgili notlar alabilmeleri için 1.Hafta-1.Ders Planı (EK-1) not kağıdı dağıtılmıştır. GeoGebra'da araç çubuğu, stil çubuğu, cebir penceresi ve grafik penceresi araçları tanıtılmıştır. Katılımcılar, araştırmacının gösterdiklerinin yanı sıra kendileri de araçları denemişlerdir.

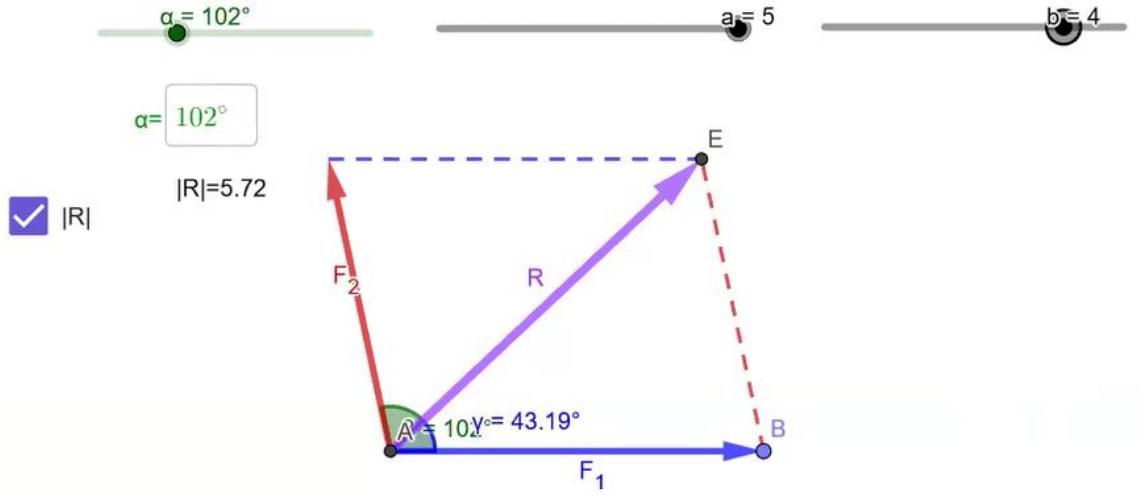
İkinci hafta GeoGebra araçlarının ve ayarlarının gösterimine devam edildi. GeoGebra ile nasıl görseller oluşturabilecekleri gösterilmiştir. Dersin sonunda katılımcılardan Fizik ile ilgili bir görseli GeoGebra aracılığıyla çizmelerinin istendiği “GeoGebra ile Çizim” ödevi verilmiştir. Derste araştırmacının katılımcılara örnek olarak yaptığı görsel Şekil 3.4’de verilmiştir. Katılımcıların ödevleri Bulgular bölümünde gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Araştırmacının GeoGebra ile Yaptığı Görsel

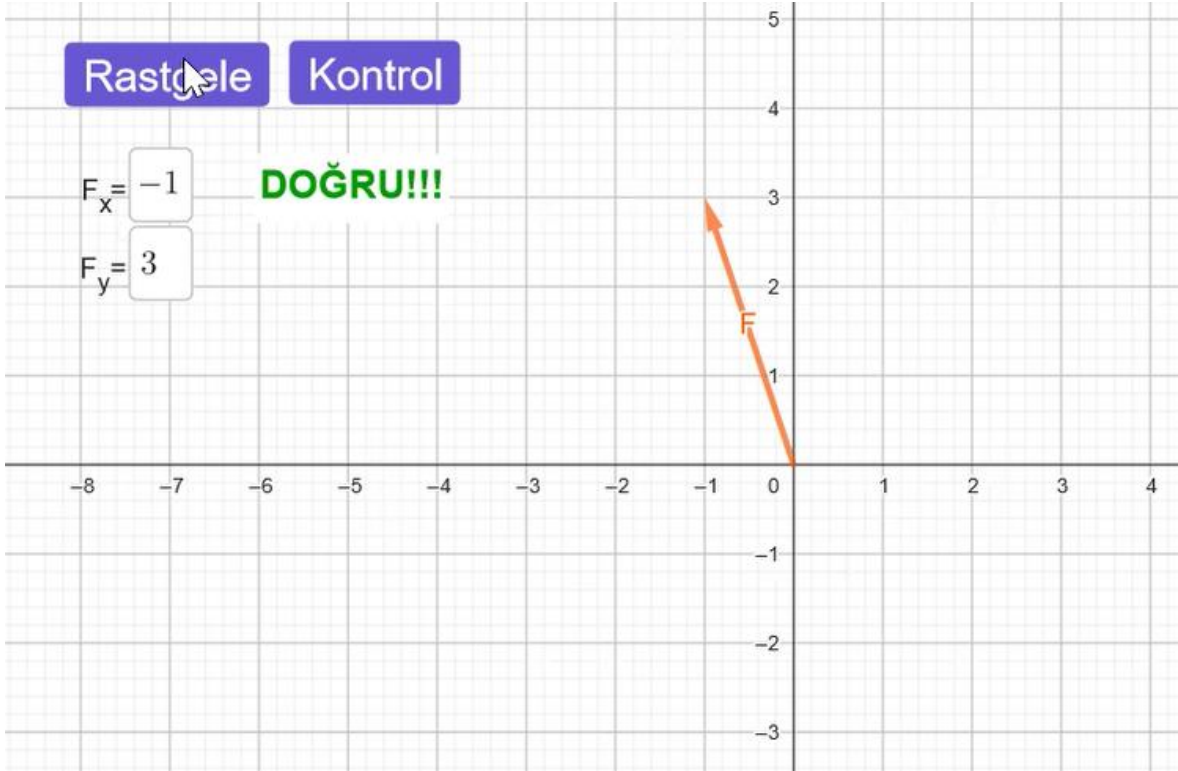
Üçüncü hafta araştırmacı iki adet benzetim tasarımının videosunu öğrencilerle paylaşarak onların da aynısını yapıp Classroom'a ödev olarak yüklemelerini istemiştir. İlk video derste araç çubuğundan Sürgü, Verilen Uzunlukta Doğru Parçası, Doğru, Verilen Ölçüde Açık, Çember: Merkez & Yarıçap, Kesiştir, Vektör, cebir penceresi ile vektörleri toplama, Paralel Doğru, Nesneyi Göster/Gizle, Etiket Göster/Gizle, Açık, İşaret Kutusu, Metin, Girdi Kutusu, Uzunluk araçları kullanılmıştır. Stil çubuğundan renk, kalınlık, ekrandaki mutlak yer, kilitli nesne araçları tanıtılmıştır. Cebir penceresi ile mutlak değer bulma, grafikte eksen ve ızgaraları kaldırma gösterilmiştir. Nesne ayarlarından “Ad değiştir”

kullanılmıştır. Hem dersin videosu, hem de benzetimin bağlantısı öğrencilerle paylaşılmıştır. Şekil 3.5'te Vektörlerin Bileşkesi benzetiminin resmi verilmiştir. Katılımcılara da aynı benzetimi yapmaları için Vektörlerin Bileşkesi ödevi verilmiştir.



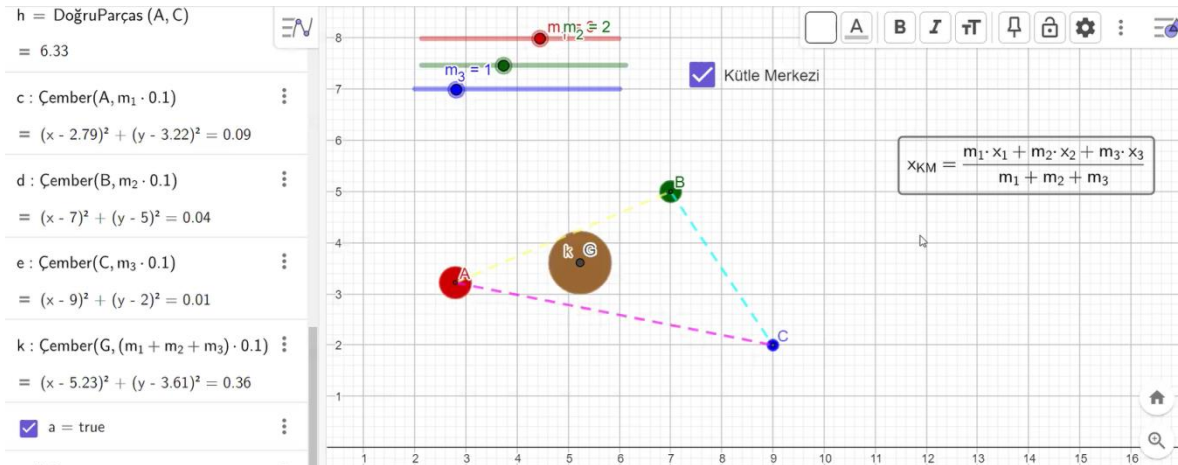
Şekil 3.5 Video Ders: Vektörlerin Bileşkesi Benzetimi

İkinci video derste cebir penceresinden Dizi ile RastgeleÖge komutları, bir noktanın x ve y bileşenlerinin cebir penceresinde nasıl bulunduğu, Nesneyi gösterme şartından $\wedge$ (ve) ve $\vee$ (ya da) şartları tanıtılmıştır. Nokta, vektör, girdi kutusu, düğme, metin araçları kullanılmıştır. Rastgele ve Kontrol düğmeleri için betikler gösterilmiştir. Şekil 3.3'te dersten bir ekran kaydı verilen ve Vektörlerin Bileşenleri olarak adlandırılan, Rastgele düğmesine bastıkça değişen vektörlerin x ve y bileşenlerini F_x ve F_y isimli girdi kutularına doğru yazınca "DOĞRU!!!", yanlış yazınca "Tekrar Dene!" dönütleri veren bu benzetim katılımcılara da ödev olarak verilmiştir.



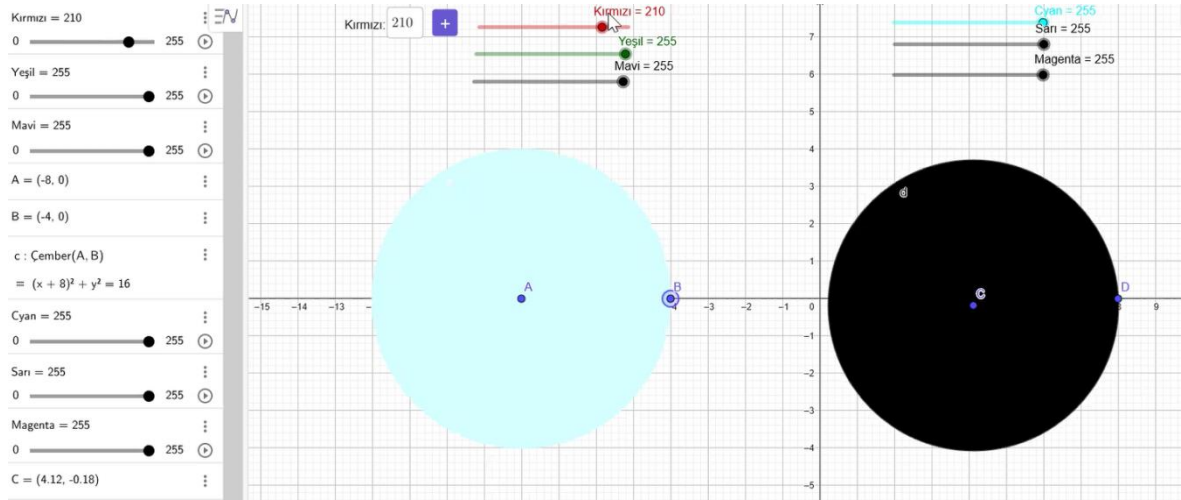
Şekil 3.6 Vektörlerin Bileşenleri Dersinin Ekran Görüntüsü

Dördüncü hafta Şekil 3.7’te verilen Noktaların Kütle Merkezi isimli benzetim yapılmıştır. Benzetimde, nokta, çember: merkez&yarıçap, sürgü, işaret kutusu, metin araçları kullanılmıştır ve bunlara ait stiller ile ayarlar tekrar edilmiştir. Cebir penceresine formüller girerek sayısal veriler oluşturulmuştur. Nesnelerin gelişmiş özelliklerinden renkler tanıtılmıştır. Kütle sürgüleri değiştirilince boyutları değişen nesnelerin, yerleri ve kütleleri değiştirilince kütle merkezi G noktasının nasıl değiştiğinin gözlemlendiği bu benzetim de öğrencilere Noktaların Kütle Merkezi ödevi olarak verilmiştir.



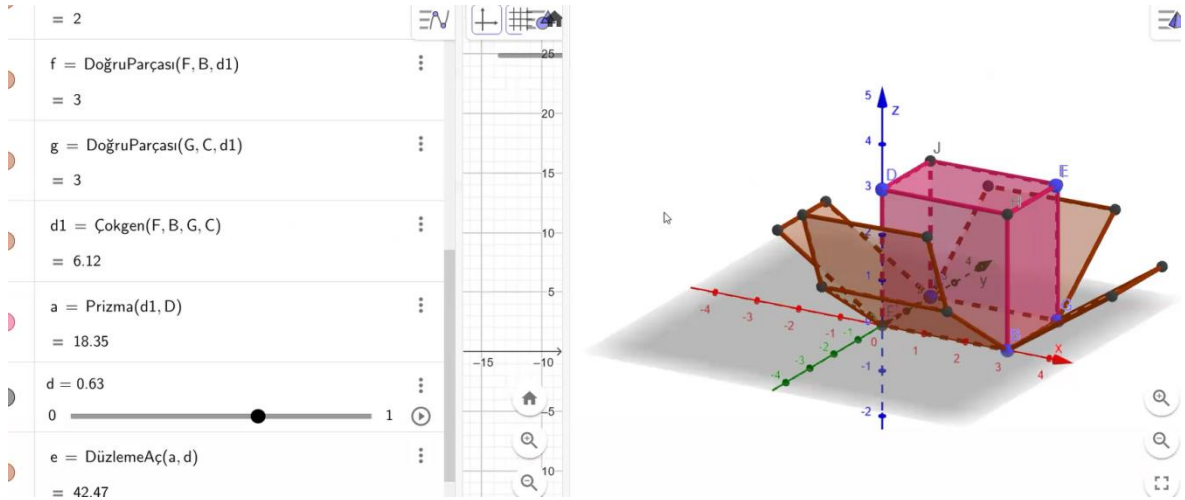
Şekil 3.7 Noktaların Kütle Merkezi Dersinden Ekran Görüntüsü

Dördüncü haftaki dersin ardından iki benzetimin yapımını gösteren iki video kaydı öğrencilerle paylaşılmıştır. İlk video olan Renk Simülasyonu, ışık ve boya renkleri ile ilgili bir benzetim gösterilmiştir ve katılımcılara ödev olarak verilmiştir.



Şekil 3.8 Renk Simülasyonu Video Dersin Ekran Görüntüsü

Şekil 3.9’da ekran görüntüsü verilen Kuşlar Uçuyor isimli ikinci video derste cebir penceresinde fonksiyon oluşturma ve grafik penceresinde oluşan fonksiyon grafiği gösterilmiştir. Cebir penceresindeki Kalan ve Eğer komutu tanıtılmıştır. Fonksiyona bağlı bir nokta ile grafik boyunca kanat çırpın bir kuş ve cebir penceresinde zamana bağlı konum denklemi ile grafik penceresi üzerinde hareket eden nokta oluşturularak, bu noktaya bağlı giden araba benzetimi oluşturulmuştur. Bu benzetim katılımcılara ödev olarak verilmiştir.



Şekil 3.11 Beşinci Haftaki Dersin Ekran Görüntüsü

Altıncı hafta, cebir penceresinde liste oluşturma, Ağırlık Merkezi ve Kütle Merkezi komutu, vektör üzerinde bir noktanın hareket etmesi, grafik penceresinde bir köşeye nasıl grafik eklenebileceği, düğmelerde ise AyarlaDeğer ve RastgeleArasında komutları gösterilmiştir. Vektörle ilerleme ve Grafik ekleme özelliklerini kullanarak kendi özgün benzetimlerini yapmaları için katılımcılara beş gün arayla açık uçlu iki ödev verilmiştir.

3.5. Verilerin Toplanması

3.5.1. Uygulama Dersleri Öncesi

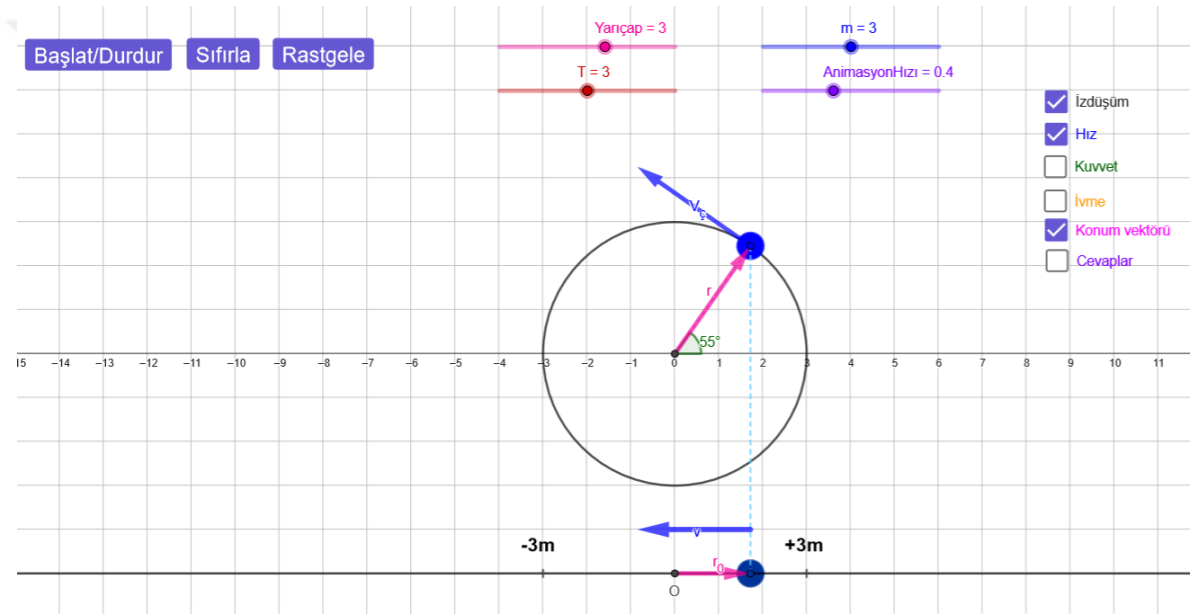
Uygulama derslerinden önce ilk olarak katılımcılara Kişisel Bilgiler Formu(EK-2) ve ardından TPAB ölçeği olarak ise Timur ve Taşar'ın (2011) Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Öz Güven Ölçeği öntest olarak uygulanmıştır.

3.5.2. Uygulama Dersleri Süreci

Uygulama dersleri sürecinde verilen ödevler katılımcılar tarafından Classroom'a yüklenmiştir. Bu ödev dosyaları veri olarak kaydedilmiştir. Açık uçlu grafik ve vektörle ilerleme ödevleri aracılığıyla katılımcıların benzetimleri TPAB çerçevesinde incelenmek istese de bu ödevler pek yapılmadığı için sadece birkaç ödev ile ilgili TPAB çerçevesinde birkaç cümlelik yorumlar yapılmıştır. Uygulama derslerinde araştırmacı tarafından gözlem notları tutulmuş ve derslerin video kayıtları alınmıştır.

3.5.3. Uygulama Dersleri Sonrası

5 hafta yüzyüze 1 hafta çevrimdışı verilen GeoGebra dersleri bittikten iki hafta sonra katılımcılarla tekrar bir araya gelinmiştir. Düzgün Çembersel Hareket ve Basit Harmonik Hareket (DÇH-BHH) benzetimi gösterilmiş ve GeoGebra kullanarak yapımları istenmiştir. Uygulamaya geçmeden önce katılımcıların benzetim tasarlarken nasıl planlama yaptıklarını gözlemleyebilmek için Uygulama Aşamaları tablosunu (EK-3) doldurmaları ardından uygulamaya geçmeleri istenmiştir. Katılımcıların GeoGebra ile yaptıkları çalışma süreci katılımcılar tarafından kayıt altına alınmıştır. Kayıtlar ve dosyalar araştırmacıya gönderilmiştir.



Şekil 3.12 DÇH-BHH Benzetimi

Katılımcıların kendi tasarımlarını gözlemleyebilmek için Merkezi Esnek Çarpışma ve Merkezi Olmayan Esnek Olmayan Çarpışma konularından birini seçerek GeoGebra’da kendi benzetimlerini yapımları istenmiştir. DÇH-BHH benzetiminde olduğu gibi Uygulama aşamaları tablosu doldurulmuş ve ardından GeoGebra’da benzetim için çalışılmıştır. Bu süreçte ekran kayıtları alındı ve GeoGebra dosyaları ile birlikte araştırmacıya gönderilmiştir.

Tüm bu çalışmalardan sonra katılımcılara Timur ve Taşar’ın (2011) Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Öz Güven Ölçeği (TPABÖGÖ) son test olarak tekrar uygulanmıştır.

Son olarak katılımcıların GeoGebra ile ilgili görüşlerinin alındığı bir görüşme formu (EK-4) uygulanmıştır.

3.6. Verilerin Analizi

Öntest uygulandığında katılımcı sayısı 19 iken, sontest uygulandığında katılımcı sayısı 11'e düşmüştür. Sonteste katılmayan katılımcıların verileri nicel araştırma verilerinden çıkarılmıştır ve araştırmanın nicel kısmı 11 katılımcının verileri ile değerlendirilmiştir. Öntest ve sontest olarak uygulanan TPABÖGÖ ölçekleri parametrik olmayan dağılım gösterdiği için Wilcoxon İşaretli Sıralar testiyle SPSS 22.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Nitel süreçte öntest-sonteste katılan ve sürece dahil olan katılımcıların GeoGebra dosyaları betimsel analiz yapılarak değerlendirilmiştir. Sonteste dahil olmayan ancak DÇH-BHH ve Momentum ödevlerine dahil olan ve süreç içerisinde GeoGebra'yı deneyimledikleri için görüşleri değerli görülen 15 katılımcının görüş formları ise içerik analizi ile değerlendirilmiştir.

3.7. Geçerlik ve Güvenirlik

Nicel araştırmaların geçerliği kullanılan yöntemlerin amaca uygunluğu ile ölçülür (Yağar & Dökme, 2018). Bu araştırmada kullanılan nicel ölçme aracı olarak kullanılan TPABÖGÖ öntest ve sontesti ölçeğin geliştiricileri tarafından değerlendirilmiştir ve bir çok araştırmada kullanılmıştır. Nicel çalışmalarda ölçme yöntemi birden fazla kez kullanıldığında da aynı sonucu veriyorsa güvenilirlerdir; ancak nitel çalışmada bundan bahsedilemez (Yağar & Dökme, 2018). Nitel çalışmaların geçerliği ve güvenirliliğini sağlamak adına fikir birliğine varılmış stratejiler olmamasına rağmen birçok strateji belirlenmiştir ve nitel çalışma yapan araştırmacıların çalışmalarının geçerlik ve güvenirliliğini bu stratejilerden en az ikisini kullanarak değerlendirmesi önerilmiştir (Creswell & Miller, 2000; akt. Uzun, Avcı, İğrek, & Yıldız, 2021). Bu çalışmada nitel yöntemlerin geçerliği artırmak için Creswell ve Miller (2000) tarafından önerilen stratejilerden üçü olan çeşitleme, zengin ve yoğun betimleme ile uzman değerlendirmesi stratejileri kullanılmıştır. güvenirliliği sağlamak için veriler kayıt altına alınmıştır ve dijital ortamda kopyalanmıştır.

Katılımcıların GeoGebra uygulama aşamaları ve ödevlerinin betimsel analizi ile görüşme formunun içerik analizi iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak değerlendirilmiş

ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu fikir ayrılığı olan durumlarda ortak bir karara varılmıştır.

Katılımcıların görüşme formundaki cevapları incelenerek iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak kodlar oluşturulmuş ve ardından kodların tutarlılığı karşılaştırılmıştır, görüş ayrılığı olan kodlarda ortak bir karara varılmıştır. Kodların içeriğine bakılarak aynı şekilde iki araştırmacı bağımsız olarak ortak temalar oluşturmuştur ve temaların tutarlılığı için toplanılıp karşılaştırma yapılmıştır. Görüş ayrılığı olan konularda ortak bir karara varılmış, araştırmacıların ortak karara varamadığı bölümlerde üçüncü bir uzmanın görüşlerinden yararlanılmıştır. Son olarak üçüncü bir uzmanın incelemesi ve onay vermesi ile verilerin analizi yapılmıştır. Bulgular bölümünde kodlar, temalar ve katılımcı cevaplarından oluşan alıntılara yer verilmiştir.

3.8. Araştırmacının Rolü

GeoGebra'nın BİD ve TPAB becerilerine etkisi incelendiği için BİD ve TPAB ile ilgili bilgi vermek GeoGebra'nın etkisinin gözlemlenmesini perdeleyebileceği için katılımcılara bu kuramlar ile ilgili bilgi verilmemiştir. Araştırmacı katılımcılara 3.4. Uygulama Sürecinde ayrıntılı bir şekilde anlatılan GeoGebra araçlarını nasıl kullanabileceklerini, nasıl fizik benzetimi hazırlayabileceklerini 6 haftalık süreçte anlatmıştır. Ders içeriği araştırmacı tarafından oluşturulmuştur. Uygulama öncesi TPABÖGÖ öntesti uygulanırken ve uygulama sonrası bilgisayar laboratuvarında yapılan ödevlerde araştırmacı kayıt alma ve GeoGebra yazılımıyla ilgili teknik sorunların çözümü ve veri toplama sürecinin sağlıklı yürümesi için katılımcıların başında bulunmuştur. Nitel ve nicel araştırmalarda araştırmacının konumu farklıdır, bununla birlikte nitel çalışmalarda araştırmacı tam nesnelliği sağlayamasa da bunun sorumluluğunu alarak bulguları sunmayı kabul eder ve nitel çalışmaların sunduğu veriler tam nesnellik adına kaybedilemeyecek kadar değerlidir (Yıldırım, 1999). Bu çalışmada araştırmacı GeoGebra öğreterek uygulama sürecinde ve veri toplanmasında araştırmaya dahil olmuştur.

BÖLÜM 4. BULGULAR

Katılımcıların demografik bilgileri, uygulama sürecindeki durumları, uygulama sonrası ödevleri ve yorumları ile görüşme formu analizine bu bölümde yer verilmiştir.

Katılımcıların demografik bilgilerinde kişisel bilgiler formundaki cinsiyet (Kadın/Erkek), sınıf (2.sınıf/3.sınıf), kişisel bilgisayara sahip olup olmadığı (Evet /Hayır), ne sıklıkla bilgisayar kullandığı, bilgisayarı hangi amaçla kullandığı ve bilgisayar bilgilerinin yeterliliği ile ilgili kendi cevaplarına yer verilmiştir. Kişisel Bilgiler Formu EK-2’de verilmiştir.

Katılımcıların uygulama sürecindeki ödevleri incelenirken süreç bilinmediği için sonuca yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Örneğin bir ödevini yaparken problemi küçük parçalara ayırarak ayrıştırma becerisi, karşılaştığı sorunları çözerken hata ayıklama becerisi göstermiş olabilir; ancak bu süreç araştırmacı tarafından gözlemlenmediği için doğrudan ödevine yönelik yorumlamalarda bulunulmuştur, önceki bilgilerini kullanırken genelleme yapmış olması gibi.

Uygulama sonrası ödevleri ve yorumları bölümünde katılımcılar laboratuarda bir aradayken yapılan ödevler olan DÇH-BHH ve Momentum ödevleri üzerinden değerlendirme ve yorumlar yapılmıştır. Öğrencilere önce bir benzetim gösterilmiştir. Ardından bu benzetimle oynamaları istenmiştir. Bu benzetimi yapmak için nasıl bir plan yaptıklarını görmek için Uygulama Aşamaları tablosu dağıtılmıştır. Öğrencilerin aşamaları sırayla bu tabloya işlemesi söylenmiştir. Aşamaları yaptıktan sonra GeoGebra kullanarak benzetime başlanmıştır. Aşamaları çalışırsa ya da çalışmazsa bunu tablolarında tik ya da çarpı atarak göstermeleri ve çalışmayan aşamalarda karşılaşılan sorunu ve bu sorunu nasıl çözdüklerini öğrencilerin verilen kağıttaki tabloya yazmaları söylenmiştir. Ödev yapma sürecinde ekran kayıtları katılımcılar tarafından alınmıştır. Ödevlerini yaparken önceki ödevlerini incelemelerine izin verilmiştir.

Katılımcı öğretmen adaylarına Ö ile başlayan sıra numaraları verildi, örneğin Ö1, Ö2 gibi. GeoGebra uygulaması ve TPABÖGÖ için 11 katılımcının bulguları değerlendirilmiştir. Görüş formunda DÇH-BHH ve Momentum ödevlerine katılan ve daha önce GeoGebra kullanmamış olan 15 katılımcının verileri değerlendirilmiştir.

Bulgular GeoGebra Uygulama Süreci, TPABÖGÖ ile ilgili bulgular ve görüş formları ile ilgili bulgular olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır.

4.1. GeoGebra Uygulama Süreci

4.1.1. Ö1 için Bulgular

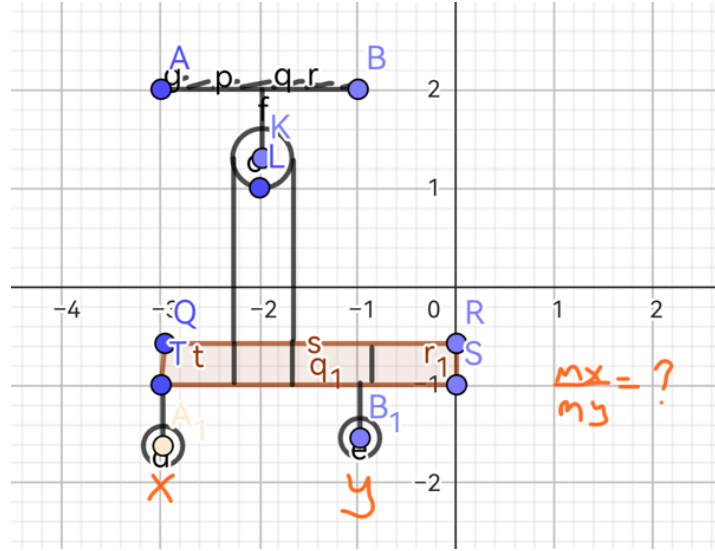
4.1.1.1 Ö1 ile İlgili Demografik Bilgiler

Ö1, kadın ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve haftada 1-3 gün, ödev yapmak için bilgisayar kullandığını ifade etmiştir. Ö1, bilgisayar bilgisi yeterliliğini “Yetersiz” olarak tanımlamıştır.

4.1.1.2. Ö1’in Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö1 yapılan beş dersin birine geç kalmış, birinde ders bitmek üzereyken gelmiş, birine gelmemiş ve verilen dokuz ödevin ikisini geç tamamlamış, birini yarım yapmıştır. Genel anlamda Ö1 dersi derste takip edebilen, ilgili bir öğrencidir.

Ö1 ilk ödev olan çizimde Şekil 4.1’deki çizimi yapmıştır. Ödevini resim olarak yüklediği için hangi araçları kullandığı tam olarak bilinmemektedir. Makara, çubuk ve iplerle oluşturulmuş sistemin şeklini oluşturmak için nokta, doğru parçaları, çokgen ve çember özelliklerini kullandığı düşünülmüştür. Bu aşamada şekli oluşturmak için resmi ayrıntılardan ayıklayarak soyutlama becerisi gösterdiği düşünülmüştür. Çizimi oluştururken hangi aşamaları ve sıralamaları izleyeceğini belirlemesi algoritma yaptığı anlamına gelir. Daha önceden gösterilen GeoGebra araçlarını nerede nasıl kullanacağını belirlerken genelleme becerisi göstermiştir.



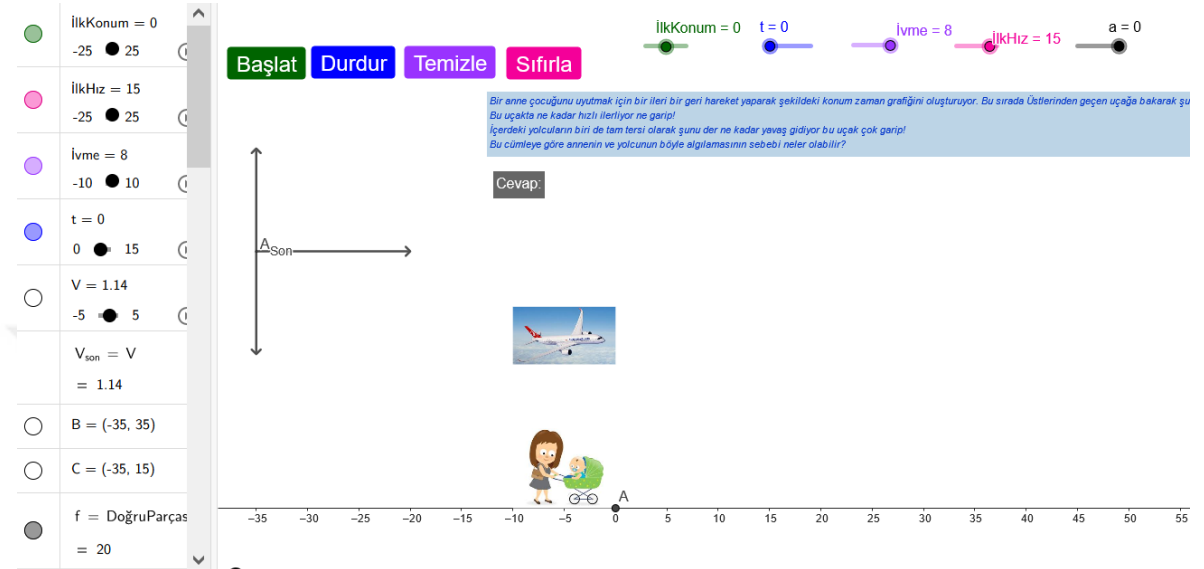
Şekil 4.1 Ö1'in Çizim Ödevi



Şekil 4.2 Ö1'in Vektörle İlerleme Ödevi

Ö1, bu ödevde daha önce derste gösterilen vektörle birlikte bir noktanın nasıl ilerleyeceğinin gösterildiği durumu kullanmıştır. Başlat düğmesine basınca top ilerlemeye başlamış ve 100 m gittikten sonra durmuştur. X(m) girdi kutusunda topun kaç metre yol gittiği yazılıdır, bunun için genelde girdi kutusu yerine metin kullanılabilir, ancak girdi kutusu da aynı görevi görmektedir. Bu çalışmada grafik penceresinde gizlenmiştir ama cebir penceresinde olan ve kullanılmayan birkaç nokta ve bir tane boş metin kutusu vardır. Cebir penceresi kapatılmamıştır. t girdi kutusunda cevap doğrudan yazmaktadır ve Kontrol kutusu açıktır. t girdi kutusuna 50 yazınca “DOĞRU”, farklı bir sayı yazınca “TEKRAR DENE!!!” metni gelmektedir. Daha önceki derslerde kullanılan bu özellik başarılı bir şekilde bu ödevde eklenmiş, kullanılmayan araçlar ve etiketler gizlenmiştir. Ö1'in bu çalışmada düğme, resim

ekleme, metin, girdi kutusu, işaret kutusu ve sürgüleri kullanabildiği görülmüştür. Vektörle ilerleme ödevinde Ö1, önceki derslerden öğrendiklerini bu ödevinde kullanarak genelleme becerisi göstermiştir. GeoGebra uygulamasından bu ödevin inşa protokolü incelendiği zaman Ö1'in algoritma becerisi de gösterdiği düşünülmüştür.



Şekil 4.3 Ö1'in Grafik Ödevi

Vektörle ilerleme ödevi gibi açık uçlu bir ödev olan Grafik ödevinde de Ö1 hareketli bir ödev hazırlamıştır. Önceki ödevi gibi bu çalışmada da bir soru kullanmıştır. Annenin ve uçağın ilk konum, ilk hız ve ivme değerlerini aynı sürgüye bağlamış ancak farklı zamanlar kullanmıştır. Uçak için kullanılan zaman sürgüsü -50 ve 0 arasında ve sürgü azalarak gitmektedir. Sürgü -50'ye doğru giderken uçak ileri gidiyor ve sürgü tekrar 0'a dönerek -50'ye doğru gitmektedir. Annenin ileri geri gidişi için sürgünün salınım seçeneği kullanılmıştır. Bu özellikle zaman sabit bir periyotla artıp azalmakta ve anne ileri geri gidiyormuş gibi görünmektedir. Benzetimin fizik ile ilişkisi incelendiğinde daha önce GeoGebra'da kullanılan hareket formüllerinin bir değişiklik yapılmadan aynısının hem çocuklu anne hem de uçağın hareketi için aynı ilk konum, ilk hız ve ivme sürgüleriyle kullanıldığı gözlemlenmiş, aralarındaki tek fark aynı olması gereken zaman sürgülerinin ikisi için de ayrı olmasıdır. Normalde ters U çizmesi gereken annenin grafiği artarak artan bir parabol çizmekte, anne geri gittiğinde grafik kendi üzerinden geri dönmektedir. Bu sebeple Ö1'in son derste yapılanları aynen yaparak arka planındaki fizik ilişkisini irdelemeden doğrudan benzetiminde kullandığı görülmüştür.

“c:Çember(A, 5.Yarıçap)” yazarak kısmen sorunu çözebilirdi. Sonlara doğru vektörleri eklemiştir. Çembere teğet olması gereken hız vektörünü oluştururken Ö1, çembere dik olduğunu varsaydığı bir vektör çizmiştir. Vektörleri işaret kutusuna bağlamakta da sorun yaşamış ama sonrasında çözmüştür. Ekran kaydında çalışan işaret kutuları ödev dosyasında çalışmamıştır. Ö1 ödev süresince çember ve yarıçap sürgüsüyle meşgul olduğu için ödevinde GeoGebra’nın dinamik özelliklerini kullanmadan sadece çizim seviyesinde kalmıştır. Animasyon hareketi için uygulama aşamalarının en sonunda düğme oluştururken t’ye bağlı bir animasyondan bahsettiği halde ekran kaydı boyunca animasyonun bağlı olacağı bir sürgü oluşturmamıştır.

Bu ödevde konu ile ilgili birkaç formül yarıçap düzenlemesi sırasında Ö1 tarafından yazılıp ve silinmiştir. Uygulamada formüle bağlı bir aşama olmamıştır. Matematik ile Fizik ilişkisi bu çalışmada zayıf ilişkiden dolayı gözlemlenmemiştir. DÇH-BHH benzetiminin uygulama aşamaları tablosunda 14 parçaya ayrıldığı görülmüştür. Ö1, problemi nokta, sürgüler, çemberler, işaret kutusu gibi küçük parçalara ayırmasından ayırtma becerisi gösterdiği görülmüştür. Yarıçap ve çember ilişkisini çözmeye çalışırken benzetimin özünden uzaklaşsada Ö1, DÇH-BHH benzetimi genel olarak temel bileşenler üzerinde yoğunlaşarak, ayrıntılara girmeden çözülmeye çalışıldığından ötürü soyutlama becerisi de göstermiştir. Ö1, çok ilerleyemediği için algoritma becerisi bu benzetiminde tam olarak gözlemlenmemiştir. Önceki çalışmalarda öğrendiklerini, ödevlerindeki örnekleri bu ödevde aktaramadığı için genelleme de gözlemlenmemiştir. Çemberin yarıçapını yarıçap sürgüsüne bağlamak için birçok yol denemiş, neredeyse bir saat üzerinde çalışmasına rağmen yarıçapı sürgü ile değişen çemberi oluşturamadığından hatayı tespit etse de hata ayıklama becerisi de bu ödevde zayıf kalmıştır. Burada zayıf kelimesi kişiden kişiye değişecek bir ifade olsa da bu kelime Ö1’in önceki ödevlerine bakarak yapılmış bir kıyaslamadır. Ö1’in, DÇH-BHH benzetimini yapmaya çalışırken araç çubuğundaki nokta, çember, doğru, vektör, metin, işaret kutusu ve sürgü özelliklerini kullanmıştır. Sürgü ve işaret kutuları nesnelere bağlanmasa da oluşturulma sürecinde yineleme becerisi gerektirdiği düşünülmüştür. Araç çubuğunda 70 tane özellik olduğu ve 7 tanesini kullandığı düşünüldüğünde GeoGebra ile ilgili giriş düzeyindeki bilgileri yetersiz kullandığı düşünülmüştür.

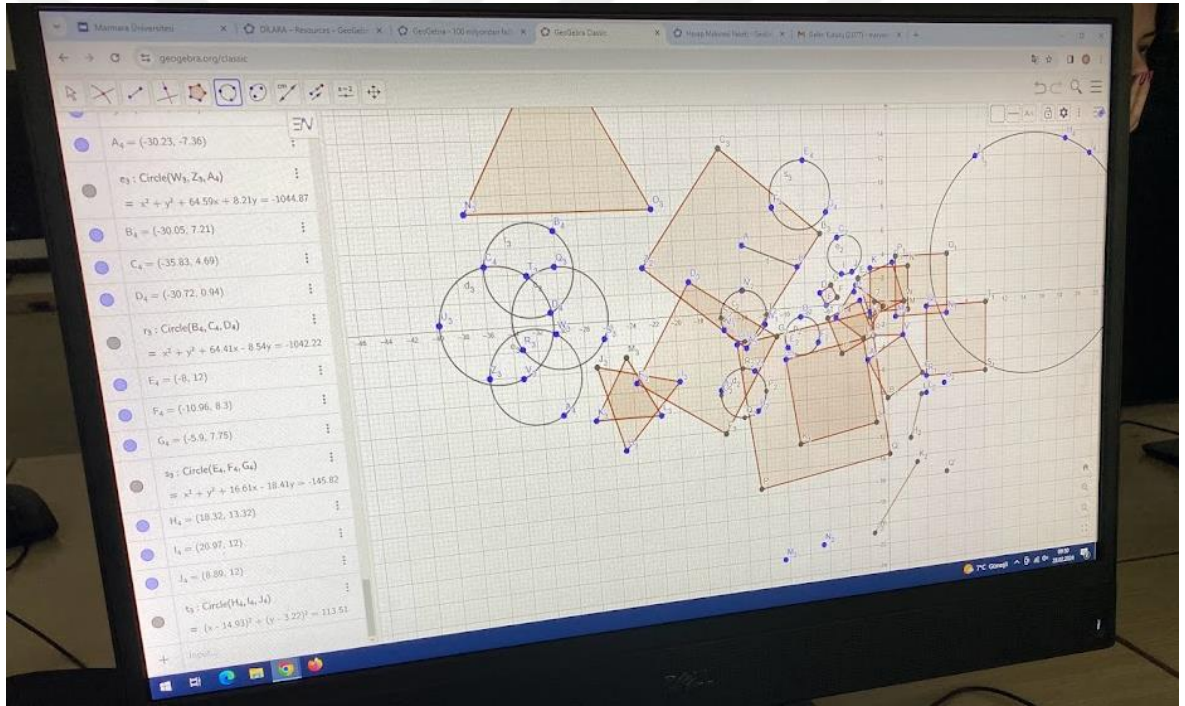
4.1.2. Ö2 için Bulgular

4.1.2.1. Ö2 ile İlgili Demografik Bilgiler

Ö2, 3.sınıfta okuyan bir kadın öğrencidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı günde 1-2 saat ödev yapmak ve film izlemek için kullandığını ifade etmiştir. Ö2, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yetersiz” olarak tanımlamıştır.

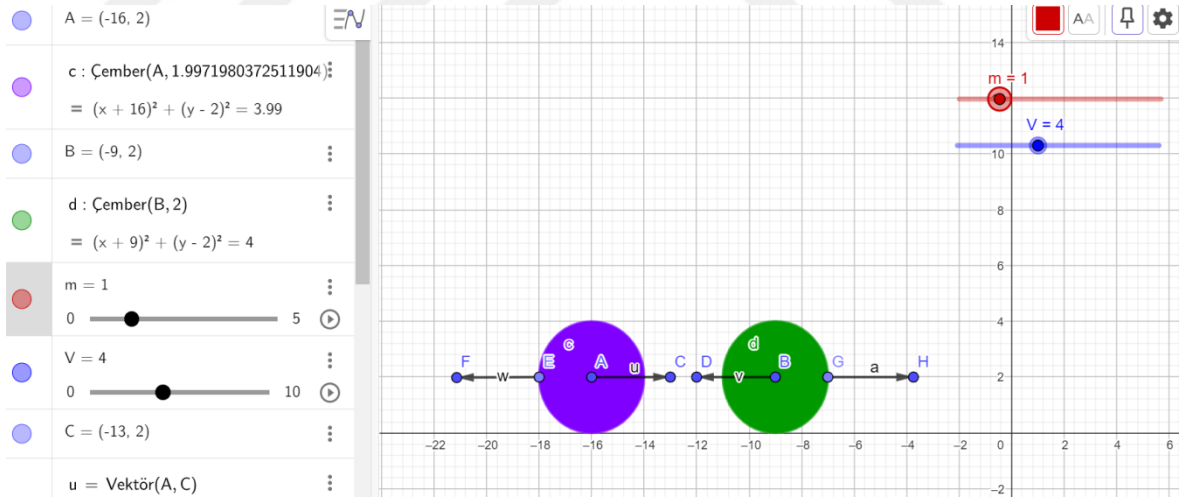
4.1.2.2. Ö2’nin Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö2 bir derse geç gelmiş, bir derse gelmemiş, üç derse ise vaktinde katılmıştır. Verilen 9 ödevin dördünü vaktinde beşini geç teslim etmiştir. Ö2 dersleri takip eden bir öğrencidir.



Şekil 4.5 Ö2’nin İlk Derste GeoGebra Kullanımı

gönderdiği ödevden farklı bir Atışlar benzetimine bakmıştır, başka bir GeoGebra dosyasına bakmamıştır. Ö2, DÇH-BHH benzetimini incelerken veri analizi becerisini kullandığı düşünülürse bu beceriyi kullanırken sadece işaret kutularının nasıl çalıştığına bakmıştır, düğmelerle ve sürgülerle oynamamıştır. Ö2, bu çalışmada hiçbir matematiksel ifade kullanmamıştır. Konu ve formül ilişkisi gözlemlenmemiştir. Ö2'nin gösterdiği ayrıştırma becerisine bakıldığında DÇH-BHH ödevinin uygulama aşamaları tablosunda Ö2, 8 basamakta benzetimi çözmeye çalıştığı, bu basamaklarda formüller ya da metnin olmadığı ve koordinat vektörü dışındaki vektörlerin eksik olduğu görülmüştür. Soyutlama becerisi açısından bakıldığında DÇH-BHH ödevinde benzetimin özüne odaklanmak yerine Ö2 görüntü ile ilgili olan araçları kullanmıştır. Ödev benzetim yerine çizim olarak değerlendirilecek olursa Ö2'nin algoritma kullandığı düşünülmüştür. Ö2, DÇH-BHH ödevinde sürgü, nokta, çember, işaret kutusu, doğru parçası ve vektör kullanmıştır. Sürgülerle ve işaret kutularıyla ilgili nesneleri birbirine bağlamamıştır. Açık yapmaya çalışırken uzun süre uğraşmıştır. Giriş düzeyindeki bilgilerde zorluk yaşadığı görülmüştür. Araçları kullanırken yaşadıkları genelleme ile ilgili ipuçları olarak gösterilebilir. Hata ayıklama süreci gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.8 Ö2'nin Momentum Ödevi

Ö2'nin momentum ödevinde bir önceki ödevinde olduğu gibi sürgüler herhangi bir değere bağlanmamıştır. GeoGebra sadece görsel, çizim amaçlı kullanılmıştır. Noktalar ve etiketler gizlenmeden, vektörlerin isimleri ise değiştirilmeden bırakılmıştır. Ö2 Momentum ödevinde matematiksel ifade veya formül kullanmamıştır. Ayrıştırma becerisi olarak Ö2, Uygulama Aşamaları tablosunda benzetimi 5 aşamaya bölmüştür. Aşamalarda çarpışma anından ya da çarpışma sonrasında bahsetmemiştir. Momentum ödevinde kütle ve hız

kullanılması yeterli olduğu için Ö2 sadece kütle ve hız sürgüsü oluşturdu ve çarpışmayı sadece iki nesne ile sınırlandırmıştır. Bu süreçte soyutlama becerisi gösterdiği düşünülmüştür. Uygulama aşamaları tablosunda adımlar belirsiz yazılmıştır. Örneğin “çarpışma doğrultusunun vektörel olarak da görebilmek için vektör oluşturulur”, “Çarpışmanın hareket etmesi için Başlat/Durdur oluşturulur” ifadeler aşamaları tam olarak işaret etmemektedir. Vektörün neye göre oluşturulacağı ya da çarpışmanın hareket etmesi için animasyonun neye göre hareket edeceği uygulama aşamaları tablosunda belli olmamaktadır. Aşamalarda önce nesneler sonra sürgüler gelmektedir. Ö2, uygulama aşamalarında “çarpışma kütle merkezinden doğrultusuna göre olacağından nesnelerin kütle merkezi yapılı” diye bir aşama da eklemiştir. Kütle merkezi, merkezi çarpışmada önemli olsa da benzetimde aynı doğrultuya yerleştirilmesi yeterli olduğundan benzetim için biraz ayrıntı olarak görülmüştür. Uygulama aşamaları tablosundaki adımların belirsiz olması doğrudan uygulama adımlarını da etkilemektedir. Uygulama aşamalarında sürgüler nesnelere bağlanmamıştır. Aşamalar doğrudan uygulamada araçlar kullanılarak görsel olarak kullanılmıştır. Momentum ödevinde GeoGebra araçları en basit haliyle sadece çizim olarak kullanılmıştır. Ödevin ekran kaydında Düğme, girdi kutusu, işaret kutusu gibi araçlarını kullanmadığı gözlemlenmiştir. Ö2’nin bu ödevi benzetim değil de çizim olarak değerlendirilirse, bu süreçte önceki bilgileriyle çizim yapacak kadar genelleme ve algoritma kullandığı söylenebilir. Ö2’nin ödevinde hata tespiti yaptığı ya da bir hatayı çözmeye çalıştığı gözlemlenmemiştir.

4.1.3. Ö3 için Bulgular

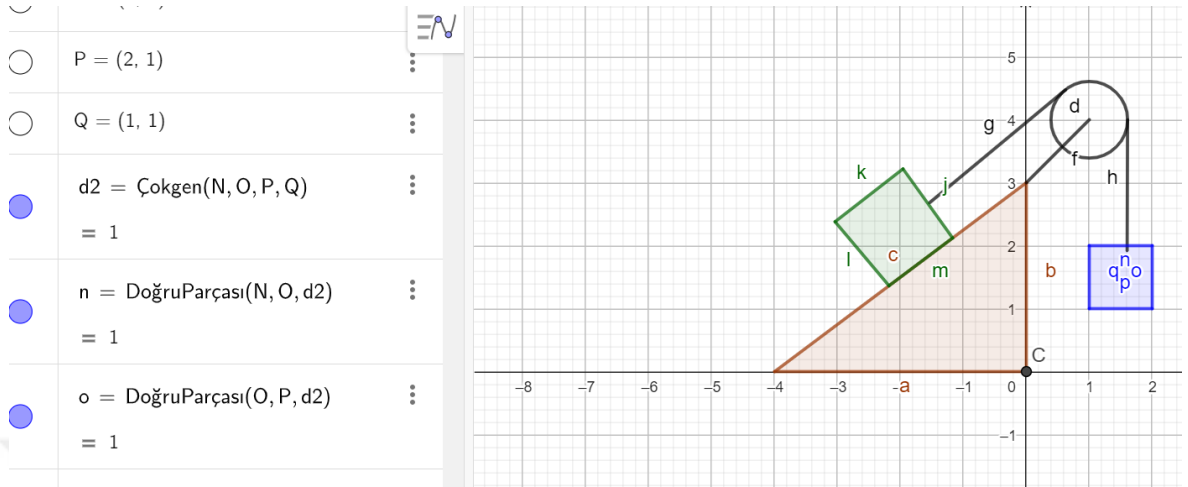
4.1.3.1. Ö3 ile İlgili Demografik Bilgiler

Ö3, erkek ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı günde 4 saatten fazla yazılım için kullandığını ifade etmiştir.. Ö3, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamıştır.

4.1.3.2. Ö3’ün Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö3 toplam beş dersin hepsine vaktinde katılmış ve verilen dokuz ödevin birini geç tamamlamış, birini teslim etmemiş, birini yarım yapmış, diğer altı ödevi vaktinde teslim etmiştir. Derslere katılan ve dersi takip eden bir öğrenci olan Ö3 uygulama derslerinde

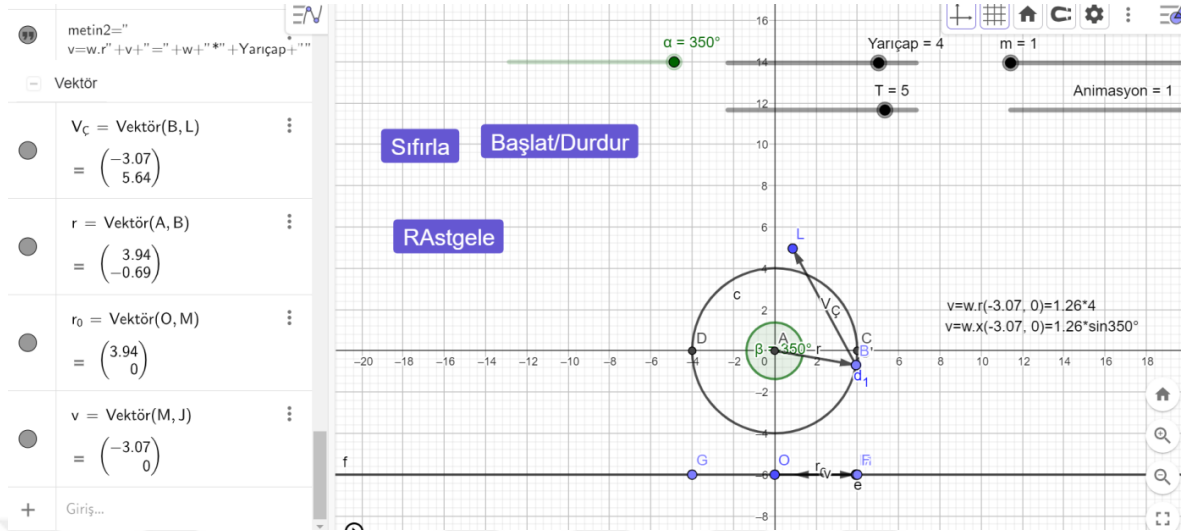
sorulan sorulara doğru cevaplar vererek anlatılanları hatırladığını ve GeoGebra'nın çalışma mantığını anladığını göstermiştir.



Şekil 4.9 Ö3'ün Çizim Ödevi

Ö3 ödevinde çokgen, çember, nokta ve doğrularla makaralı bir eğik düzlem düzeneği çizmiştir. Görünmesine gerek olmayan noktaları gizlemiş, ancak etiketleri gizlememiştir. Cebir penceresinin görünümü kapatılmamıştır. Bu ödevinde doğru parçaları kullanmak yerine çokgen aracını kullanması ile soyutlama, önceki derslerde gösterilen araçları çizim için kullanması ile genelleme, dörtgenleri oluştururken aynı süreçleri tekrar etmesi ile yineleme ve ödevin GeoGebra dosyasındaki inşa protokolü incelendiğinde algoritma becerileri gösterdiği düşünülmüştür.

4.1.3.3. Ö3'ün Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar

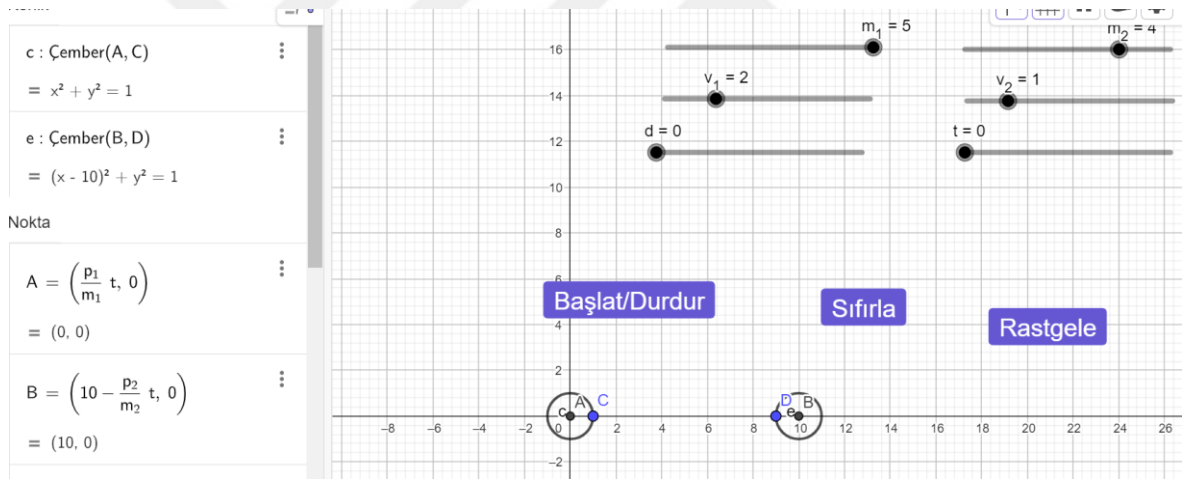


Şekil 4.11 Ö3'ün DÇH-BHH Ödevi

Ö3'ün DÇH-BHH ödevini yaparken uzun süre benzetimi inceledi. Uygulama aşamaları tablosunu özenli bir şekilde doldurmuştur. Aşamaları, yaşadığı sorunları ve nasıl çözdüğünü tabloya yazmıştır. GeoGebra'nın dinamik öğelerinden faydalanan hareketli bir animasyon oluşturmuştur. Yarıçap sürgüsüyle birlikte çembersel yörünge, kütle ile birlikte dönen cismin boyutları değişmiştir. T sürgüsünü dönüş hızında kullanmasa da çizgisel hız vektörünün büyüklüğünü ayarlarken kullanmıştır. T ile birlikte V_C vektörünün büyüklüğü değişmiştir. Animasyon Hızı sürgüsünü kullanmadı. Grafikte yaşadığı sorunları cebir penceresindeki ifadeleri değiştirerek çözmüştür. Cebir penceresini aktif kullanmıştır. İşaret kutularını ilgili öğelere çoğunlukla bağlamıştır. Düğmeleri yaparken önceki atışlar ve grafik ödevlerine baktı ve bu benzetim için değerleri değiştirerek kullanmıştır. DÇH-BHH benzetimindeki en kritik nokta olan animasyonun neye göre çalışacağıdır ve Ö3 bunun açıldığını fark etmiş ve ekranda gözükmeyen açı sürgüsünü kendi benzetiminde ihtiyacı olduğunu fark ederek kullanmıştır.

Ö3 DÇH-BHH ödevinde açısal hız ve hız formüllerini kullanmıştır. Hız vektörünün büyüklüğünü belirlemek için bu formüllerden yararlanmıştır. DÇH-BHH ödevinde ekrandaki benzetimi çözmek için uzun süre sürgülerle, düğmelerle ve işaret kutuları ile oynayarak benzetimi küçük parçalara ayırarak ayrıştırma becerileri; ödevinde benzetimde olmayan ayrıntılara girmeyip ihtiyacı olan araçları kullanarak soyutlama becerisi göstermiştir. Benzetime başlamadan önce öğrencilerden istenen uygulama aşamaları tablosundaki basamaklar Ö3 tarafından açıklamalı bir şekilde yazılmıştır. Örneğin; “ $O=(0, -(yarıçap+2))$, nokta üzerinden geçen doğru. Merkez ve yarıçap ile çember. $M=(x(A), y(O))$ ”

aşamasında hem noktalara isim bile verdiği hem de koordinatlarını bile aşamalarda belirlediği ve algoritma becerisi gösterdiği görülmüştür. Benzetime başladığında karşılaştığı sorunları Ö3, sorunun kaynağını fark ederek ve cebir penceresi kullanarak çözmüştür. Örneğin çembersel yörüngeyi ve cismi yaptıktan sonra açılı sürgüsü oluşturmuş ve bunları açılıya bağlaması gerektiğini fark etmiştir. Bir müddet uğraştıktan sonra açılı sürgüsü ile elde ettiği noktanın değerlerini cismin merkezindeki noktaya cebir penceresinde yazarak açılıya cisme bağlayamasa da cismi sürgüye bağlamıştır. Ö3'ün iyi derecede hata ayıklama becerisi sergilediği düşünülmüştür. Ö3, ödevindeki benzetimde önceki bilgilerini değiştirerek kullanmıştır. Derslerde açılı sürgüsü kullanılsa da genelde animasyonu sayısal sürgülerle hareket ettirildiği halde bu benzetimde açılı sürgüsü kullanması gerektiğini fark etmesi; düğme kodlarını hatırlamasa da önceki ödevlerinden alarak dönüştürüp kullanması genelleme becerisi gösterdiğini düşündürmüştür. Sürgü, düğme ve birden fazla kez kullandığı araçlarla yineleme becerisi gösterdiği düşünülmüştür.



Şekil 4.12 Ö3'ün Momentum Ödevi

Ö3'ün momentum ödevinde değişkenler belirlenerek ilk olarak sürgüler oluşturulmuştur. Momentum değerleri için sayısal formüllerle cebir penceresine eklenmiştir. Animasyon için noktalar formüller ve sürgülerle hareketli olacak şekilde belirlenmiştir. Düğmeler ve çemberler oluşturulmuştur. Düğmeler çalışmaktadır. Düğmeye basınca cisimleri simgeleyen çemberler birbirlerine doğru sürgülerde verilen hızla ilerlemekte, ardından birbiri içinden geçip gitmektedir. Çarpışma anı ve çarpışmadan sonrası gözlemlenmemektedir. Ö3'ün momentum ödevi için ekran kaydı yerine yanlışlıkla bir önceki ödevin ekran kaydı yüklenmiştir. Ö3'ün aşamaları GeoGebra'dan inşa protokolü penceresinden gözlemlenmiştir.

Ö3, momentum ödevinde kütle ve ilk hız değişkenlerini kullanarak momentumlarını sayısal olarak hesapladığı görülmüştür. Uygulama aşamaları tablosunda Ö3, benzetimini 6 basamağa ayırmıştır. İlk olarak sürgüleri, sonra sayısalı belirlemiştir. Formüllerle noktaların koordinatlarını yazmış ve düğmeleri eklemiştir. Son olarak cisimleri ve çarpışma anı ve sonrası için “Eğer” ile bir kod girmiştir. Bu tabloya bakarak Ö3’ün ayrıştırma becerisi gösterdiği gözlemlenmiştir. Ö3, Momentum benzetimi yapmaya çalışırken kütleleri ve ilk hızları belirlemiştir. Cisimleri temsilen çemberleri tercih etmesi durumu zorlaştırmış olabilir, ancak bunu çemberleri sabit yarıçapta seçerek sadeleştirerek ve gerekli değişkenleri seçerek soyutlama becerisi sergilediği düşünülmüştür. DÇH-BHH ödevinde olduğu gibi momentum ödevinde de ayrıntılı bir şekilde basamakları yazmıştır. Çarpışma sonrası için sadece hızları değiştirerek yazmıştır. İnşa protokolünden Ö3’ün algoritma becerisi gösterdiği gözlemlenmiştir. Ö3’ün ekran kaydı olmasa da Uygulama Aşamaları tablosunda yazılanlarla GeoGebra’daki inşa protokolü birbiriyle örtüşmektedir. Benzetimindeki A ve B cisimlerinin aynı noktalarda oluştuğunu görünce, B’yi 10 birim öteleyip eksi ile çarparak yönünü ters çevirmesiyle hata ayıklama becerisi gösterdiği düşünülmüştür. Momentum ödevinde birden fazla cismi birden fazla sürgüyle bağlayarak, ihtiyaç duyduğu özellikler için önceki atışlar ve grafik derslerinde öğretilenleri kullanarak Ö3’ün genelleme yaptığı düşünülmüştür. İki cisim içinde tekrar eden süreçler yineleme becerileri sergilediği gözlemlenmiştir.

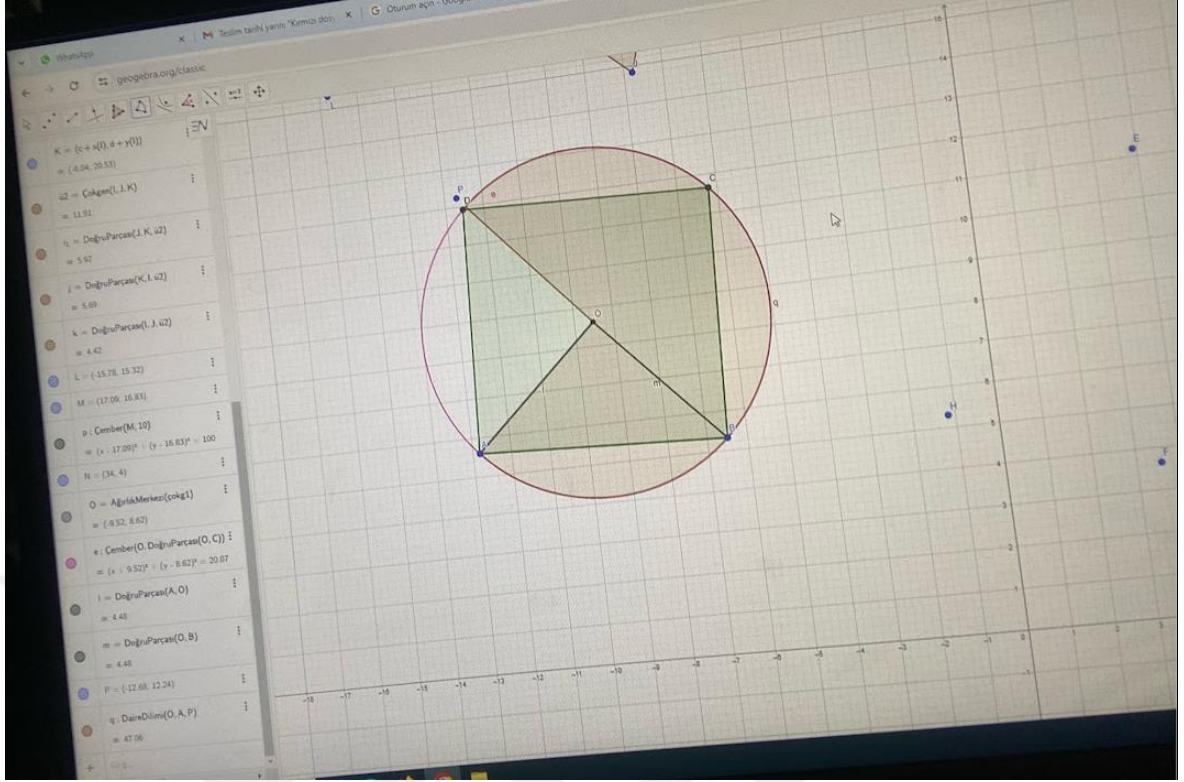
4.1.4. Ö4’ün Bulguları

4.1.4.1. Ö4 ile İlgili Demografik Bilgiler

Ö4, erkek ve 2.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olmadığını ve bilgisayarı günde 1-2 saat ödev yapmak ve oyun oynamak için kullandığını ifade etmiştir. Ö4, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamaktadır.

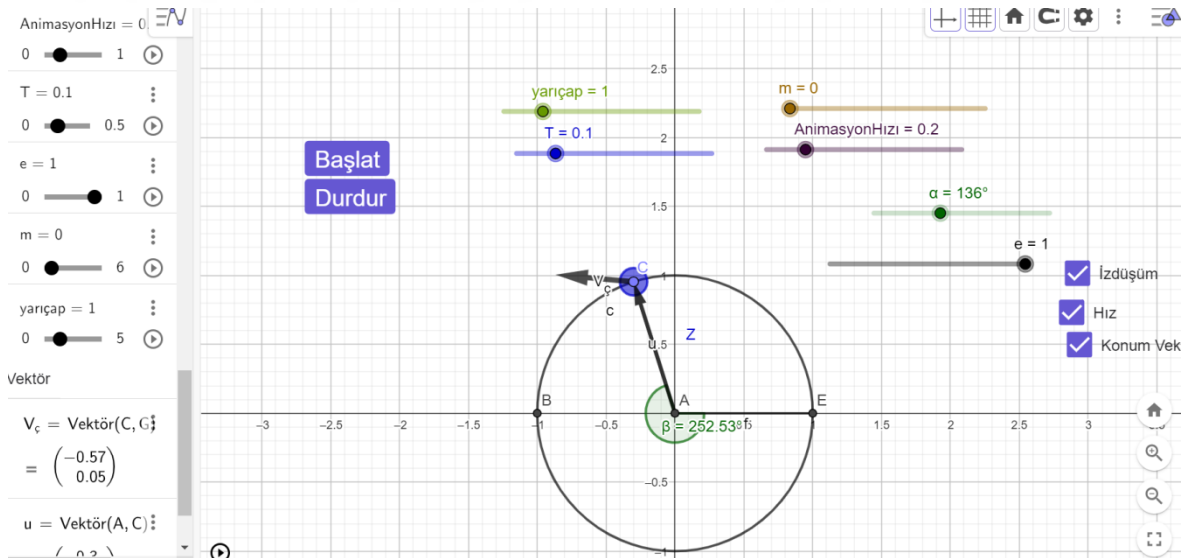
4.1.4.2 Ö4’ün Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö4 bir ders hariç bütün derslere vaktinde katılmıştır. Ödevlerinin üçünü geç, diğerlerini zamanında göndermiştir. Ö4 dersi takip eden bir öğrencidir.



Şekil 4.13 Ö4'ün Derste GeoGebra Kullanımı

4.1.4.3. Ö4'ün Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar



Şekil 4.14 Ö4'ün DÇH-BHH Ödevi

Ö4'ün DÇH-BHH çalışmasında önce sürgüleri ardından çemberleri oluşturmuştur. Çembersel hareketin yörüngesini oluşturan çemberi yarıçap sürgüsü ile bağlamıştır. Açı sürgüsü olması gerektiğini de düşünen Ö4, C cisminin açıyla dönmesi için - cebir penceresine $C=\alpha$ yazmak, açı sürgüsünün adını döndürmek istediği noktanın adıyla

değiştirmek gibi - GeoGebranın çalışma prensibine uymayan çeşitli yollar denemiştir. Ö4, düğmeleri oluşturmuştur. Konum vektörü için yörünge merkezi ile cisim arasında, hız vektörü için ise cismin o anki konumuna göre dik alarak vektör çizmiştir, yani dik çizmek için GeoGebra özelliklerinden istifade etmemiştir. Çember üzerinde bir yerde seçilen bir nokta GeoGebra’da animasyon olarak çember etrafında döndürülebilir. Ö4, bu özelliği kullanarak C cisminin açıdan bağımsız olarak dönmesini sağlamıştır. Başlat ve Durdur düğmeleri ile işaret kutuları ilgili öğelerle birlikte çalışmıştır. Yalnızca yarıçap sürgüsü çemberin yarıçapı için kullanılmış, diğer sürgülerin benzetimde bir işlevi bulunmamaktadır. Ö4 bu benzetimi hazırlarken sadece saat şeklinde yaptığı vektörle ilerleme ödevine bakarak C noktasını nasıl hareket ettirebileceğini bulmuştur.

Ö4 DÇH-BHH ödevinin uygulama aşamalarının son satırında cevaplar için formül kullanacağını yazsa da benzetimde formül kullanmamıştır. Konu ile benzetim arasında matematiksel ilişki gözlemlenmemiştir. DÇH-BHH ödevinde uygulama aşamaları tablosunda sürgü, çember, çember üzerinde nokta, açı atama, izdüşüm için işaret kutusu ve doğru, vektör ve işaret kutuları, düğmeler ve metinler olmak üzere küçük parçalara ayırdığı için ayrıştırma becerisi sergilediği düşünülmüştür. Ö4, benzetimde gerekli araçları ve öğeleri kullanması soyutlama ve önceki derslerde öğrendiklerini bu ödevde uyarlayabilmesi genelleme yaptığını göstermiştir. Benzetimi çözmek için belirli aşamalar takip etmesi algoritma, GeoGebra’da benzetimi uygulama kısmına geçildiğinde Ö4 vaktinin büyük bir kısmını çember üzerindeki noktayı döndürebilmek için harcaması hata ayıklama becerileri olarak düşünülmüştür. Sürgü, işaret kutuları ve benzer nesneleri tekrarlı kullanması yineleme becerileri olarak gözlemlenmiştir.

4.1.5. Ö5 için Bulgular

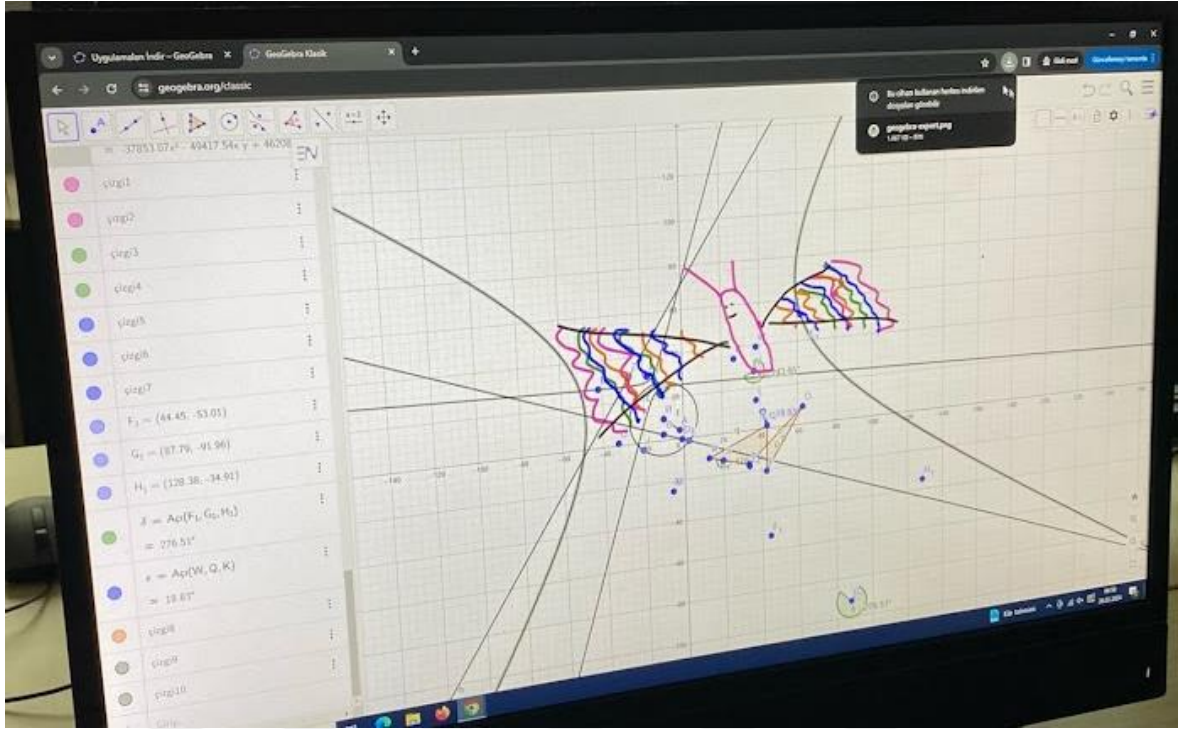
4.1.5.1. Ö5 ile İlgili Demografik Bilgiler

Ö5, kadın ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı haftada 1-3 gün oyun oynamak, ödev yapmak ve film izlemek için kullandığını ifade etmiştir.. Ö5, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamıştır.

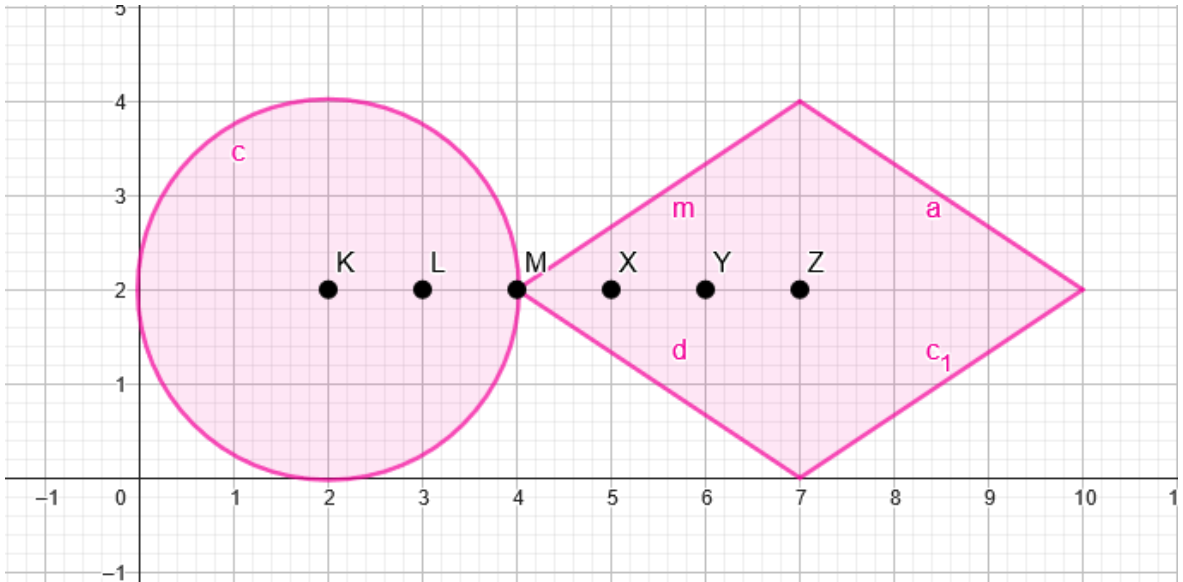
4.1.5.2. Ö5’in Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö5 bir ders hariç bütün derslere vaktinde gelmiş ve ödevlerinin hepsini vaktinde teslim etmiştir. Ö5 dersi takip eden bir öğrencidir. Vektörlerin Bileşkesi video dersinde vektör

uzunluğunu ayarlamak için neden çember kullanıldığını sorarak en azından mantığını anlamaya çalıştığını gösterdiği düşünülmüştür.



Şekil 4.15 Ö5'in Derste GeoGebra Kullanımı

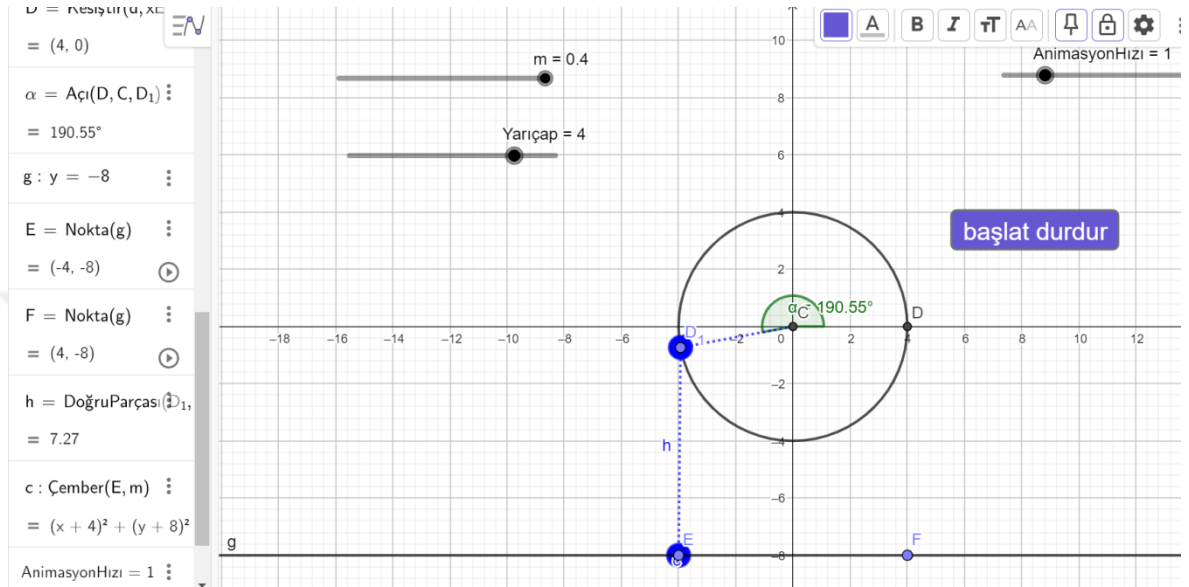


Şekil 4.16 Ö5'in Çizim Ödevi

Ö5 Çizim ödevinde nokta, çember, çokgen araçlarını kullanarak Şekil 4.16'da gösterilen ödevi yapmıştır. Gerekli araçları kullanması soyutlama, araçları nasıl kullandığı genelleme becerisi olarak düşünülmüştür. İnşa protokolü incelendiği zaman, Ö5'in çizim ödevini küçük

parçalara ayırabildiği ve adım adım benzetimini uyguladığı için ayrıştırma ve algoritma becerileri sergilediği gözlemlenmiştir.

4.1.5.3. Ö5'in Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar

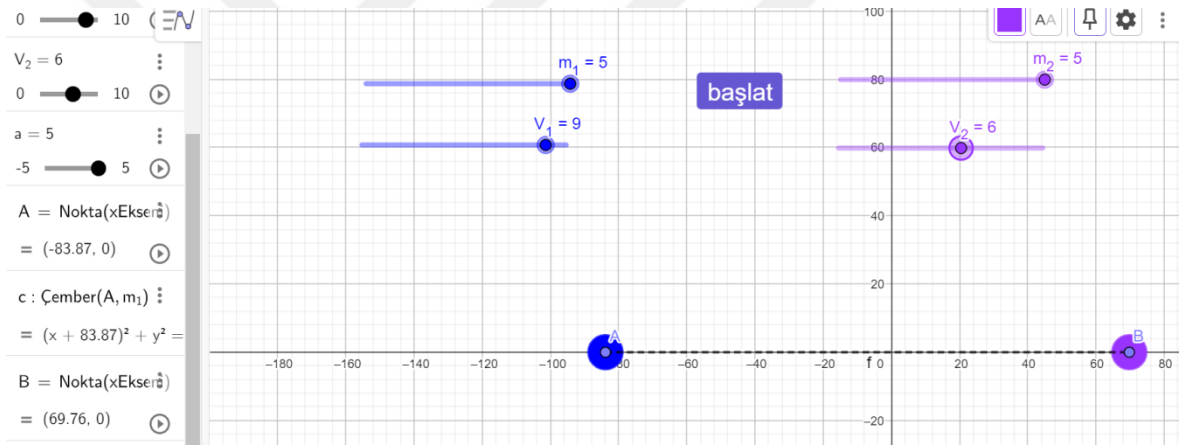


Şekil 4.17 Ö5'in DÇH-BHH Ödevi

Ö5, DÇH-BHH benzetimini inceledikten sonra, uygulama aşamaları tablosunu doldurup ödevi yapmaya başlamıştır. Ödevini yaparken arkadaşları önce yörüngeyi sonra cismi oluştururken, Ö5 önce cismi sonra yörüngeyi oluşturmuştur. Cisim yörüngeye bağlayamayınca yörünge üzerinde yeni bir cisim oluşturup öncekini silmiştir. Ö5, iki çemberi de sürgülere zorlanmadan bağlamıştır. Kütle sürgüsünü çemberin yarıçapına bağlarken çemberin büyük olduğunu fark etmiş ve sürgünün değerlerini ondalık sayı yapmıştır. Derslerde bu durum araştırmacı tarafından yarıçap değerini girerken kütleyi ondalık sayıyla çarparak çözülmüşken Ö5 farklı bir yöntem denemiştir. Ö5 de benzetimi Ö4 gibi çember üzerindeki noktayı canlandırarak hareket ettirmiştir. İzdüşüm için doğru parçasıyla izdüşüm olduğunu düşündüğü yere doğru çizmiştir, bu yüzden cisim döndükçe izdüşüm aynı yerde kalmaktadır. Açıyı sonradan açı aracıyla uzun uğraşlar sonucu yerleştirmiştir. Ö5'in de aracı seçerken çıkan siyah kutucuklardaki yönergeleri okumadığı, deneme yanılma yöntemiyle yapmaya çalıştığı tahmin edilmektedir. Ö5 bu çalışmasında animasyon hızı ile de oldukça ilgi göstermiştir. Animasyon hızı sürgüsünü defalarca silip baştan yapmış ve nereye bağlayacağını bulmak için vektörle ilerleme ödevine bakmıştır. Uzun aramalar sonucu nasıl yapıldığını fark etmiş ve D_1 noktasının hızını animasyon hızı

olarak ayarlamıştır. Sonuç olarak Ö5'in ödevinde bütün sürgüler bir yerde kullanılmaktadır. Ö5 sürgülerle uğraşırken vektörleri, metinleri unutmuş gibi görünmektedir. Ö5 düğmesini oluştururken Atışlar ödevinden düğme kodlarını kopyalayıp yapıştırmış, değişkenleri yanlış belirlemiş ve sonuç olarak düğme çalışmamıştır.

Ö5, benzetiminde matematiksel ifade kullanmamıştır. DÇH-BHH ödevinin uygulama aşamalarında Ö5'in uygulama aşamaları tablosu incelendiğinde benzetimi küçük parçalara ayırmasından ayrıştırma, benzetimin özünden ziyade görsele odaklansa da bu aşamaları gerçekleştirirken soyutlama, aşama aşama ilerlemesi algoritma, sürgü ve cismin hareketi ile ilgili çözüm yolları araması hata ayıklama, derslerde öğrendiği araçları benzetimde kullanırken genelleme, tekrar eden durumları aynı araçlarla yaparken yineleme becerilerini kullandığı düşünülmüştür.



Şekil 4.18 Ö5'in Momentum Ödevi

Momentum ödevinde Ö5 önce karelerle başladı sonra sürgü oluşturmaya başlayınca karelerden vazgeçip daireler tercih etmiştir. Çizdiği dairesel cisimlerin yarıçapını kütleyle bağlayarak kütleyle boyutlarını değiştirebilmiştir. DÇH-BHH ödevinde kütlelerden ötürü yarıçapların büyük olması sorunu burada grafik ölçekleri küçültülünce sorun olmaktan çıkmıştır. Eksenler yirmişer arttığı için çapı en fazla 10 olan daireler bir birim kareyi bile kaplamamıştır. Ö5 kütle ve hız sürgülerini oluşturmuştur. Hız sürgülerini hiç kullanmamıştır. Önceki ödevlerine bakarak, cebir penceresindeki fonksiyonları/formülleri aynen momentum ödevine kopyalayarak A ve B cisimlerini hareket ettirmeye çalışmıştır. Kopyaladığı formül/fonksiyonlardaki değerler momentum ödevinde tanımlı olmadığı için çalışmamıştır. Cebir penceresinde A ve B noktalarının yanındaki canlandırma düğmesi ile hareket ettirmiştir. Ardından cisimleri tekrar eski yerlerine koymuştur. Başlat düğmesine

herhangi bir kod yazmadığı için düğme çalışmamaktadır. Ö5'in bu ödevi görsel olarak güzel olsa da hareketsiz bir benzetim olmuştur.

Ö5, Momentum ödevinde konu ile ilgili matematiksel ifade ya da formül kullanmamıştır. Momentum ödevinin uygulama aşamaları tablosunda Ö5 kütle, hız, cisimlerin ilerlemesi, dönüş hızları ve düğmelerden bahsederek benzetimini yapmadan önce küçük parçalara ayırdığı için ayrıştırma, kütle ve hızlar ile ilgili ayrı sürgüler oluşturarak Ö5'in benzetiminde önemli değişkenleri görebildiği için soyutlama, uygulama aşamaları tablosunda “maddelerin birbirine doğru ilerlemesini sağlıyoruz”, “sürgüler oluşturuyoruz” ifadelerindeki gibi genel cümleler kullanarak gelişime açık düzeyde algoritma, benzetimin GeoGebra aracılığıyla uygulanması sırasında A ve B cisimlerinin hareket etmemesi ve Ö5'in de benzetiminde başka özellikler kullanmamasından ötürü gelişime açık hata ayıklama, momentum ödevinde temel GeoGebra araçlarını kullandığı için gelişime açık düzeyde genelleme ve yineleme becerileri sergilediği düşünülmüştür.

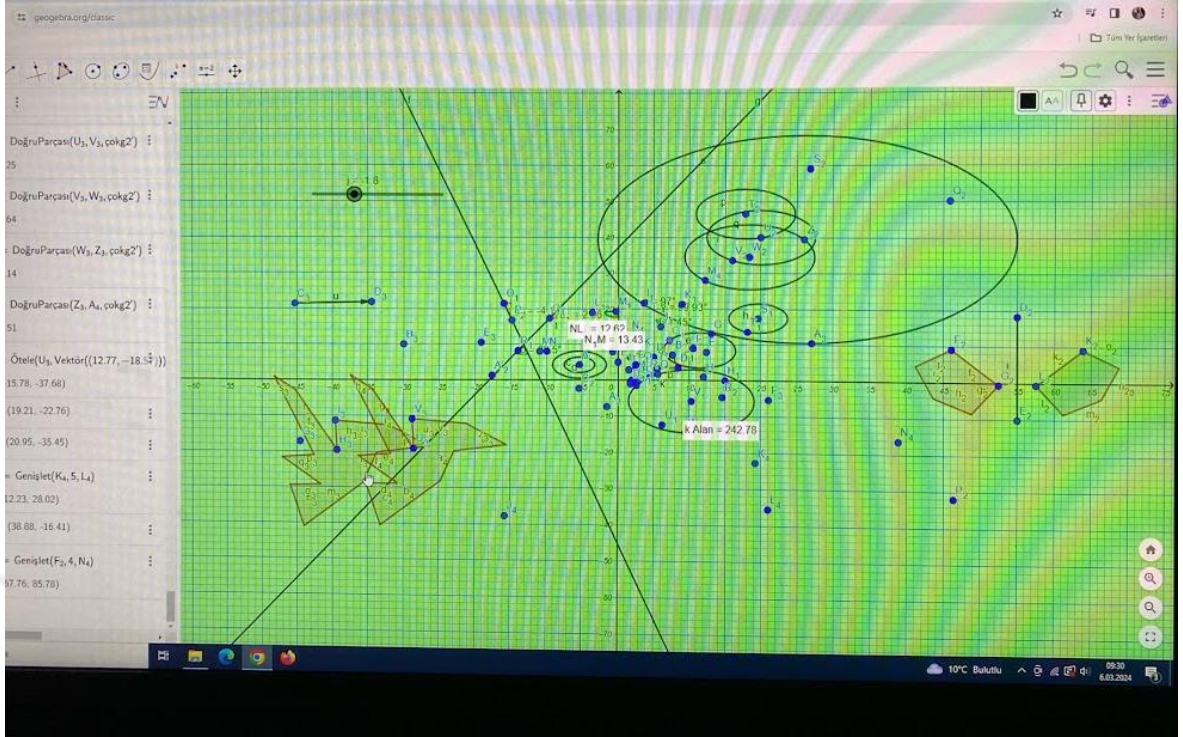
4.1.6. Ö6 için Bulgular

4.1.6.1. Ö6 ile İlgili Demografik Bilgiler

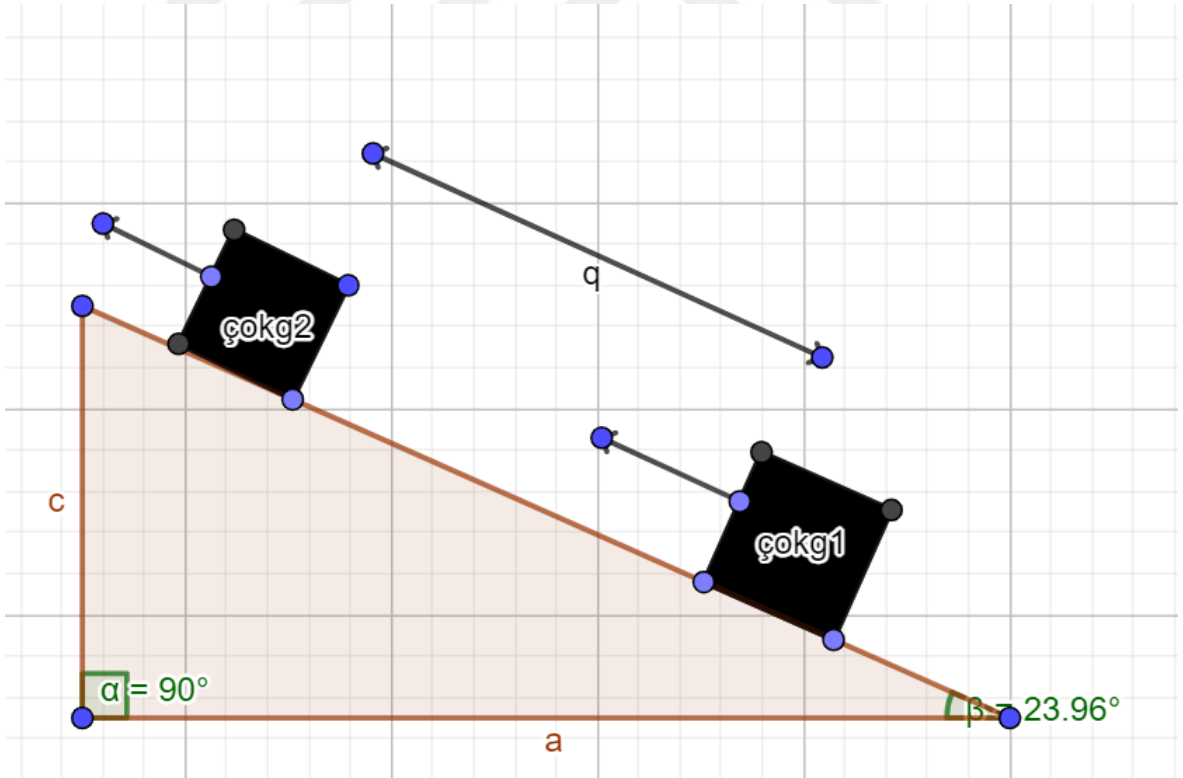
Ö6, erkek ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı haftada 1-3 gün oyun oynamak, ödev yapmak ve film izlemek için kullandığını ifade etmiştir. Ö5, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamaktadır.

4.1.6.2. Ö6'nın Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö6 beş dersten ikisine katılmamış ve dokuz ödevden dört ödevi geç, iki ödevi vaktinde teslim ederken üç ödevi yapmamıştır. Ö6 ilk derste “gidişatımız çok iyi, bütün dönem devam edebiliriz” derken çok eğlendiğini düşündürmüştü ancak iki derse gelmeyip ödevlerini de yapmayınca dersten iyice koptuğu tahmin edilmiştir.



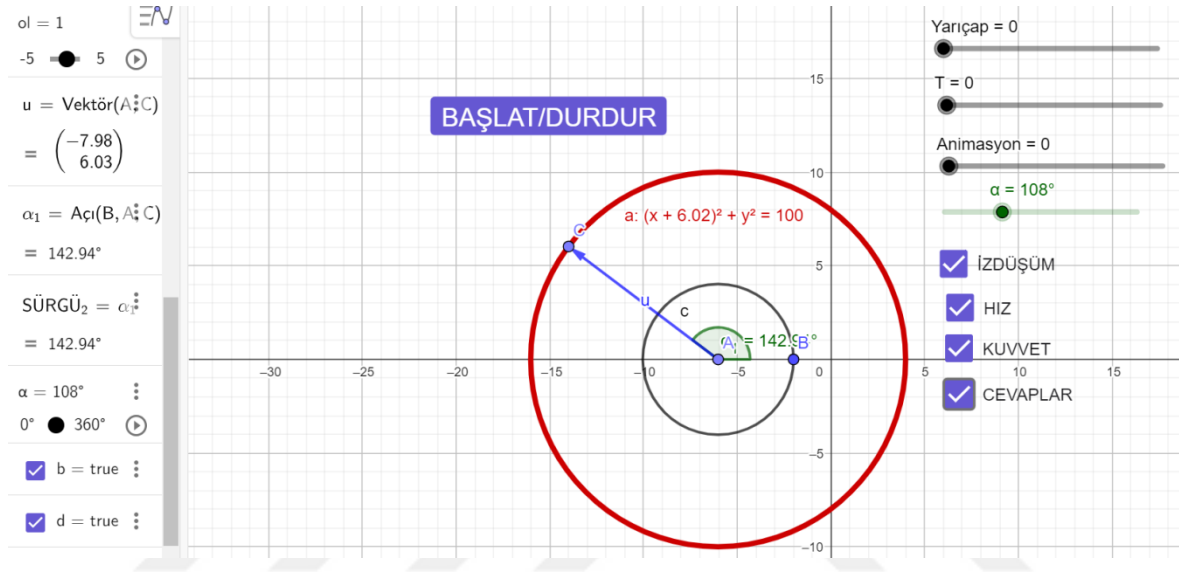
Şekil 4.19 NÖ6'nın Derste GeoGebra Kullanımı



Şekil 4.20 Ö6'nın Çizim Ödevi

Ö6 çizim ödevinde Şekil 4.'de verilen eğik düzlem üzerinde ilerleyen bir cismin görüntüsünü hazırlamıştır. Nokta, doğru, çokgen, açı, doğru parçası araçlarını kullanmıştır. Ö6'nın bu ödevinde hangi araçların gerekli olduğunu seçmesi soyutlama, önceki ders öğretilen araçları kullanabilmesi genelleme, çizimin nokta, üçgen, açı, çokgen ve doğru parçaları olarak sırayla gitmesi ayrıştırma ve algoritma becerileri olarak düşünülmüştür.

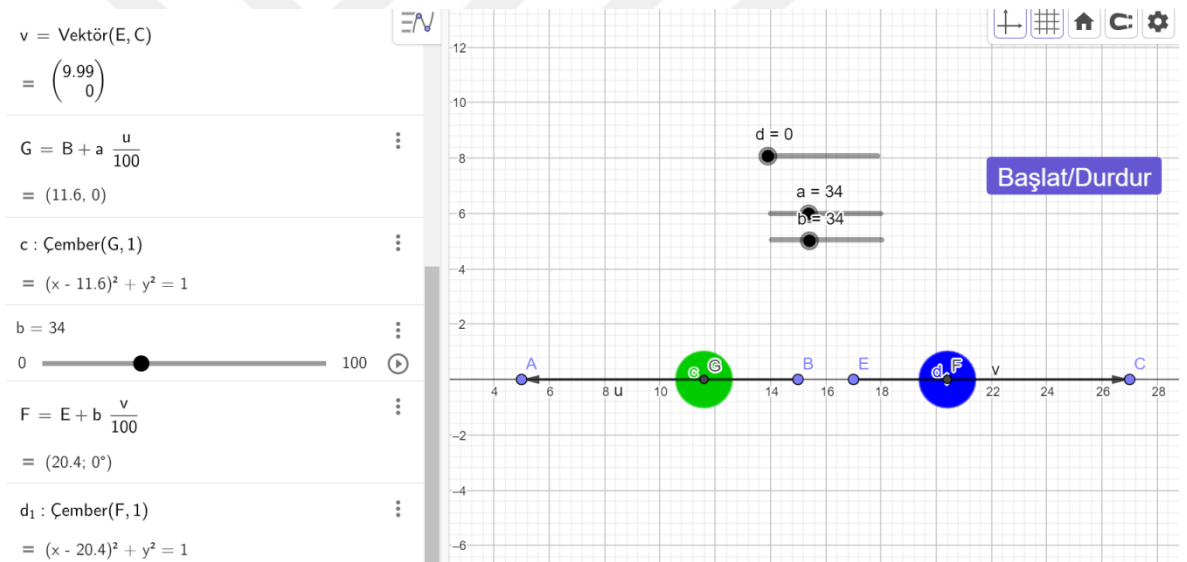
4.1.6.3. Ö6'nın Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar



Şekil 4.21 Ö6'nınDÇH-BHH Ödevi

Ö6 benzetimi inceleyerek uygulama aşamaları tablosunu doldurmuştur. Aşamaları 5 satır sürmüştür. Ö6'ya benzetimdeki bazı özellikleri nasıl yapacağı sorulduğunda “nasıl yapacağımı hatırlamıyorum zaten bakıp bulmaya çalışacağım” demiştir. Ö6 ilk olarak çember, ardından sürgüleri oluşturmuştur. Daha sonra çemberi silmiş ve cebir penceresindeki çember seçenekleriyle tekrar yapmıştır. Animasyonun açı sürgüsüne bağlı olduğunu fark etmiş ve çember üzerindeki C noktasını açı sürgüsüne bağlamak için bir sürü yöntem denemiştir. Bu yöntemler isim değiştirme, ikisinin bir arada olduğu ifadeler yazma, sürgüyü tekrar oluşturma, cebir penceresinden sürgü oluşturma gibi yöntemlerdir ve sürgü ile C noktasını birbirine bağlamamıştır. Ö6, A noktasından C noktasına araç çubuğundaki vektör aracını kullanarak vektör ve cebir penceresinden $Açı(B, A, C)$ yazarak açı oluşturmuştur. Kod yazmadan Başlat/Durdur düğmesi ve öğelere bağlamadan işaret kutuları oluşturmuştur. Ö6 benzetimini GeoGebra'nın dinamik yapısını kullanmadan çizim yaparak oluşturmuştur.

Ö6 DÇH-BHH ödevinde matematiksel ifade ve formüllerden yararlanmamıştır. Uygulama aşamaları tablosunda bir çember, dört sürgü, düğme ve “açma kapama kutusu”(işaret kutusu) ile ilgili beş aşama yazacak derecede ayrıştırma becerisi; DÇH-BHH benzetiminde görsel öğelere ve cismin dönmesine odaklanması ve diğer elemanlardan bahsetmemesi, dönme olayının ekranda olmasa da açılı sürgüsüne bağlı olduğunu fark etmesi soyutlama becerisi; uygulama aşamalarında yazdığı beş maddeden üçü olan “4 tane sürgü eklenir”, “sürgüler formül ile çemberde bir noktaya bağlanır”, 3 tane düğme eklenir ve noktaya bağlanır” maddeleri gibi diğer iki madde de basamaklar ile ilgili yeterli bilgi vermeyerek algoritma; Ö6 benzetimde uygulamaya geçtiğinde düğme, işaret kutusu gibi araçlar görsel olarak kullanması, açılı ile ilgili yaşadığı sorunları çözmemesi hata ayıklama; GeoGebra uygulamasının birkaç aracını yetersiz kullanması genelleme ve yineleme becerilerinin farklı seviyelerde sergilenmesi olarak yorumlanmıştır.



Şekil 4.22 Ö6'nın Momentum Ödevi

Ö6 uygulama aşamaları tablosunu doldurmuştur. Ö6'nın uygulama aşamaları şu şekildedir; “2 farklı çember çizilir.”, “Bu çemberler birer sürgüye bağlanır”, “Çemberlerin çarpması senkronlu hale getirilir”, “Renklendirme yapılır”, “Son düzenlemeler ile gizlenmesi gerekenler gizlenir”. Ö6'nın Momentum ödevinde 3 sürgü, iki çember, iki vektör ve bir düğme vardır. Ödevde Başlat/Durdur düğmesine basınca daireler birbirine doğru hareket edip, dokunacak kadar yaklaşıp tekrar geri dönmektedir. Ö6 ödevine önce iki doğru parçası ile başlamış, doğru parçalarını oluştururken başlangıç-bitiş noktalarını grafik üzerine yerleştirerek yapmıştır. Doğru parçaları üzerine çemberler çizmiş ve içini doldurarak

dairelere dönüştürmüştür. Dairelerin çarpışma anını görselleştirmek için doğru parçaları üzerinde göz kararı uyarlamalar yapmıştır. Örneğin iki doğru parçasının birbirine olan uzaklığını iki çemberin yarıçapı toplamı kadar olabilmesi için faresiyle noktaları hareket ettirmiştir. Cebir penceresinde doğru parçasının başlangıç noktasının x bileşeni 17,01'i gösterince sürüklemeyi bırakmıştır. 0-10 aralığında sürgü oluşturmuştur. Sürgü vektör olarak isimlendirdiği Vektörle İlerleme ödevine bakmış, ardından doğru parçalarını ve çemberleri silip vektör yapmıştır. Çember eklerken cebir penceresinden yarıçaplarını belirleyerek oluşturmuştur. Vektörle ilerleme ödevini kullanarak iki çember için iki aynı özelliklere sahip sürgü ile çemberleri vektörler boyunca hareket ettirmiştir. Sürgü aralıklarını 10'dan 100'e çıkararak yanındaki arkadaşına “bak, smoothluğunu artırdım” demiştir. 0-10 arası sürgüde daha geniş aralıklarla çember hareket ederken 0-100 arası sürgüde sıçrama aralığı 1/10 azalmış ve Ö6'nın da dediği gibi animasyon daha “smooth” olmuştur. GeoGebra sitesinden önceki ödevleri arasından atışlar ödevini “uygulamada aç” seçeneğiyle açmıştır. GeoGebra'nın bu özelliği derslerde gösterilmemiştir ve Ö6'nın uygulama ile çalışırken bu özelliği keşfettiği düşünülmüştür. Atışlar ödevindeki Başlat/Durdur düğmesinin ayarlarına bakarak ve farklı yöntemler deneyerek Momentum ödevindeki benzetimde düğme oluşturmuştur. Uygulama aşamaları tablosundaki son basamak olan “son düzenlemeler ile gizlenmesi gerekenler gizlenir” adımını yapmadan ödevi teslim etmiştir.

Ö6, momentum ödevinde konu ile ilgili matematiksel ilişki kurmamıştır. Ö6, uygulama aşamaları tablosunda çember, sürgü, çarpışma, renklendirme özelliklerine ağırlık vererek problemi küçük parçalara bölmeye ayrıştırma becerisi olarak yorumlanmıştır. Momentum ödevinde soyutlama becerisini momentum konusunun içeriğinden çok çarpışma olayına yoğunlaşarak sergilediği düşünülmüştür. Uygulama aşamalarındaki basamakları yetersiz ve açıklamalar yapmadan belirlediği için algoritma becerilerinin gelişime açık olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Uygulama esnasında Ö6, sadece çarpışma olayına odaklandığı düşünülürse iki cisim çarpıştırmayı başararak hata ayıklama becerisi gösterdiği gözlemlenmiştir. Önceki ödevlerini kullanarak gerek çarpışma olayını canlandırmak için gerekse düğmeyi çalıştırmak için kendi yöntem ve uyarlamalarını yaparak genelleme becerisi; iki cisim için tekrar eden araçlar kullanırken yineleme becerisi sergilediği düşünülmüştür.

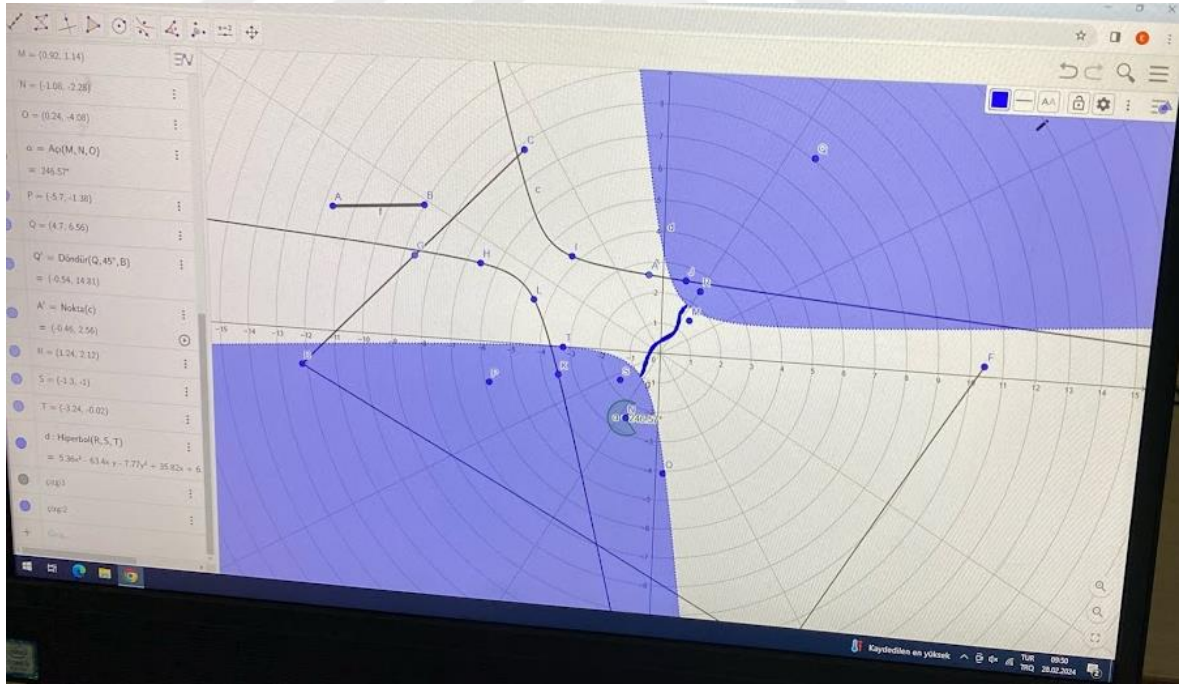
4.1.7. Ö7 için Bulgular

4.1.7.1. Ö7 ile İlgili Demografik Bilgiler

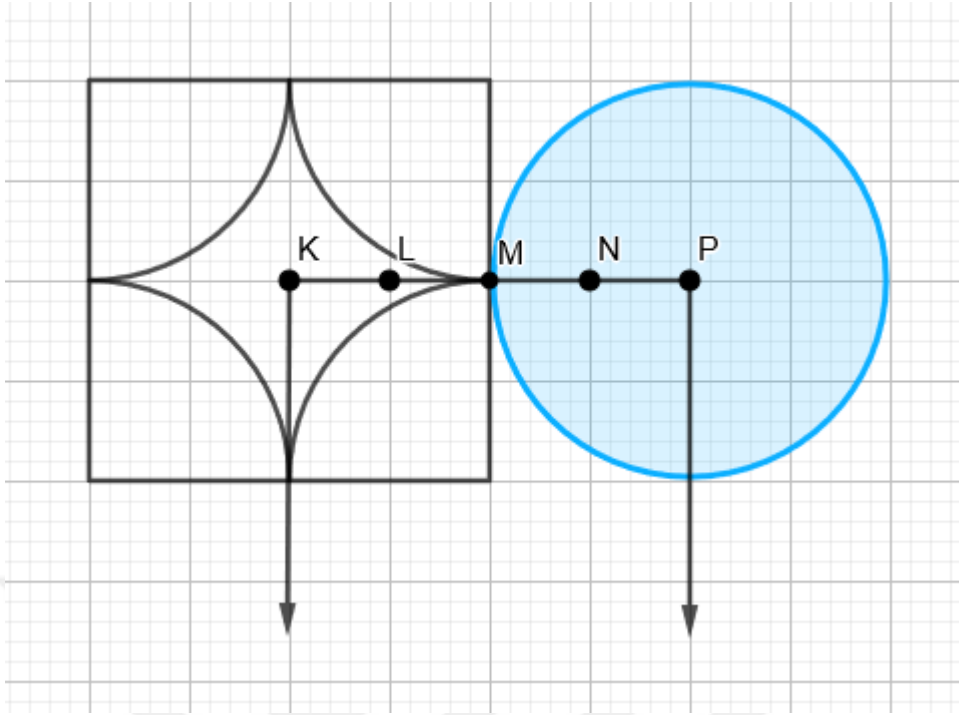
Ö7, kadın ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı haftada 1-3 gün ödev yapmak için kullandığını ifade etmiştir. Ö5, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamaktadır.

4.1.7.2. Ö7’nin Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö7 beş dersin üçüne vaktinde katılmış ve verilen dokuz ödevin ikisini teslim etmese de diğer yedi ödevini vaktinde tamamlamıştır. Ö7 derslerde uygulamaları takip eden ve yapmaya çalışan bir öğrencidir. İlk derslerde büyük bir heyecanla “Hocam, bakın boğaz yaptım” diyerek Şekil 4.23’deki çalışmasını göstermiştir. Ö7 son iki derse katılmamış ve son iki ödevi de yapmamıştır. Araya giren bir haftalık tatil de eklenince 3 hafta içerisinde öğretilenleri unutmuş ve uygulamadan kopmuş olduğu düşünülmüştür.



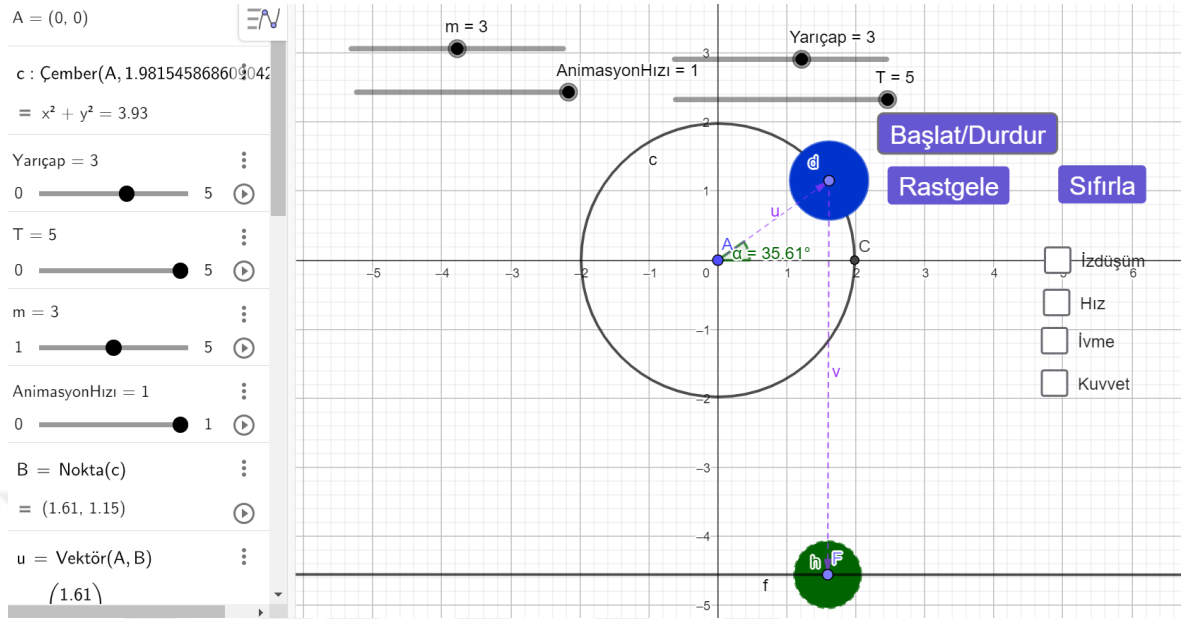
Şekil 4.23 Ö7’nin Derste GeoGebra Kullanımı



Şekil 4.24 Ö7'nin Çizim Ödevi

Ö7, çizim ödevi için Şekil 4.24'de görseli verilen ödevi teslim etmiştir. Ödevinde nokta, daire dilimi, çember, doğru parçası ve vektör araçlarını kullanmıştır. Ö7'nin hangi araçları kullanacağını seçmesinin soyutlama, kullanabilmesinin genelleme becerileri ile ilgili olduğu düşünülmüştür. Çizeceği şekli daire dilimi, çember ve doğru parçaları olarak görerek küçük parçalara ayırdığı için ayrıştırma ve inşa protokolüne bakıldığında basamakları adım adım uygulaması algoritma becerileri sergilediği şeklinde yorumlanmıştır.

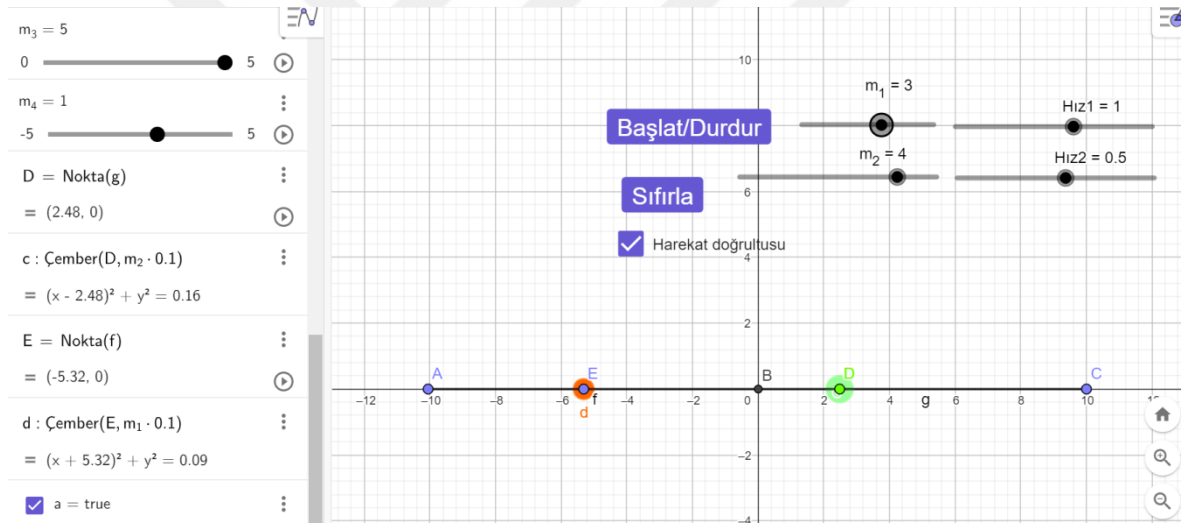
4.1.7.3. Ö7'nin Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar



Şekil 4.25 Ö7'nin DÇH-BHH Ödevi

Ö7'nin DÇH-BHH ödevinde GeoGebra araçları sadece görsel olarak kullanılmıştır. Ö7 Uygulama Aşamaları tablosunu oluşturduktan sonra uygulamaya geçmiştir. Uygulama aşamalarında önce sürgü ardından çember oluşturma gelmektedir ama Ö7 önce çember ardından sürgüleri oluşturmuştur. AnimasyonHızı sürgüsünü ilk oluşturduğunda varsayılan olarak oluşturulan ismini ters tıklayarak Ad Değiştir sekmesiyle değiştirmiştir. Yörüngeyi oluşturan çemberin merkezinden(A noktasından) çembere doğru bir vektör oluşturmuştur. Vektörün bitiş noktasını merkez olarak kullanarak daha küçük bir çember çizdi ve rengi ile dolgusunu ayarlamıştır. Üç nokta ile açı aracını kullanarak α açısını oluşturmuştur. Bir süre Renk ödevinin kapalı olan cebir penceresini açmanın yollarını denemiştir. Renk ödevinin yanı sıra Atışlar, Kütle Merkezi ve Vektörlerin Bileşkesi ödevlerine bakmıştır. Cebir penceresinde Eğer yazarak α 'ya bağlı bir şeyler yazmayı deneyip bırakmıştır. Düğmeleri oluştururken Başlat/Durdur, Sıfırla ve Rastgele düğmelerinin üçünün de betiğine aynı "BaşlatCanlandırma" betiğini yazmıştır, neye bağlı canlandırma başlatılacağını yazmadığı için canlandırma başlamamıştır. İşaret kutularını bağlı nesneleri seçmeden oluşturmuştur. İzdüşümü yapmak için doğru parçası ve çember araçlarını kullanmıştır. Sonuç olarak Ö7 benzetimini oluştururken sadece görsel araçlardan yararlanmıştır. Ödevindeki sürgüler, düğmeler ve işaret kutuları herhangi bir nesneye bağlı değildir.

Ö7 ödevinde matematiksel ifadeler kullanmamıştır. Uygulama aşamalarında sürgüler, çember, cisim, vektörler, düğmeler ve işaret kutuları ile ilgili basamakla yazarak benzetimi kısmen küçük parçalara ayırdığı için ayrıştırma becerisi sergilediği düşünülmüştür. Ö7 benzetimdeki çalışma prensibine değil de görsele odaklanarak benzetimi çözmeye çalıştığı için odaktan uzaklaşarak da olsa soyutlama becerileri gözlemlenmiştir. Ö7 uygulama aşamalarında basamakları “düğmeler oluşturulur”, “çember oluşturulur” gibi yetersiz ifadelerle yazdığı için GeoGebra’nın dinamik özelliklerini kullanmadan algoritma becerileri gösterdiği düşünülmüştür. Ö7 basamakları uygulamaya dökerken aşamalardaki gibi ilerlememiştir. Sürgüleri, düğmeleri ve işaret kutularını çalıştırmak için kullanmamıştır. Benzetim ile ilgili sorunları çözmekte zorlandığı, hata ayıklama becerilerinin; aynı şekilde daha önce derslerde kullanılan araçları kullanma konusunda genelleme becerilerinin de gelişime açık olduğu düşünülmüştür.



Şekil 4.26 Ö7’nin Momentum Ödevi

Ö7, Uygulama aşamaları tablosunu doldurduktan sonra Momentum benzetimini yapmaya başlamıştır. İlk olarak sürgüleri oluşturmuştur. İki cisim için ayrı ayrı kütle, hız ve konum olmak üzere toplam 6 sürgü oluşturmuştur. A noktasından B noktasında ve B noktasından C noktasına 2 doğru parçası oluşturmuştur. Daha sonra sileceği 2 çember oluşturmuş ve renk ayarlarını yapmıştır. Vektörlerin Bileşenleri ödevini açmış ve hemen kapatmış ardından Kütle Merkezi ödevini açmıştır. Kütle Merkezi ödevinde cebir penceresindeki çember ifadelerini kopyalayıp momentum ödevine yapıştırılmıştır. Noktaları ve sürgü isimlerini uyarlamaya çalışarak kütle ile cisimlerin yarıçaplarını bağlamıştır. Bunu yaptığında Ö7, “Tamam, çok iyi, müthiş. Bi’şey yaptım, sadece kütlelerini ayarlayabiliyorum”

demmiştir. Hızını bağlayamadığını ifade etmiş ve “burada bi’şey vardı” diyerek Kuşlar Uçuyor ödevini açmıştır. Ö7, “BaşlatCanlandırma[True], BaşlatCamlandırma[False]” betiklerini girdiği Başlat/Durdur düğmesi ve hiç betik yazmadığı Sıfırla düğmesi eklemiştir. Düğme betiklerinde canlandırması başlatılacak nesne girilmediği için düğme çalışmamıştır, ikinci ifadede ise BaşlatCanlandırma yerine BaşlatCamlandırma yazılarak harf hatası yapıldığı için GeoGebra bu betiğe hata vermiştir. Son olarak işaret kutusu ilgili nesneye bağlanmadan Ö7 tarafından oluşturulmuştur. Ö7’nin bu ödevi görsel öğeler barındıran bir benzetim olmuştur. Düğmeler, işaret kutusu ve 4 sürgü çalışmamaktadır. Kütle sürgüleri değiştirildikçe buna bağlı olan cisimlerin yarıçapları da değişmektedir. Ekran kayıtlarından araştırmacı tarafından gözlemlenildiği kadarıyla yaptığı çıkarımlardan biraz vakit ayırsa GeoGebra’yı daha iyi öğrenebileceği izlenimi uyandırmıştır.

Ö7, momentum ödevinde benzetiminde matematiksel ilişkiler kurmamıştır. Uygulama aşamalarında benzetimi “Hareket vektörleri oluşturulur”, “işaret kutusu oluşturulur” maddelerinden çıkarımla görsel özelliklerine göre küçük parçalara ayırarak ayrıştırma becerileri sergilemiştir. Benzetiminde kütle ve hız sürgülerinin yanı sıra konum sürgüleri de oluşturmuş, ancak kullanmamıştır. Cisimlerin özelliklerine zaman ayırmıştır. Hareketleri ile ilgili çalışmamış, çarpışma ile ilgili uğraşmadığı için odaktan uzaklaşıp görsel öğelere göre soyutlama becerisi gösterdiği düşünülmüştür. Uygulama aşamalarında “oluşturulur, bağlanır” gibi genel ifadeler kullanarak gelişime açık algoritma becerisi olarak yorumlanmıştır. Uygulamaya geçtiğinde düğme, işaret kutusu gibi çalışmayan nesneleri çözme de önem verdiği kütle ve cismin yarıçapını ayarlamanın yolunu bularak hata ayıklama becerisi gösterdiği düşünülmüştür. Momentum ödevinde Ö7, giriş düzeyinde araçları kullanacak seviyede ve önceki benzetimlerinden kısmen uyarlamalar yaparak genelleme yaptığı düşünülmüştür.

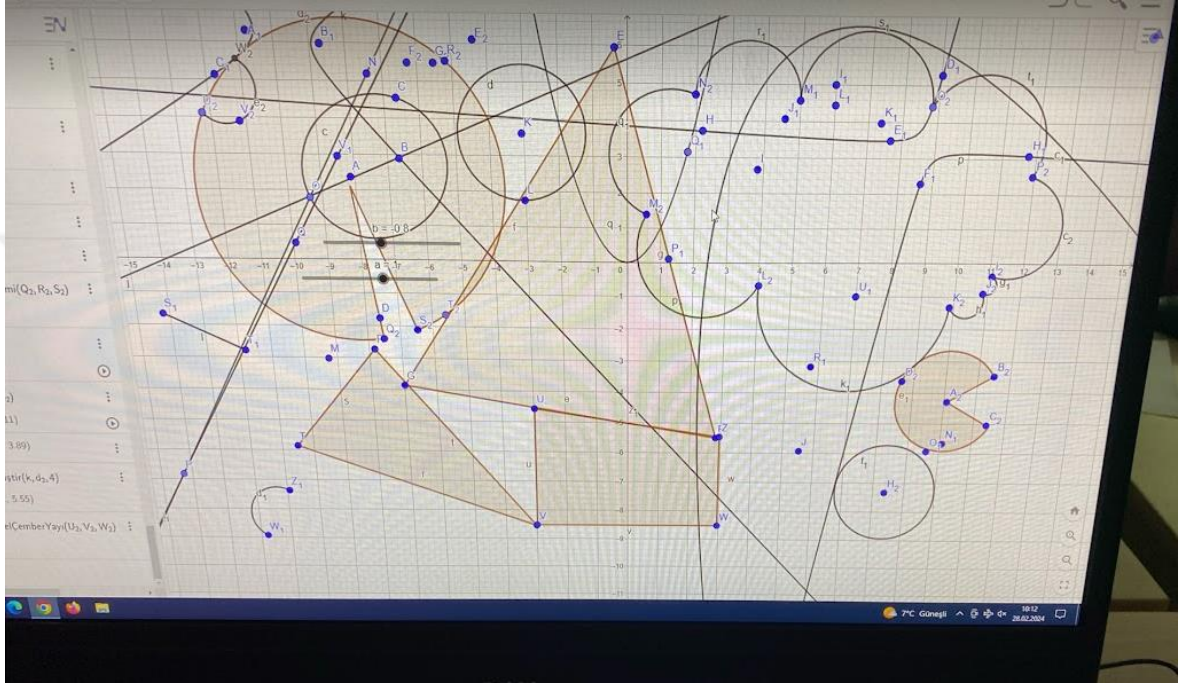
4.1.8. Ö8 için Bulgular

4.1.8.1. Ö8 ile İlgili Demografik Bilgiler

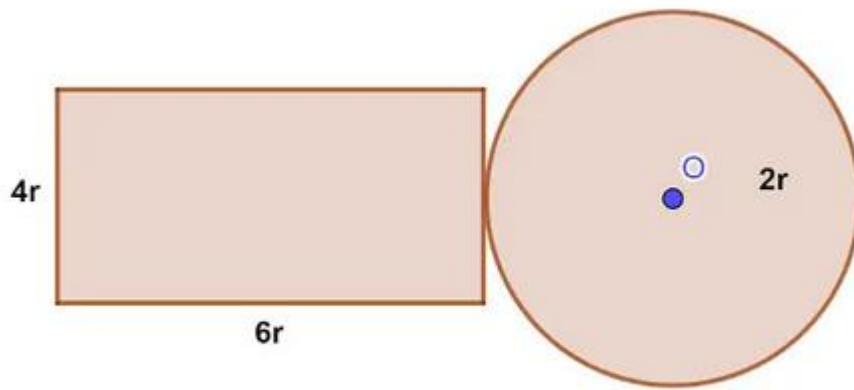
Ö8, erkek ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı günde 1 saatten az ödev yapmak için kullandığını ifade etmiştir. Ö8, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamıştır.

4.1.8.2. Ö8'in Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö8 beş dersin beşine de geç gelmiş. Geç geldiği için derste yapılanları takip etmekte zorlandığı dersler olmuştur. Ö8 verilen 9 ödevin birini yapmamış, birini geç teslim etmiş, diğer yedi ödevi vaktinde tamamlayıp teslim etmiştir. Ö8 sıklıkla derslerin erken olmasından muzdarip olduğunu dile getirmiştir.

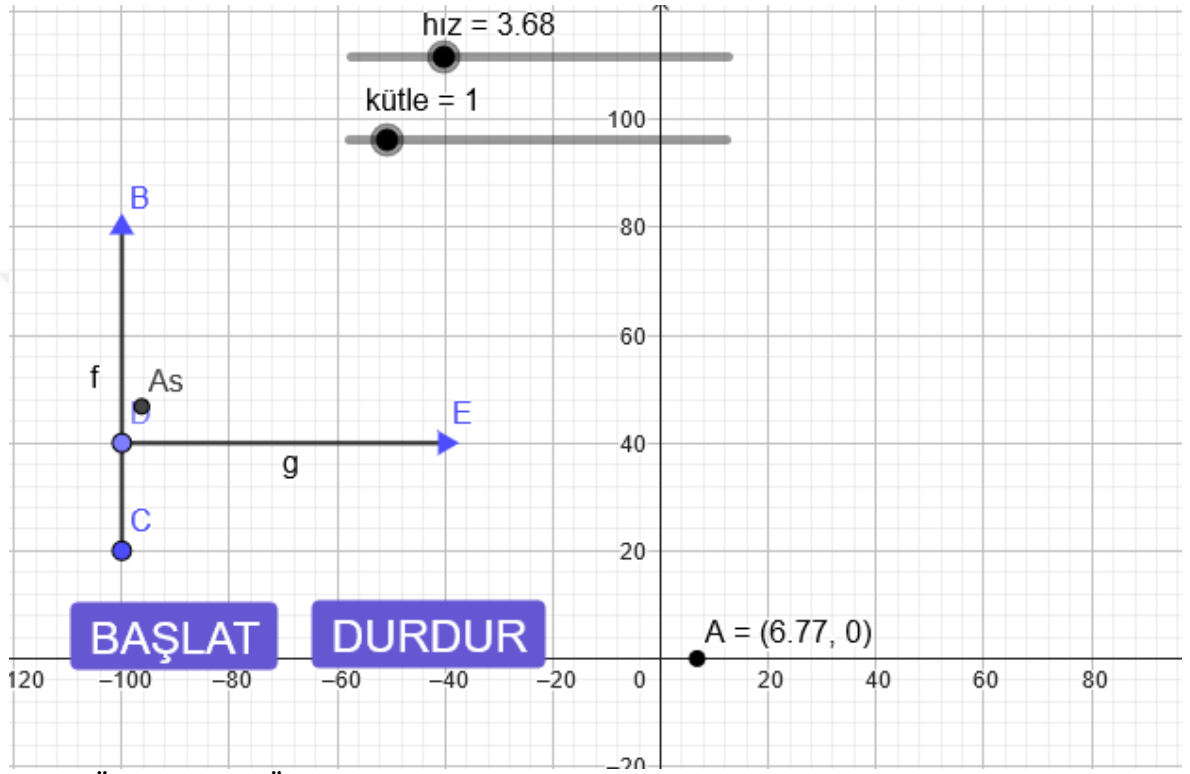


Şekil 4.27 Ö8'in GeoGebra ile Tanışması



Şekil 4.28 Ö8'in Çizim Ödevi

Ö8, Şekil 4.28’de gösterilen çizim ödevini uygulama değil de resim formatında teslim etse de çokgen, nokta, çember, metin araçlarını kullandığı, grafik ayarları ile ızgaraları ve eksenleri kaldırdığı belli olmaktadır. Ö8’in bu ödevinde soyutlama ve genelleme becerileri sergilediği düşünülmüştür. İnşa protokolü görünmese de bu süreçte ayrıştırma ve algoritma becerileri de gösterdiği söylenebilir.



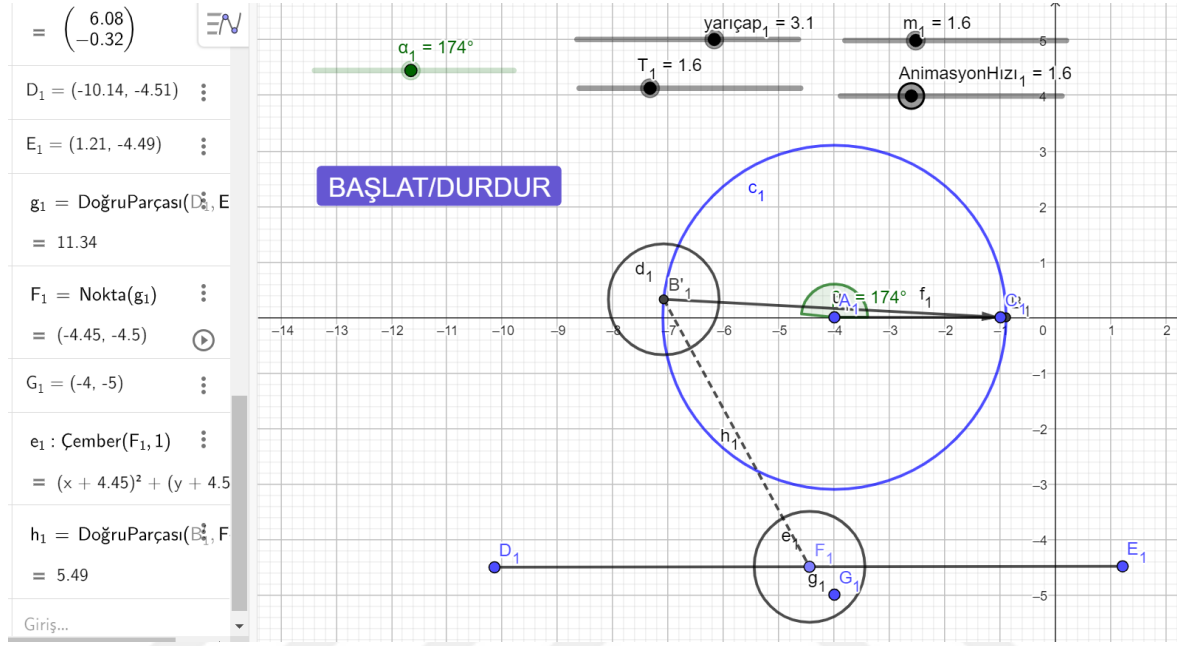
Şekil 4.29 Ö8’in Grafik Ödevi

Ö8, açık uçlu Grafik ödevini yapan birkaç öğrenciden biridir. Bu ödevde A noktası $(\frac{1}{2} \cdot küttele \cdot hız^2, 0)$ koordinatları ile ilerlemekte ve düğmeler benzetimi başlatıp durdurmaktadır. Bu benzetimde hareketli öge hız sürgüsü olarak seçilmiştir. As noktası ise yatay eksenle hız ve düşey eksenle kinetik enerjiyi temsil ederek hareket etmektedir. Ö8’in B ve E noktalarının stilini üçgen şeklinde tercih etmesi doğru parçalarının grafik eksenine görünmesini sağlamıştır. Bu çalışmada Ö8’in, soyutlama, genelleme, ayrıştırma ve algoritma becerileri sergilediği düşünülmüştür. Uygulama sürecindeki ödevlerde hangi problemlerle karşılaştığı ve nasıl çözüldüğü daha önce de belirtildiği gibi gözlemlenemediği için hata ayıklama ile ilgili yorum yapılamamıştır.

TPAB çerçevesinde incelenecek olursa A noktasının kinetik enerjiye bağlı ilerlemesi, fiziksel ve matematiksel açıdan bir terslik olduğunu düşündürmüştür. Öğrencilerin kütleye

ve hıza bağlı kinetik enerjinin nasıl değiştiğini görmesi açısından Ö8'in alan bilgisini, teknolojik ve pedagojik bilgi ile harmanlayabildiğini göstermektedir. Grafik ise hız ve kinetik enerji arasındaki ilişkiyi kullanıcılara aktarmaktadır.

4.1.8.3. Ö8'in Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar

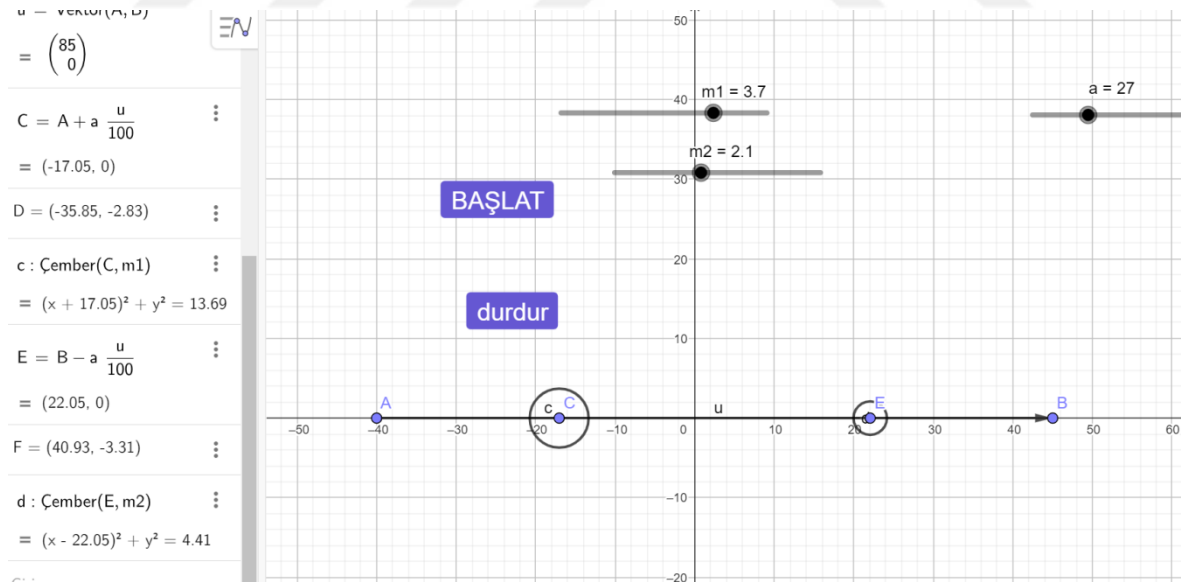


Şekil 4.30 Ö8'in DÇH-BHH Ödevi

Ö8, uygulama aşamaları tablosunu doldurduktan sonra GeoGebra ile çalışmaya başlamıştır. Verilen sıralamalarla sürgü, çember ve vektör oluşturan Ö8, açı oluşturmaya çalışmış ve ardından ders videolarına bakarak verilen ölçüde açı oluşturmuş, bunun için açı sürgüsü de eklemiştir. Kütle Merkezi ödevine bakmıştır. Noktaların Kütle Merkezi ödevindeki formülü cebir penceresine kopyalamıştır. GeoGebra tarafından “Geçersiz Değişken” uyarısına, “Ne geçersiz, ne?” diyerek tepki göstermiştir. Yörünge olarak oluşturduğu çember ile ilgili cebir penceresindeki ifadeden yarıçap ile ilgili yere yarıçap sürgüsünün adını yazarak oluşturduğu yörüngeyi yarıçap sürgüsüne bağlamıştır. Vektör oluştururken cismin merkezinden başlayarak grafik üzerinde bir noktada (C noktası) bitirmiştir. Açı hareket ettikçe vektörün başlangıç noktası cisimle birlikte hareket ederken bitiş noktası C sabit kalmıştır. C'nin de hareket etmesi için cebir penceresinde C'nin tanımında içinde α olan ifadeler yazmış, istediği sonucu alamamıştır. DÇH-BHH benzetimindeki metinleri cebir penceresine yazmış ve daha sonra silmiştir. İzdüşüm için doğru parçası oluşturmuş ve üzerine bir çember çizmiştir. Betik girmeden Başlat/Durdur

düğmesi oluşturmıştır. Yüklenen ödevde yörünge ve cisim bağlı değildir ve tüm nesnelerin adının yanına alt simge olarak 1 eklenmiştir. Ekran kaydı ödevin yüklenmesinden önce durdurulduğu için arada ne olduğu bilinmemesine karşılık, Ö8'in ödevini kopyalayıp başka bir dosyaya kaydederken veri kaybı yaşadığı tahmin edilmektedir. Sonuç olarak Ö8'in ödevinde yarıçap ile yörünge değişmekte, açı ile birlikte cisim dönmektedir. Başlat/Durdur düğmesi, kütle, periyot ve animasyon hızı sürgüsü çalışmamaktadır.

Ö8, bu ödevde matematiksel ifadelerden yararlanmamıştır. DÇH-BHH ödevinde uygulama aşamaları tablosunda ilk üç maddeye bakıldığında “sürgü oluştur”, “çember oluştur”, “vektör oluştur” gibi genel ve ayrıntıdan uzak olacak düzeyde sürgü, çember, vektör, formüller ve işaret kutusu olmak üzere küçük parçalara bölerek ayrıştırma becerisi; animasyonun bir açıya bağlı olması gerektiğini düşünerek açı sürgüsü de ekleyerek ve görsele değil animasyonun çalışmasına odaklanarak soyutlama; benzetimi adım adım uygularken algoritma becerisi; uygulamaya geçtiğinde karşılaştığı yarıçap ile çember oluşturma, açı ile cismi döndürme problemlerini çözebildiğini göstererek hata ayıklama ve giriş düzeyindeki bilgileri tasarımında kullanacak seviyede genelleme ve yinleme becerisi gösterdiği düşünülmüştür.



Şekil 4.31 Ö8'in Momentum Ödevi

Ö8, momentum ödevine önce tarayıcıdan merkezi esnek çarpışma benzetimi arayarak başlamış ve bir PHET benzetimi incelemiştir. Çember ve sürgü oluşturmıştır. Bir ders videosuna hızlıca bakmış ve ödevlerine göz gezdirmiştir. GeoGebra sitesinde çarpışma araması yapmış, ilgili bir benzetim çıkmamıştır. Önceden oluşturduğu çemberin yarıçapına

m1 yazarak çemberi kütle sürgüsüne bağlaştırdı. Vektörle ilerleme ödevini açmış ve kendi GeoGebra dosyasında doğru parçası oluşturmuştur. Cismin merkezindeki noktayı hareket ettirebilmek için o noktaya tanımlamalar yapmıştır. Sürgüler hariç yaptıklarını silmiş ve baştan çember oluşturmuştur. Çemberin merkezindeki noktayı tanımlamak için denemeler yapmıştır. Cebir penceresinde, $A = \text{Nokta}(xEksen)$ yazan yere sırayla $A = E + a$ ve $A = (E + a, 0)$ yazmıştır (Ö8'in benzetimini tekrar silip baştan yapmadan önceki nesnelerinin isimlerinin açıklamaları; A: çemberin merkezi, E: doğru parçasının başlangıç noktası, a: 0'dan 20'ye sürgü). Bu şekilde tanımlama yaptığında A noktası E'den başlayarak yatayda ve düşeyde E noktasında a sürgüsü kadar uzaklaşmıştır. Ö8, vektörle ilerleme ödevine bakmış ve doğru parçasını silip yerine vektör çizmiştir. Çemberlerin merkezini bu vektörün başlangıç bitiş noktalarına göre vektörle ödevinde olduğu gibi tanımlamıştır. Sürgü aralıklarını adapte etmiştir. Başlat ve Durdur düğmeleri için Kuşlar uçuyor ödevindeki düğme betiklerine bakmıştır. Kuşlar uçuyor ödevinde tek düğmede birleşmiş olan Başlat/Durdur düğmesi için betiği Başlat ve Durdur olmak üzere ayrı düğmelere yazmıştır ve iki düğme olarak Momentum benzetiminde kullanmıştır. Sonuç olarak Ö8'in benzetiminde düğmeler ve sürgüler çalışmaktadır. C çemberi A'dan B noktasına, E çemberi B'den A noktasına birbiri içinden geçerek ulaşmaktadır.

Ö8, momentumla ilgili matematiksel ilişki kurmamıştır. Hazırladığı benzetimi çember, sürgü, hareket ve çarpışma olmak üzere bölen Ö8, uygulama aşamaları tablosuna bakıldığı zaman “çember oluştur”, “sürgü oluştur”, “çemberlerin hareketini sağla”, “çemberlerin çarpışmasını sağla” gibi genel ifadeler kullanarak çalışmayı küçük parçalara kısmen bölecek düzeyde ayrıştırma; kütlelere ve çarpışmaya odaklanıp hız ve çarpışma sonrasına ağırlık vermeyecek düzeyde soyutlama; benzetimi yapmaya çalışırken algoritma, çemberlerin hareket etmesini, kütle ile birlikte cisimlerin boyutlarının değişmesini sağlamak için çözüm yolları bularak hata ayıklama becerisi; önceki ödevlerini kullanarak momentum ödevinde uyarlamalar yaparak genelleme becerileri sergilediği düşünülmüştür.

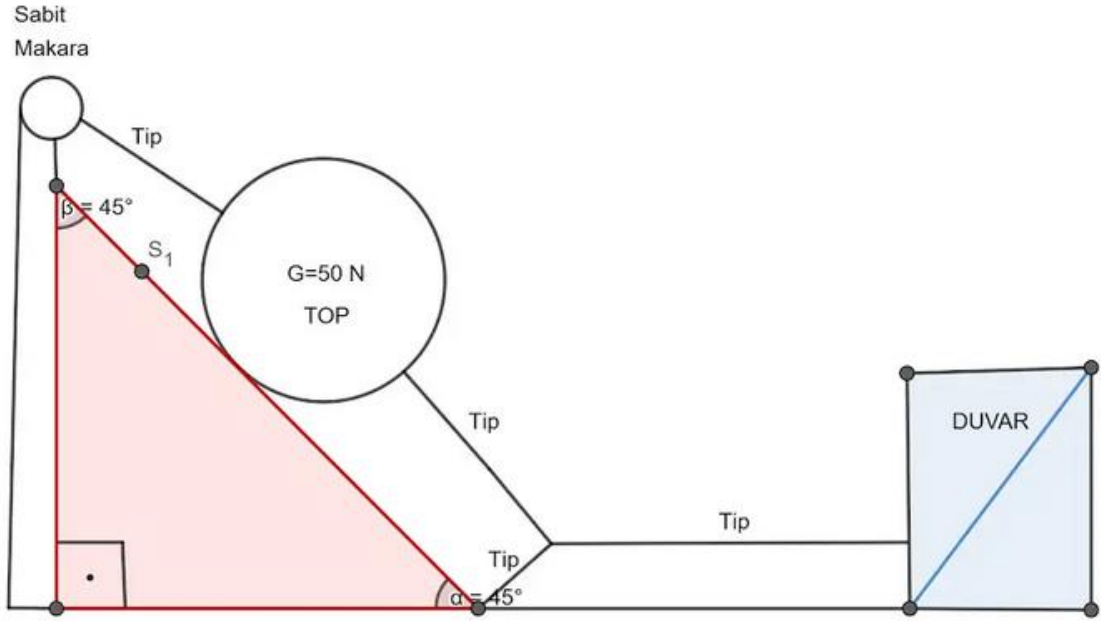
4.1.9. Ö9 için Bulgular

4.1.9.1. Ö9 ile İlgili Demografik Bilgiler

Ö9, erkek ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı günde 1-2 saat ödev yapmak, araştırma ve yazılım için kullandığını ifade etmiştir. Ö8, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamaktadır.

4.1.9.2. Ö9'un Uygulama Sürecindeki Durumu

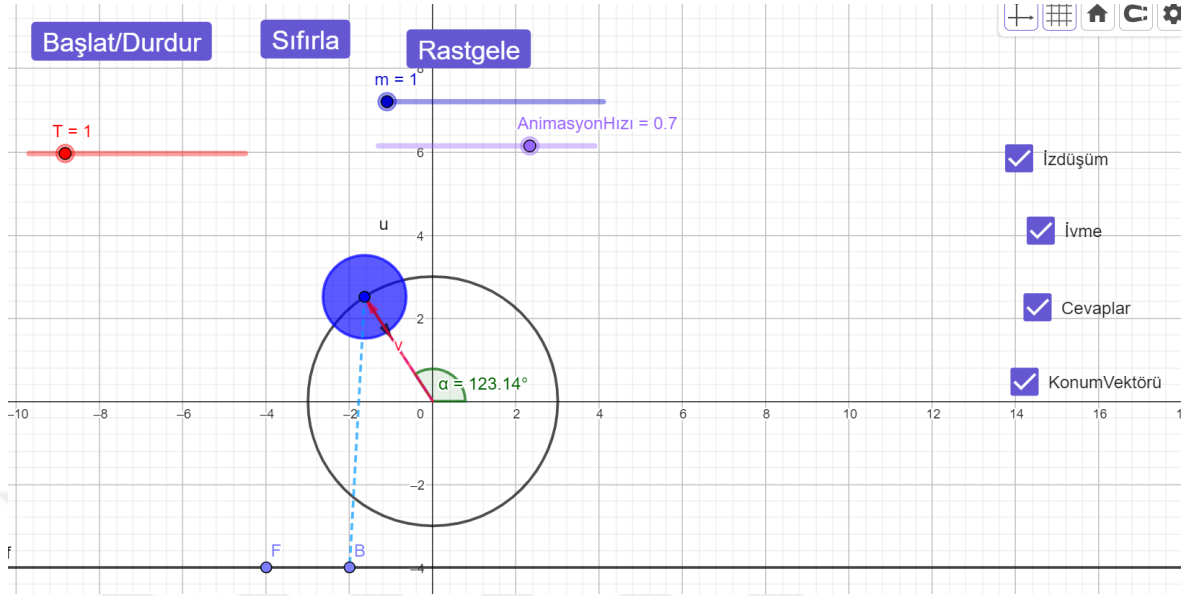
Ö9, bir derse çok geç, iki derse geç gelmiştir. Dokuz ödevden ikisini vaktinde teslim etmiş, diğerlerini teslim etmemiştir. Ö9 derse geldiği günlerde ders ile ilgilidir ancak trafikten ötürü derslere geç kaldığını söylemiştir. Uygulama sonrası ödevi için çalışma kağıtlarıyla gelmesinden ödevlerini yapmasa da çalıştığını belli etmiştir.



Şekil 4.32 Ö9'un Çizim Ödevi

Şekil 4.32'de verilen Ö9'un çizim ödevi resim olarak yüklendiği için ayrıntılar bilinmese de Ö9'un bu çalışmayı yaparken nokta, çokgen, doğru parçası, açı, çember ve metin araçlarını kullandığı görülmektedir. Stil araçları ile nesnelerin renginin değiştirildiği, nesne göster/gizle, etiketi göster/gizle ayarlarının kullanıldığı, grafikte ızgara ve eksenlerin kaldırıldığı görülmektedir. Resme bakarak Ö9'un soyutlama, genelleme, ayrıştırma ve algoritma becerileri sergilediği söylenebilir.

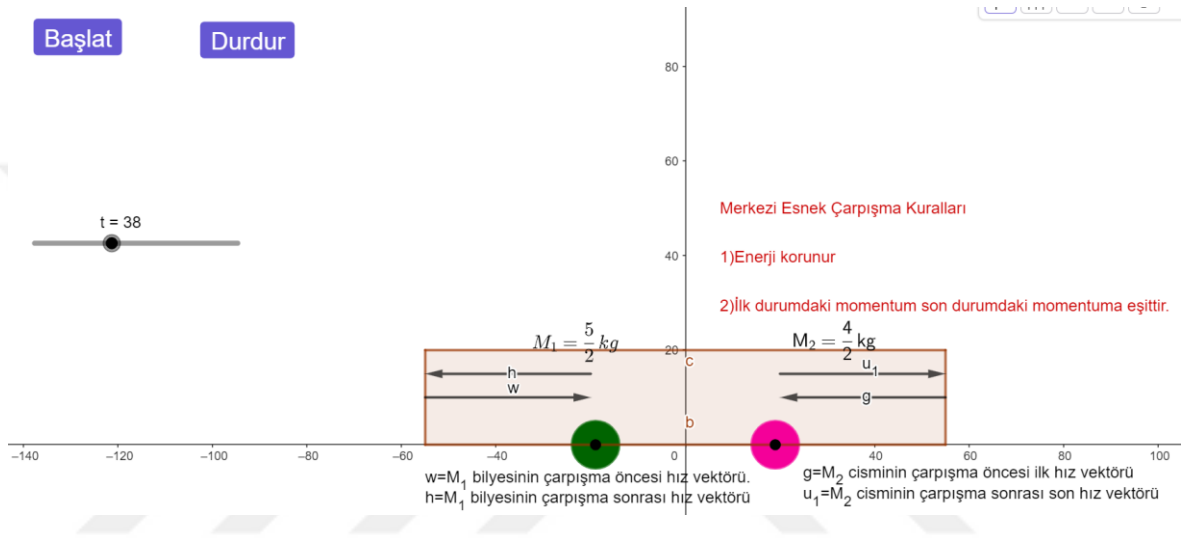
4.1.9.3. Ö9'un Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar



Şekil 4.33 Ö9'un DÇH-BHH Ödevi

Ö9, sürgüleri, düğmeleri ve işaret kutularını ayrı ayrı inceleyerek ayrıntılı ve açıklamalı bir şekilde uygulama aşamaları tablosunu doldurmuştur. Uygulamaya yarıçap sürgüsü ve bu sürgüye bağlı yörüngeyi oluşturan bir çember çizerek başlamıştır. Ö9, ardından kütle sürgüsü oluşturmuş ve yörünge üzerinde bir nokta seçerek cisim kütle sürgüsüne bağlamıştır. Kütle değerleri cismin yarıçapı için büyük olduğundan, Ö9 daha küçük ölçeklendirmeye çalışmış ve çok küçük bir yanlış cebir uygulaması yüzünden olmamıştır. İzdüşümü oluştururken, yörüngeden bir birim aşağıda bir nokta seçerek paralel doğru aracıyla x eksenine paralel bir doğru çizmiştir. Cismin merkezinden paralel doğruya doğru dik olduğunu düşündüğü bir şekilde doğru parçası aracını kullanmıştır. Açık aracıyla biraz sorun yaşasa da daha sonra istediği durumda açıyı kullanabilmiştir. İvme ve konum vektörlerini eklemiştir. Konum vektörü için yörünge merkezinden cismin merkezine doğru bir çember çizmiştir. İvme vektörü için ise cismin merkezinden yörünge merkezi arasındaki doğru parçası üzerinde bir nokta oluşturup, o noktaya doğru vektör oluşturmuştur. T ve AnimasyonHızı sürgülerini sonradan ekledi ve herhangi bir nesne için kullanmamıştır. Oluşturduğu düğmeler eksik betiklerden ötürü çalışmamıştır. İşaret kutularını ilgili vektörlere bağlamıştır. İzdüşüm ile cevaplar olarak isimlendirilen işaret kutuları ise ilgisiz nesnelere bağlanmıştır. Sonuç olarak Ö9'un DÇH-BHH ödevi görsel özellikleri olan ama GeoGebra'nın dinamik ve matematiksel özelliklerini kullanmadığı bir çalışma olmuştur.

Ö9, DÇH-BHH benzetiminde matematiksel ifadeler kullanmamıştır. Uygulama aşamalarında ayrıntılı ve açıklamalı bir şekilde basamakları anlatmasından ayrıştırma becerisi sergilediği düşünülmüştür. Ö9'un bu ödevi yaparken ihtiyacı olan araçları seçmesi soyutlama; bu araçları kullanabilmesi genelleme; aşama aşama benzetimi yürütmesi algoritma ve karşılaştığı problemleri çözerken gelişime açık bir düzeyde hata ayıklama becerisi gösterdiği gözlemlenmiştir. Ö9 birden fazla sürgüyü kullanıp, seri bir şekilde işaret kutuları oluştururken ve vektörleri kullanırken yineleme becerisi sergilediği düşünülmüştür.



Şekil 4.34 Ö9'un Momentum Ödevi

Ö9, DÇH-BHH ödevinde olduğu gibi Momentum ödevinde de ayrıntılı bir şekilde uygulama basamakları tablosunu doldurmuştur. Bu ödevinde masanın üzerinde çarpışan iki misketi temsil ettiğini uygulama aşamaları tablosuna yazan Ö9, öncelikle masayı çokgen aracını, misketleri ise çember:merkez&yarıçap araçlarını kullanarak yapmıştır. Zaman için t sürgüsü oluşturmuştur. Misketlerin hareket etmesi için çemberlerin merkezini oluşturan noktaları zamana bağlı konum denklemleriyle tanımlamıştır, örneğin pembe misketin merkezini oluşturan E noktasını $E=(0.5t, 0)$ olarak yazmıştır. Başlat ve Durdur düğmelerini t sürgüsüne bağlı ve doğru betiklerle yazmıştır. Bilgi vermek için metin aracını vektörleri ise temsili olarak kullanmıştır. Ö9'un bu ödevinde yeşil ve pembe misket birbirlerine doğru sabit hızlarla hareket etmekte ve merkezleri çakışacak şekilde üst üste geldikten sonra tekrar geri dönmektedir. Bu çalışmada sürgü ve düğmeler çalışmaktadır.

Ö9'un Momentum ödevinde ayrıntılı bir şekilde uygulama aşamaları tablosu doldurularak benzetim küçük parçalara ayrıldığı için ayrıştırma; konuyu olabildiğince sade

bir şekilde sunan bir benzetim tercih edildiği için soyutlama; misketlerin hareketine girilen denklemler, vektörlerin çizimi, metinlerin kullanımı için yineleme; önceden öğrenilen GeoGebra araçları ilgili yerlerde kullanılırken genelleme; bu süreçte Ö9 adım adım kararlı bir şekilde benzetimi ilerlettiği için algoritma ve misketlerin merkezlerinin x koordinatlarına 2t yazdıktan sonra masaya sığması ya da daha yavaş gitmesi için 0.5t olarak değiştirerek hata ayıklama becerileri sergilendiği düşünülmüştür.

Momentum ödevinde benzetime gösterdiği özene bakılacak olursa, alan bilgisi ile ilgili metinlerin pedagojik bir yaklaşımla benzetime eklenmesi, nesnelerin açıklamalarının yapılması, Ö9'un TPAB becerileri gösterdiğini düşündürmüştür.

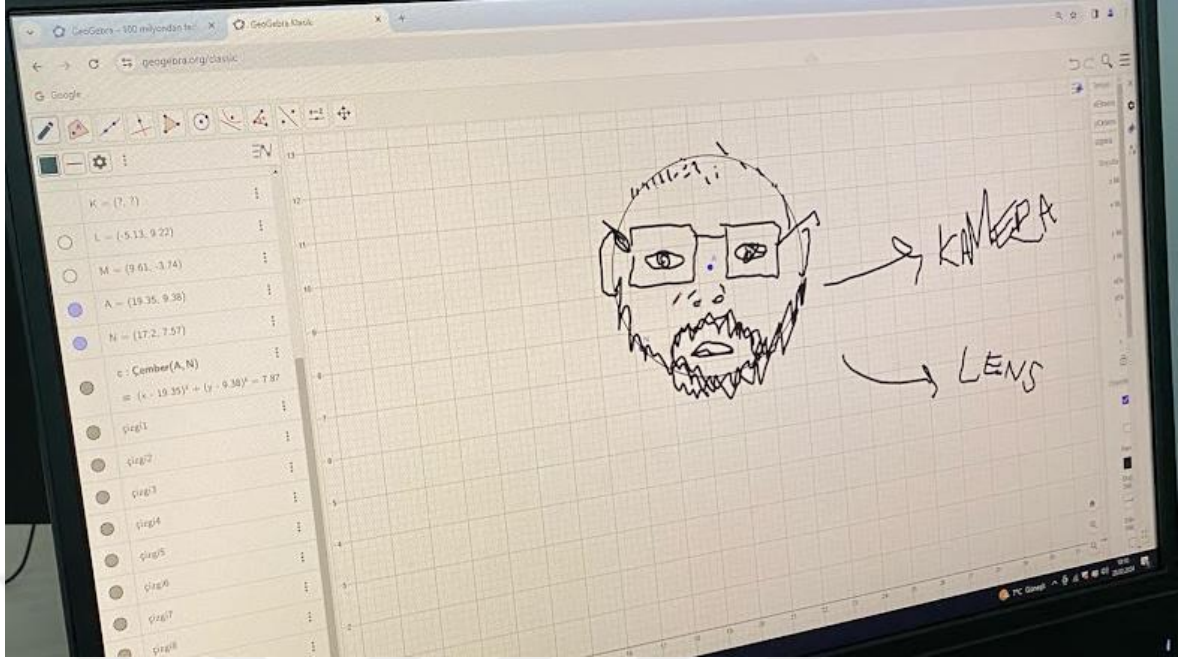
4.1.10. Ö10 için Bulgular

4.1.10.1. Ö10 ile İlgili Demografik Bilgiler

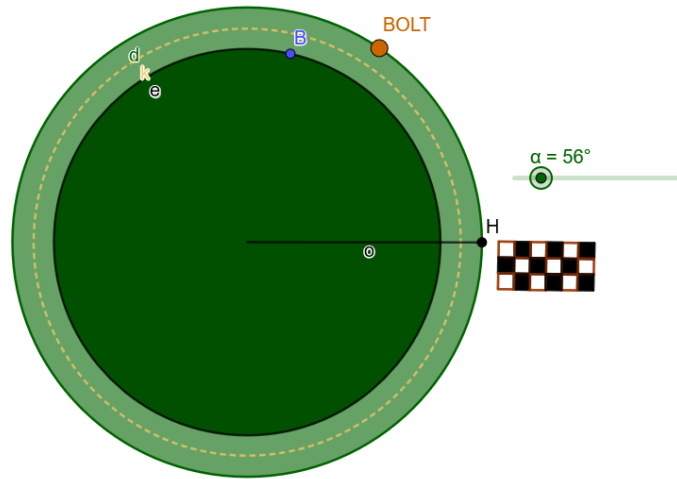
Ö10, erkek ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı günde 3-4 saat film izlemek için kullandığını ifade etmiştir. Ö10, bilgisayar kullanabilme durumunu “Çok iyi” olarak tanımlamaktadır.

4.1.10.2. Ö10'un Uygulama Sürecindeki Durumu

Ö10, iki derse çok geç gelmiş, diğer derslere katılmamıştır. İki ödevini geç tamamlayan Ö10, diğer ödevlerini teslim etmemiştir. Ö10 geç tamamladığı ödevin altına yorum olarak bilgisayarı olmadığı için yapamadığını, tabletinden çalıştıramadığını ve bir bilgisayar temin edip ödevler için çalıştığını söylemiş, sadece matematik ile ilgili bir çizim ödevi ve Şekil 4.35'de gösterilen verilen ödevden farklı bir kuşlar uçuyor ödevi teslim etmiştir.



Şekil 4.35 Ö10'un GeoGebra ile Tanışması

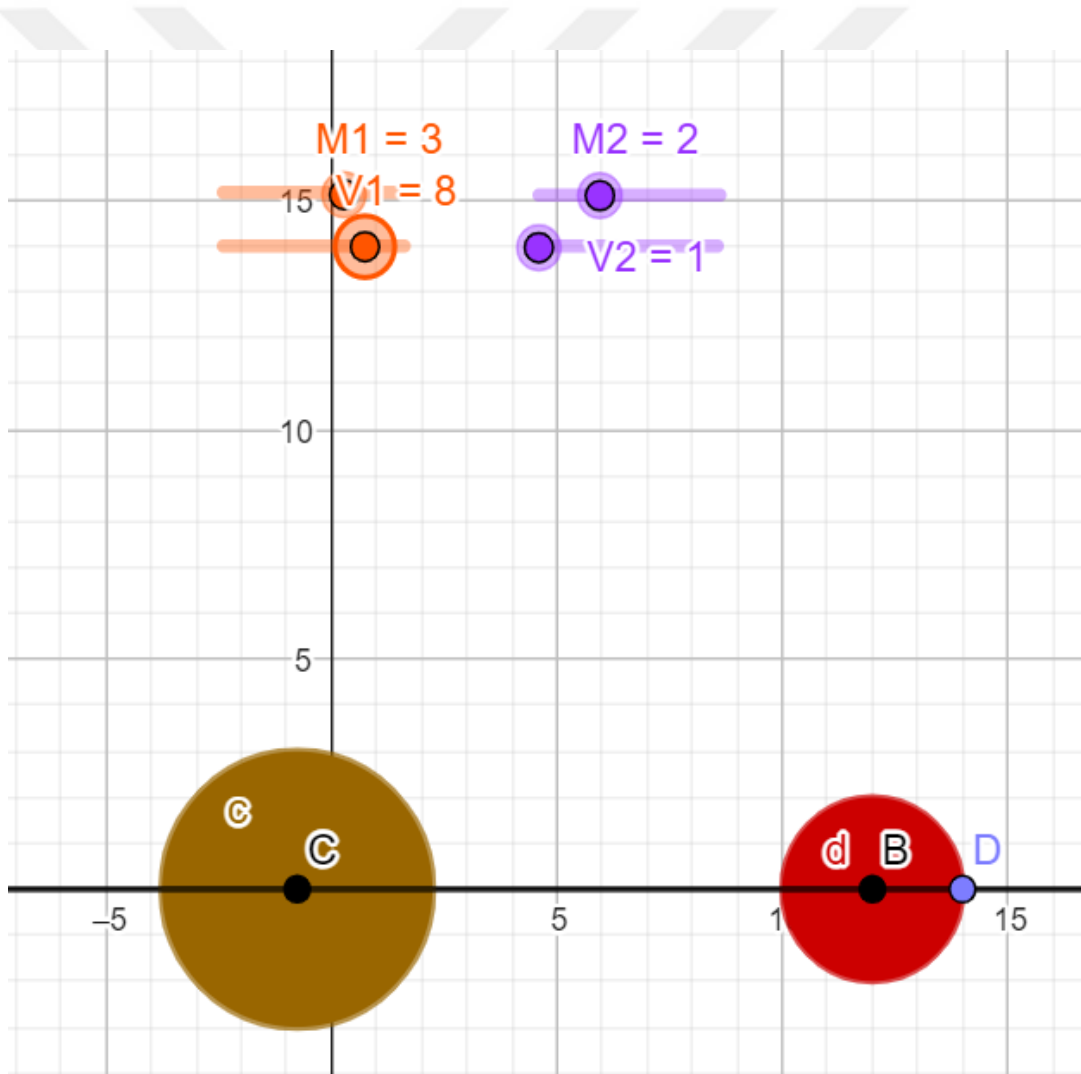


Şekil 4.36 Ö10'un Kuşlar Uçuyor Ödevi

Ö10'un bu ödevinde çemberler kullanılarak dairesel bir pist yapılmıştır. BOLT isimli nokta H noktasından başlayarak çembersel hareket yapıp tekrar H noktasına dönmektedir. Bayrak 18 çokgen ile GeoGebra kullanılarak yapılmıştır.

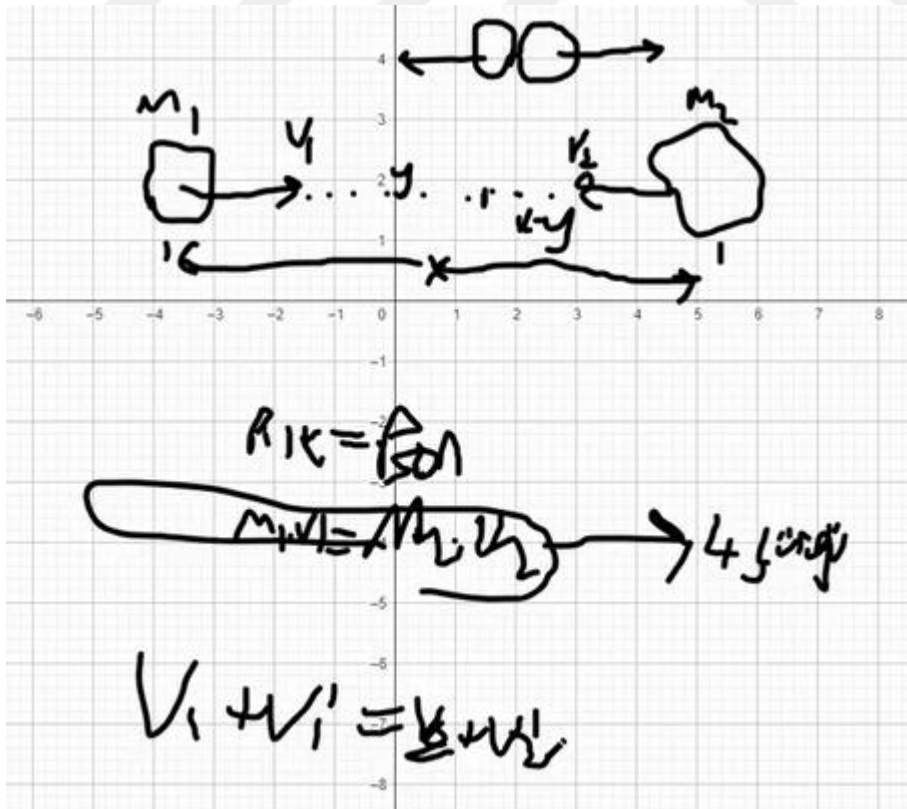
çembersel hareket yapmakta ve F noktası basit harmonik hareket yapmaktadır. Ö10 düğme ve işaret kutularını kullanmamıştır.

Ö10, bu ödevinde uygulama aşamaları tablosunda benzetimi küçük parçalara ayırarak ayrıştırma; benzetimdeki kritik nokta olan açığa bağlı canlandırma özelliğini, izdüşümler için dik doğru araçlarının kullanılabilirliğini fark ederek soyutlama; öğrendiği GeoGebra araçlarını kullanarak genelleme; benzetimi yapmak için adım adım ilerleyerek algoritma, aynı mantığa sahip öğeleri, örneğin izdüşüm için dik doğruları tekrar tekrar kullanarak yineleme becerileri gösterdiği düşünülmüştür. Hataları çözmek kadar hataları fark etmek de hata ayıklama becerisine dahil olduğu düşünülürse, Ö10 yanlış yerdeki açığı değiştirmeye çalışmasa da uygulama esnasında hata ayıklama becerileri gösterdiği düşünülmüştür.



Şekil 4.38 Ö10'un Momentum Ödevi

Ö10, ödevde başlarken GeoGebra'nın Kalem aracını kullanarak Şekil 4.39'da verilen taslağı grafik penceresinde çizmiştir. M1, M2, V1 ve V2 sürgüleri oluşturmuştur. A ve B noktaları oluşturmuştur. Yüksek ihtimalle A noktasının M1 kütlesiyle değişen yarıçapa sahip bir cisim olması için cebir penceresinde $A=M1$ yazmış ve nokta silinmiştir. Tekrar bir nokta oluşturmuş (C noktası) ve çember:merkez&yarıçap aracı ile kütle sürgülerini çemberlere bağlamıştır. Cebir penceresine momentum korunumu denklemini olduğu gibi yazmış ve program otomatik VORT sürgüsü oluşturmuştur (Ö10'un burada yapmak istediği şey V_{ORT} hesaplatmak olabilir, bunun için V_{ORT} yalnız bırakarak denklemi yazıp sayısal değer oluşturabilirdi). Ö10 "bunlar nasıl hareket edecek ya?" diyerek cisimleri hareket ettirmenin bir yolunu aramıştır. Zamana bağlı denklemler yazmış, denklem herhangi bir noktaya bağlı olmadığı ve de bir zaman sürgüsü olmadığı için otomatik sürgüler oluşmuş, yine noktalar hareket etmemiştir. Noktaya ters tıklayınca ayarlarda çıkan "Canlandır" özelliğini seçerek Ö10 C merkezli çemberi hareket ettirmiştir. C merkezli çember kırmızı cisme doğru önce hızlanan bir hareket yaparak ekranın sağ tarafından çıkıp tekrar sol taraftan yavaşlayarak gelmekte ve aynı durumu tekrar etmektedir. Kütle sürgüleri cisimlerle ilişkili, hız sürgüleri bir nesneye bağlı değildir. Bu çalışmada da düğme ya da işaret kutusu yoktur.



Şekil 4.39 Ö10'un Momentum Ödevi için Hazırladığı Taslak

Ö10 taslak çizerek ve uygulama aşamaları tablosunda benzetimi küçük parçalara ayırarak ayrıştırma; kütle ve hız gibi gerekli değişkenleri belirleyerek soyutlama; ilgili yerlerde GeoGebra araçlarını kullanarak genelleme; sürgü oluştururken, sürgüleri cisimlere bağlarken tekrar eden işlemler kullandığı için yinleme; sıralı adımlar oluşturduğu için algoritma; başlangıçta kütleleri bağlamak da zorlansa da hemen çözüm yolu bularak hata ayıklama becerileri sergilediği düşünülmüştür.

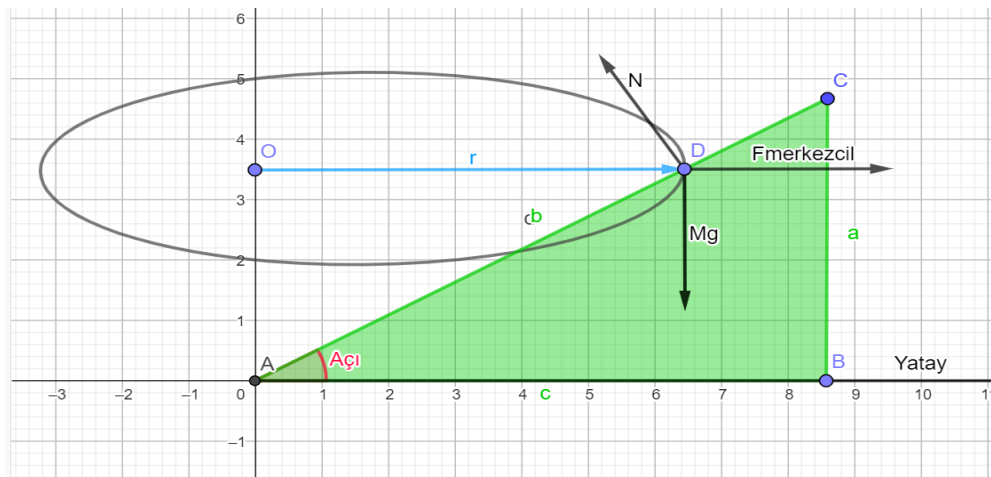
4.1.11. Ö11 için Bulgular

4.1.11.1. Ö11 ile İlgili Demografik Bilgiler

Ö11, erkek ve 3.sınıf öğrencisidir. Kişisel Bilgiler Formunda kişisel bilgisayarı olduğunu ve bilgisayarı günde 1-2 saat oyun oynamak, film izlemek ve ödev yapmak için kullandığını ifade etmiştir. Ö11, bilgisayar kullanabilme durumunu “Yeterli” olarak tanımlamaktadır.

4.1.11.2. Ö11’in Uygulama Sürecindeki Durumu

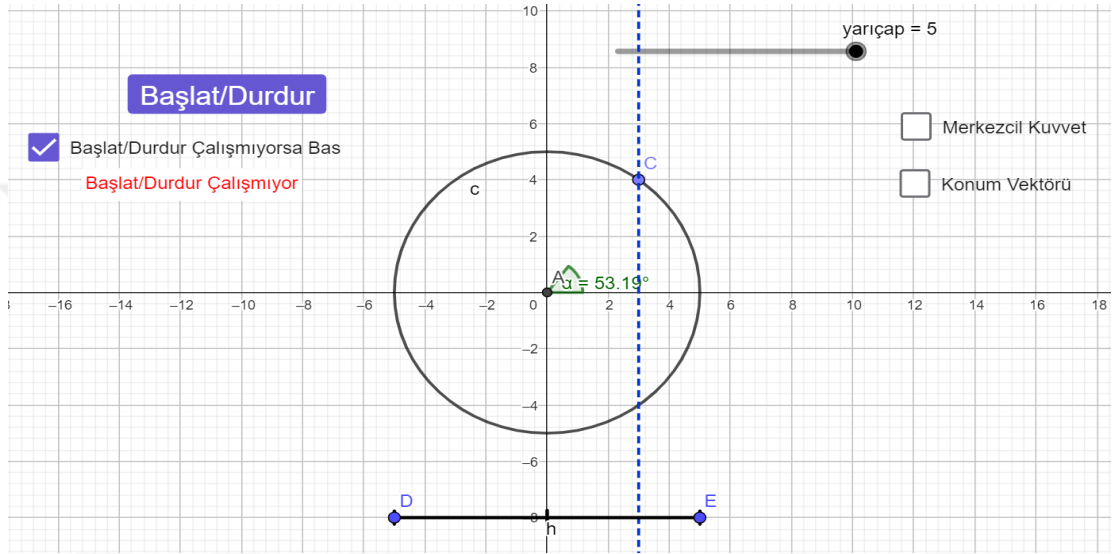
Ö11, bir derse geç, iki derse vaktinde gelmiş ve diğer derslere gelmemiştir. Dokuz ödevden çizim ödevini vaktinde, Noktaların Kütle Merkezi ödevini geç teslim eden Ö11, diğer ödevlerini teslim etmemiştir. Ö11 derse ilgili olmasına rağmen halihazırda benzetimler varken GeoGebra ile benzetimler yapmanın zaman alıcı ve gereksiz olduğunu dile getirmiştir. Ö11, derste GeoGebra ile ilgili bazı durumlara çözümler bulup aktarmış, GeoGebra ile ilgili güzel sorular sormuştur.



Şekil 4.40 Ö11’in Çizim Ödevi

Ö11, çizim ödevi için Şekil 4.40'daki ödevi teslim etmiştir. Bu ödevde nokta, çokgen, elips, dilim açısı, doğru parçası, vektör ve metin araçlarını kullanmıştır. Ö11 bu ödevi yaparken kullandığı araçları seçerken soyutlama ve genelleme; benzer işlemleri tekrar ederken yineleme; inşa protokolü incelendiğinde ayrıştırma ve algoritma becerileri sergilediği düşünülmüştür.

4.1.11.3. Ö11'in Uygulama Sonrası Ödevleri ve Yorumlar



Şekil 4.41 Ö11'in DÇH-BHH Ödevi

Ö11 öncelikle merkez ve nokta seçerek çember oluşturmuştur. Yarıçap sürgüsünü sonradan eklemiştir. Sürgü ile çember arasında ilişki kurmak için cebir penceresinde “c:Çember(A,B)” yazan satırda B yerine “yarıçap”(sürgünün adı) yazmış ve artık sürgü ile çemberin yarıçapı birbirine bağlanmıştır. Çember üzerinde bir C noktası seçti ve merkeze doğru bir vektör çizerek $F_{\text{merkezcil}}$ olarak isimlendirmiştir. Yörünge merkezinden C noktasına doğru bir vektör aracı ile konum vektörünü çizmiş, kuvvet vektörü ve konum vektörünü işaret kutularına bağlamıştır. Başlat/Durdur düğmesi betikleme hatası yüzünden çalışmamıştır. Dik Doğru aracı ile C noktasından x eksenine dik doğru oluşturmuştur. Açısı aracıyla C noktasının yatay ile yaptığı açığı göstermiştir. D ve E noktalarını oluşturarak bu iki nokta arasında h doğru parçasını çizmiş. D ve E noktalarının yarıçap ile değişmesi için birkaç deneme yaptıktan sonra tanımlarını $D=(-\text{yarıçap}, -8)$ ve $E=(\text{yarıçap}, -8)$ olarak düzenlemiştir; böylece çemberin altındaki doğru parçasının uzunluğu çemberin çapıyla birlikte değişmiştir. Çalışmayan düğme için Ö11, tıkladığında “Başlat/Durdur Çalışmıyor” uyarısı veren işaret kutusu da eklemiştir. Düğmesi bir boşluk sebebiyle çalışmamıştır. İşaret

kutuları ilgili vektörlere bağlı bir şekilde çalışmaktadır. Yarıçap sürgüsü ise yörüngeye bağlanmıştır.

Ö11'in bu ödevinde doğrudan Fizik ile alakalı matematiksel ilişki gözlemlenmemiştir, matematiksel ilişkiler noktaların ve çemberlerin değerleri ile çalışırken gözlemlenmiştir. Ö11'in uygulama aşamaları tablosunda çözüm yolları “çember oluştur”, “nokta oluştur”, “sürgü oluştur” gibi tersten gitse de süreç içerisinde Ö11 bu terslikleri çözmüştür. Bu süreçte ayırtıştırma, algoritma ve hata ayıklama becerilerini birbirini takip edecek şekilde kullandığı gözlemlenmiştir. Ö11 olabildiğince sade düşünerek benzetimi benzetmeye çalışarak soyutlama; önceki bilgilerini uygulayarak genelleme becerileri sergilediği düşünülmüştür. Vektör, işaret kutuları ve tanımları değiştirilen noktalar için yineleme becerileri kullandığı gözlemlenmiştir. Çemberi yarıçap sürgüsüne bağlanması, noktaların yarıçap ile değişmesi, metinlere alt simge eklenmesi süreçlerinde hata ayıklama becerileri gösterildiği düşünülmüştür.

4.2. TPABÖGÖ ile İlgili Bulgular

GeoGebra uygulaması öncesinde ve sonrasında katılımcılara Timur ve Taşar (2011) tarafından Türkçe'ye çevrilen TPABÖGÖ uygulanmıştır. Tek örneklem ile çalışıldığı ve katılımcı sayısı az olduğu için veri analizinde Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmıştır. Veriler SPSS 22.0 ile analiz edilmiştir. TPABÖGÖ TPAB, TPB, TAB ve TB olmak üzere dört alt boyutta ve toplam puanına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1 Deney Grubu TPABÖGÖ Ölçeği Öntest-Sontest Puanları Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek İçin Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi Sonuçları

	Z	p
TPAB öntest-sontest	-1,780	,075
TPB öntest-sontest	-1,484	,138
TAB öntest-sontest	-1,296	,195
TB öntest-sontest	-,089	,929
Toplam öntest-sontest	-1,246	,213

Tablo 4.1’de Z ve p değerleri verilen analizlere bakıldığında zaman TPABÖGÖ’nün hiçbir boyutunda ve toplamında GeoGebra öncesi ve sonrası anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Veriler kadın ve erkek olarak ayrı ayrı incelendiğinde ise kadınlarda hiçbir boyutta ve toplamda anlamlı bir farklılık gözlemlenmezken; erkeklerde TPAB alt boyutunda öntest ve

sontest arasında $Z=-2,023$ ile $p=.043$ ve TPABÖGÖ öntest ve sontest arasında $Z=-2,028$ ile $p=.043$ değerinde anlamlı farklılık bulunmuştur.

Tablo 4.2 Kadın Katılımcılar için TPABÖGÖ Ölçeği Öntest-Sontest Puanları Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek İçin Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi Sonuçları

	Z	p
TPAB öntest-sontest	0	1,000
TPB öntest-sontest	-0,184	,854
TAB öntest-sontest	-0,184	,854
TB öntest-sontest	-1,841	,066
Toplam öntest-sontest	-0,552	,581

Tablo 4.2 de görüleceği üzere, deney grubundaki kadınların TPABÖGÖ ölçeğinden aldıkları öntest ve sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığını test etmek için yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi sonucunda sıralamalar ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak $p<.05$ düzeyinde anlamlı değildir.

Tablo 4.3 Erkek Katılımcılar için TPABÖGÖ Ölçeği Öntest-Sontest Puanları Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek İçin Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi Sonuçları

	Z	p
TPAB öntest-sontest	-2,023	,043
TPB öntest-sontest	-1,581	,114
TAB öntest-sontest	-1,355	,176
TB öntest-sontest	-1,778	,075
Toplam öntest-sontest	-2,028	,043

Tablo 4.3 den anlaşılacağı üzere, deney grubundaki erkeklerin TPABÖGÖ ölçeğinden aldıkları öntest ve sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığını test etmek için yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Sıralar Testi sonucunda sıralamalar ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak $p<.05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. TPAB alt boyutunda öntest ve sontest arasında $Z=-2,023$ ile $p=.043$ ve TPABÖGÖ öntest ve sontest arasında $Z=-2,028$ ile $p=.043$ değerinde anlamlı farklılık bulunmuştur. Anlamlı farklılıklar son test lehinedir. Bir başka deyişle erkek öğrencilerin TPAB ve TPABÖGÖ düzeyleri anlamlı bir şekilde artmıştır.

4.3. Görüş Formları ile İlgili Bulgular

Araştırmaya katılan 19 katılımcıdan, 15 katılımcının görüş formu araştırmaya dahil edilmiştir. Görüş formları incelenerek benzerlik gösteren, tekrar eden ifadeler için kodlar oluşturulmuştur ve bu kodlar yardımıyla ortak temalar elde edilmiştir. GeoGebra'nın olumlu yönleri, GeoGebra kullanımında yaşanan zorluklar ve materyal tasarlamak için GeoGebra kullanımı ile ilgili düşünceler olmak üzere üç alt başlıkta toplanmıştır. GeoGebra'nın olumlu yönleri ile ilgili ortak temalar, görselleştirme ve somutlaştırma, materyal ve benzetim tasarlama, anlamayı ve öğrenmeyi kolaylaştırma, teknoloji kullanımı ve uygulama imkanı, eğlenceli ve motive edici olarak bulunmuştur. GeoGebra kullanırken karşılaşılan zorluklar ile ilgili matematikle/formüllerle ilişkilendirme ve araçları kullanma temaları ortaya çıkmıştır. Materyal tasarlamak için GeoGebra kullanımı ile ilgili düşünceleri katılımcılara sorulduğunda olumlu, koşullu ve olumsuz yanıtlar alınmıştır.

4.3.1. GeoGebra'nın Olumlu Yönleri

Görüş formlarının değerlendirilmesi sürecinde GeoGebra'nın olumlu yönleri, görselleştirme ve somutlaştırma, materyal ve benzetim tasarlama, anlamayı ve öğrenmeyi kolaylaştırma, teknoloji kullanımı ve uygulama imkanı, eğlenceli ve motive edici başlıkları altında toplanmıştır.

4.3.1.1. Görselleştirme ve Somutlaştırma

Katılımcıların görüş formlarında benzer özellik gösterdiği düşünülen ve tekrar eden görsel, somut, görselleştirme, somutlaştırma, akılda kalıcı, kavram yanılgısını önleme, anlamaya yardımcı ifadeleri görselleştirme ve somutlaştırma teması altında toplanmıştır. 15 katılımcıdan 10'u görüş formunda bu ifadelere yer vermiştir. GeoGebra'nın dinamik yapısı konuların somutlaştırılmasına ve görselleştirmesine olanak sağlamaktadır. Ö2, Ö3, Ö5 ve Ö6'nın görüş formundan görselleştirme ve somutlaştırma ile ilgili alıntılarına aşağıda yer verilmiştir.

Ö2: Fizikte aslında soyut olan durumları GeoGebra üzerinde göstermek o durumu somutlaştırmamıza yardımcı oldu. Bu da öğrenciye aktarma bakımından ve öğrencinin anlaması bakımından kolaylık sağlar.

Ö3: Hareket, atış, kütle ve ağırlık merkezi ile ilgili konuları anlatırken olayları hem görsel olarak hem de grafikte destekleyerek dersin sadece işitsel yön ile sınırlı kalmasını engellemesi

Ö5: *Geliştirdiğimiz materyaller fizik öğretiminde görsel olarak akılda kalıcı olması açısından büyük önem arz etmektedir. Simülasyonda yaptığımız değişikliklerin sonucunu rahat bir şekilde gözlemleyebiliriz.*

Ö6: *Öğrencilerin konuyu kavram yanılışı yaşamadan, sorunsuz bir şekilde öğrenmelerini sağlar. Bu da olayı öğrencinin görsel olarak görebilmeleri sayesinde.*

Katılımcılar özellikle değişkenleri ayarlayabilme konusuna vurgu yaptı. GeoGebra’da sürgülerle oluşturduğunuz değişkenler sayesinde hem çok çeşitli benzetim/animasyon oluşturabilir hem de değişkenler ile sonuçların nasıl değiştiğini gözlemleyebilirsiniz.

4.3.1.2. Materyal ve Benzetim Tasarlama

GeoGebra öğretim materyali ve kendi benzetimlerinizi oluşturabilmenize imkan tanımaktadır. Katılımcılardan dokuzu tasarlama, materyal tasarlama, benzetim tasarlama, üretmek, materyal geliştirmek, kendi benzetimini yapmak ifadelerini kullanmıştır. Ö1, Ö5, Ö6, Ö8, Ö11, Ö13 ve Ö14’ün yorumları aşağıda verildiği gibidir.

Ö1: *... kendimiz yapmamız hem simülasyona hakim olmamızı sağlar hem de kendi hayal gücümüze göre tasarlayabiliriz.*

Ö5: *İstediğim şekilde tasarım yapabilme olanağı sunması hoşuma giden yönlerindendi. Herşeyi detaylı olarak değiştirebilmek bizim için bir avantaj.*

Ö6: *... İhtiyacım olan materyali kendi ihtiyaçlarım doğrultusunda kişiselleştirerek hazırlayıp, kullanabilmek.*

Ö8: *Sayısız seçenek olmasından dolayı fizik alanını büyük anlamda kapsayan çok sayıda simülasyon oluşturabileceğimiz hoşuma giden yönüdür.*

Ö11: *Neredeyse istediğimiz her konuda simülasyon, ders materyali hazırlayabiliriz. Derste anlatacağımız konu ile ilgili internette simülasyon veya ders materyali bulamadığımızda kendimiz üretebiliriz.*

Ö13: *Kendi yazdığım ve ayarladığım verilerle bir simülasyon oluşturmak çok hoşuma gitti.*

Ö14: *Öğrencilerime kendi simülasyonlarımı kullandırmak güzel olurdu.*

Özellikle katılımcıların kendi tasarımlarını yapmak ile ilgili düşünceleri dikkat çekmiştir.

4.3.1.3. Anlamayı ve Öğrenmeyi Kolaylaştırma

GeoGebra kullanımı ile ilgili 5 katılımcı, konuyu pekiştirme, anlamayı kolaylaştırma, öğrenmeyi kolaylaştırma, kalıcı öğrenme, daha iyi öğrenme ifadeleri kullanarak GeoGebra'nın öğrenmeye katkısına vurgu yapmıştır. Ö2, Ö4, Ö10 ve Ö11'den konuyla ilgili yapılan alıntılar aşağıdaki gibidir.

Ö2: *Fiziği daha iyi anlamamıza ve yorumlamamıza yardımcı olur. Yaparak öğrenen öğrencilere katkı sağlar.*

Ö4: *Özellikle hareketi temel alan konular için anlamayı ve öğrenmeyi kolaylaştırmak için kullanırım.*

Ö10: *Bir problemi çözmek istediğimde, bir öğrenciye bir konuyu pekiştirmek istediğimde konuyu en ayrıntısına kadar GeoGebra'da hazırlandığı için en iyi şekilde öğrenim gerçekleşmiş oluyor. (...) Konuyla ilgili bütün değişkenler üzerinde oynanılabildiği için konu tam anlaşılabilir.*

Ö11: *...öğrenmeyi daha kalıcı hale getirebilir.*

Ö15: *Konuyu uygulamalı olarak kavramasına olanak sağlar.*

4.3.1.4. Teknoloji Kullanımı ve Uygulama İmkânı

Benzetim bulunmayan konularda kendi benzetimlerini tasarlayabilmeleri, teknolojinin derse entegrasyonunda GeoGebra'nın kullanışlılığı katılımcıların cevapları arasında dikkat çekmiştir. Deney yapılmasının mümkün olmadığı konularda GeoGebra'dan yararlanılabileceği de katılımcıların görüş formlarında yer almıştır. Toplamda altı öğrenci bu tema ile ilgili görüş sunmuştur.

Ö1: *Normalde her konu için PHET veya yan uygulamalardan simülasyon bulmak bazen zor oluyor. Hatta bazı konular için yapılmamış oluyor.*

Ö4: *Teknolojiyi etkin bir şekilde kullanma imkanı verdiği için (...) Öğrenciler, öğrenme ve eğitimde teknolojiyi kullanacaktır.*

Ö7: *Farklı durumlarda, gerçek hayatta imkan bulunmayan durumlarda GeoGebra'yi kullanarak her öğrenciye eşit imkan verilir.*

Ö9: *(...) uygulama kısmı olan dersler için gayet iyiydi.*

Ö12: *(...) gündelik hayatta kullanamayacağım deneylerin yapımında kullanılır.*

4.3.1.5. Eğlenceli ve Motive Edici

GeoGebra uygulama sürecinin keyifli olduğu altı katılımcı tarafından dile getirilmiştir. Dikkat çekici özelliği sayesinde öğrencileri derse motive edici olması GeoGebra'nın olumlu yönlerinden biri olarak düşünülmüştür.

Ö1: *Hatta bunun bir seçmeli ders olarak öğrencilere verilmesini talep ederim. Öğrencilerin bu sayede dikkati çekilir ve fizik ve matematik gibi komplike dersleri eğlenerek öğrenir.*

Ö7: *Geliştirdiğim materyal kavram yanlışlarının önüne geçerek, öğrencilerin ilgisini çekerek fizikle ilgilenen, fiziği seven öğrencilerin yetişmesini sağlar.*

Ö8: *(...)eğlenceli olduğu için fizik öğretimi kolay ve zevkli hale gelecektir.*

Ö12: *GeoGebra eğlenceli ve yenilikçi olduğu için öğrenmeye açık bir uygulama.*

Ö13: *(...) bir simülasyon oluşturmak hoşuma gitti.*

Ö14: *GeoGebra'yi öğrendikçe kullanmak daha hoş bir hale geldi.*

Tablo 4.4 İçerik Analizi Sonucu GeoGebra'nın Olumlu Yönleri için Oluşturulan Temalar ve Frekans Tablosu

GeoGebra'nın Olumlu Yönleri	f	%
Görselleştirme ve Somutlaştırma	10	28
Materyal ve Benzetim Tasarlama	9	25
Anlamayı ve Öğrenmeyi Kolaylaştırma	5	14
Teknoloji Kullanımı ve Uygulama İmkânı	6	17
Eğlenceli ve Motive Edici	6	17
TOPLAM	36	100

Tablo 4.4'deki içerik analizi sonuçları incelendiğinde katılımcılar 36 tane olumlu görüş bildirmiştir. En çok %28 ile Görselleştirme ve Somutlaştırma teması hakkında olumlu görüş gelmiştir. Materyal ve Benzetim Tasarlama olumlu görüşler arasında %25, Anlamayı ve Öğrenmeyi Kolaylaştırma teması %14, Teknoloji Kullanımı ve Uygulama İmkânı teması %17 ve son olarak Eğlenceli ve Motive Edici teması %17 orana sahiptir.

4.3.2. GeoGebra Kullanımında Yaşanan Zorluklar

GeoGebra'nın kullanımının anlatıldığı uygulama sürecinde gözlemlendiği gibi görüş formlarında da katılımcılar matematikle/formüllerle ilişkilendirme konusunda zorluk yaşadığından bahsetmiştir. Katılımcıların bir diğer zorlandığı konu ise araçları kullanma olarak bulunmuştur. Bunların dışında iki katılımcı uygulamanın zaman alıcı olduğunu, bir öğrenci ise uygulama sürecinde zorluk yaşamadığını ifade etmiştir.

4.3.2.1. Matematikle/Formüllerle İlişkilendirme

Dinamik bir matematik yazılımı olan GeoGebra'nın çalışma prensibini matematik dili oluşturmaktadır. GeoGebra öğrenimi ve uygulaması sürecinde kullanıcıların matematik ve formülleri GeoGebra'da kullanmakta zorluk çektiği görülmüştür. Matematik ve formüllerle ilişkilendirmede Ö1, Ö5, Ö9 ve Ö14 yaşadığı zorluğu aşağıdaki alıntılarla ifade etmiştir.

Ö1: Zorluk yaşadım. Çünkü ilk defa deneyimlediğim bir uygulamaydı. Bir de ben bu kadar formüllerle ve hep birşeyi birşeyle bağlamamız gerektiğini düşünmemiştir.

Ö5: Şekilleri formülize edip kafamda yansıtamadım.

Ö9: Başlangıçta matematik ile ilişkilendirirken (zorluk) yaşamıştım.

Ö14: Herhangi bir bağlantı kurmak için kod yazar gibi latex formülü yazıyorduk.

Günlük hayatın her yerinde olan matematiği katılımcıların GeoGebra'da kullanmakta zorlanmasının üzerinde durulması gerektiği düşünülmektedir.

4.3.2.2. Araçları Kullanma

Katılımcılar GeoGebra araçlarını kullanırken sürgü, düğme gibi araçların kullanımında zorlanmıştır ve benzetimlerini canlandırma, hareket ettirme konusunda sorun yaşamıştır.

Ö6: Nesneleri sürgülere bağlayıp canlanmalarını sağlamak bir nebze zor.

Ö7: Evet (zorluk) yaşadım, bazı durumlarda, örneğin sürgü ile cismi bağlayamama

Ö10: İlk defa kullandığım için sıkıntı yaşadım. Ve değişkenleri yazmada, sürgülemekte zorluk yaşadım.

Ö11: ...programı öğrenirken ve öğrendiğim bilgileri kullanarak simülasyon hazırlarken birbirine entegre edemedim.

Ö13: Simülasyonda hareketi oluştururken biraz zorluk yaşadım.

Ö15: Düğme vb. yaparken zorlandım.

Araçları kullanma konusunda yaşanan sıkıntının matematiğe dayanan kısmı da değişkenlerin belirlenmesindedir. Katılımcıların benzetim için gerekli değişkenleri bulması ve araçların nasıl kullanıldığını pekiştirmesi gerekmektedir.

4.3.2.3. Zaman Yönetimi

İki katılımcı GeoGebra uygulamasını öğrenmenin zaman aldığını görüşme formunda belirtmiştir. Ö11 ve Ö12'nin bu konu ile ilgili görüşlerine aşağıda yer verilmiştir.

Ö11: Simülasyon yapabilmek için programı çok iyi bilmek gerekiyor, bunun için büyük bir vakit ayırmalısınız.

Ö12: Öğrenmesi zaman alan bir uygulama olduğu için biraz da olsa zorluk yaşadım.

Tablo 4.5 İçerik Analizi Sonucu GeoGebra'nın Olumsuz Yönleri için Oluşturulan Temalar ve Frekans Tablosu

GeoGebra'nın Olumsuz Yönleri	f	%
Matematikle/Formüllerle İlişkilendirme	4	33
Araçları Kullanma	6	50
Zaman Yönetimi	2	17
TOPLAM	12	100

Tablo 4.5 incelendiğinde GeoGebra ile ilgili 12 olumsuz görüş bildirilmiştir. Bu görüşler arasında en çok %50 ile GeoGebra Araçlarını Kullanma temasıyla ilgili olumsuz

görüş gelmiştir. Matematikle/Formüllerle İlişkilendirme teması olumsuz görüşler arasında %33, Zaman Yönetimi teması %17 orana sahiptir.

4.3.3. Gelecekte Materyal Tasarlamak için GeoGebra Kullanımı

Görüş formunda katılımcılara gelecekte GeoGebra'yı öğretmenlik mesleğini yaparken yeni materyaller tasarlamak için kullanabileceklerini düşünüp düşünmedikleri sorulmuştur. Katılımcıların çoğu bu soruya olumlu yanıt vermiştir. İleride GeoGebra'yı 11 katılımcı kullanmayı düşündüğünü, iki katılımcı uygun şartlar altında kullanabileceğini, iki katılımcı ise kullanmayı düşünmediğini ifade etmiştir.

Olumlu yanıtların bazıları:

Ö1: *Kullanmayı düşünürüm. Hatta bunun bir seçmeli ders olarak öğrencilere verilmesini talep ederim.*

Ö2: *Gelecekte GeoGebra'yı çok olmasa da arada sırada kullanabilirim.*

Ö3: *Öğretmenlik yaparken kullanabileceğimi düşünüyorum.*

Ö4: *Düşünüyorum, özellikle hareketi temel alan konular için (...)*

Ö7: *Kullanmak isterim. Kullanacağımı düşünüyorum.*

Ö9: *Kesinlikle içeriği özellikle fizik gibi uygulama kısmı olan dersler için gayet iyiydi.*

Ö10: *Evet deney kısmında kullanmayı düşünüyorum.*

Koşullu yanıtlar:

Ö5: *Eğer ki tasarım yapacak vaktim olursa bu konu üzerinde çalışmak isterim.*

Ö8: *Düşünebilirim. Sınıf ortamı ve öğrencilere bağlı*

Olumsuz yanıtlar:

Ö6: *GeoGebra kullanmak yerine, PHET simülasyonlarını kullanmayı tercih ederim.*

Ö11: *Hayır düşünmüyorum, simülasyon yapabilmek için programı çok iyi bilmek gerekiyor, bunun için büyük bir vakit ayırmalısınız, ayrıca internette fizik ile ilgili neredeyse*

her konuda fazlasıyla simülasyonlar ücretsiz bir şekilde mevcut. Bunları kullanarak zamandan tasarruf edebilirim.

Bazı katılımcılar görüş formunda “her konuya hitap edebileceğini düşünmüyorum”, “önceliğim gerçek hayatta kullanılabilecek öğrencinin somut olarak inceleyebileceği durumlardır” yorumlarında bulunmuştur.



BÖLÜM 5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bu araştırmada Fizik Öğretmen adaylarının GeoGebra öğrendiklerinde sergilediği BİD becerilerini ve GeoGebra öğreniminin TPAB yeterliklerine etkisini incelemek, GeoGebra kullanımı ile ilgili düşüncelerini öğrenmek amaçlanmıştır. Araştırma sonuçları araştırma sorularına göre alt başlıklar altında verilmiştir.

5.1.1. GeoGebra Uygulamalarında Gözlemlenen BİD Becerileri

Katılımcıların GeoGebra ödevleri incelendiğinde çoğunlukla her ne kadar hareketli benzetimler yapmak isteseler de formüllerle ilişki kuramadıkları için GeoGebra'yı çizim aracı gibi kullandıkları gözlemlenmiştir. Örneğin bir noktanın hareket etmesini sağlamak için noktanın tanımıyla ilişkisiz değerler girerek - sürgüyü noktanın koordinatlarında kullanmak yerine nokta adı ve sürgü/açı adını aynı yapmaya ya da eşitlemeye çalışmak gibi - denemeler yapmışlardır. Bir üniversite öğrencisinin bir nokta oluşturmak için koordinatlarının olması gerektiğini bildiğinden kimsenin şüphesi yoktur; ancak uygulamaya geçildiği zaman katılımcıların sorun yaşaması araştırmaya değer bir durumdur. Bir fizik benzetimi oluşturmak için gerekli değişkenlerin aslında formüllerin içinde olduğunu ve GeoGebra'da bunların tanımlanması gerektiğini unutan katılımcılar benzetim oluştururken zorlanmışlardır. Bazı katılımcılar fizik benzetiminin dinamik olması gerektiğini unutup görsele odaklanarak çizimler oluşturmuştur. Örneğin bir çok katılımcı DÇH-BHH ödevinde hız vektörünü yarıçap vektörüne dik olacak şekilde oluşturmak için GeoGebra'daki "Dik Doğru" aracından yararlanmak yerine dik olduğunu varsaydıkları bir şekilde çembersel yörünge üzerindeki cismi temsil eden noktadan başlayan bir vektör çizmiş ve nokta hareket ettikçe hız vektörünün bir ucu cisme sabit olduğu için yarıçap vektörüyle hız vektörü arasındaki açı sabit ve 90° olmak yerine sürekli değişmiştir. Bahsi geçen durumlar konu ve öğretmen merkezli öğretimin sonuçlarından biri olabilir. Teorik olarak anlatılıp, bol soru ile pekiştirilen, kağıt üzerinde işlenen konular gerçek hayat olaylarında uygulanamamaktadır.

Çeşitli çalışmalarda birçok BİD becerisi ele alınsa da bu çalışmada Shute vd.(2017)'nin kuramsal çerçevesi benimsenmiştir. Shute vd.'ne göre BİD için ayrıştırma, soyutlama, algoritma, hata ayıklama, genelleme ve yinleme becerileri esastır. Katılımcıların uygulama sürecinde ve uygulama sonrasında çalışmaları gözlemlendiğinde her katılımcının farklı

seviyelerde ayrıştırma, soyutlama, algoritma, hata ayıklama, genelleme ve yineleme becerileri sergilediği görülmüştür. Fizik konularının bir modelini oluşturarak GeoGebra’da tasarım yapması beklenen katılımcıların bazıları gördükleri bir benzetimi yapmakta zorlanırken bazıları kendi tasarımlarını yapmakta zorlanmıştır. Model inşa etmek fen konularının hem içeriği hem de bilimin doğası ile ilgili bağlam kurulmasında önemli bir yere sahiptir (Justi, 2009). Matematik öğretmenleri öğrenme sürecinin kendisinden ziyade konu odaklıdır, ancak öğrenme süreci öğrencinin aktif katılımıyla öğrenci merkezli olmalıdır (Fardah, 2018). Bilim ve mühendislikteki bağlamı kurmak matematikle ilişki kurulduğunda mümkündür ve GeoGebra matematik öğrenimini destekleyen teknolojik araçlardan biridir (Fardah, 2018). Modelleme süreci soyutlama, ayrıştırma, algoritma gibi BİD becerileri gerektirir (Rottenhofer, Sabitzer & Rankin, 2021). Tasarım tabanlı öğrenme BİD becerilerini geliştirirken (Jun, Han & Kim, 2017), model geliştirmek için de BİD becerileri gereklidir. Daha önce hiç benzetim hazırlamamış olan katılımcılar, bu çalışma ile benzetim tasarlama fırsatı bulmuşlardır. Bilgisayar kullanma becerilerini yetersiz olarak tanımlayan kullanıcılar bile GeoGebra kullanarak bir ürün ortaya koymuştur. Modelleme için BİD becerilerinin gerekliliği (Roddenhofer, vd., 2021), benzetim oluşturmada güçlük çeken adayların BİD becerilerinin gelişmeye açık olduğu sonucuna varılabilir. Tasarım tabanlı öğrenmenin öğrenmeye katkısı kadar BİD becerilerini de geliştirdiği (Jun, vd., 2017) için katılımcıların daha fazla tasarım yapması BİD becerilerini geliştirebilir.

5.1.2. TPABÖGÖ ile Elde Edilen Sonuçlar

Teknolojik bir araç olan GeoGebra ile tanışan ve GeoGebra’yı fizik derslerine uyarlayabilecekleri çalışmalar yapan katılımcıların, bu deneyimlerini sahip oldukları pedagojik bilgi ve alan bilgisiyle birleştirebildikleri takdirde TPAB düzeylerinin de artabileceği düşünülmüştür. Dört kadın ve yedi erkekten oluşan katılımcılara GeoGebra uygulamaları öncesinde ve sonrasında Graham vd. (2009) tarafından geliştirilen ve Timur ve Taşar’ın (2011) Türkçe’ye uyarladığı TPABÖGÖ öntest ve sontest olarak uygulanmıştır. Nicel verilere göre katılımcıların TPABÖGÖ’nün öntest ve sontesti dört alt boyutu olan TPAB, TAB, TPB, TB ve ölçeğin toplam puanı SPSS 22.0 programıyla Wilcoxon İşaretli Sıralar testiyle analiz edilmiştir. TPABÖGÖ öntest ve sontest arasında uygulama öncesi ve sonrası anlamlı bir ilişki gözlemlenmemiştir. Kadın ve erkek katılımcılar ayrı ayrı incelendiğinde kadın katılımcıların öntest ve sontesti arasında anlamlı bir farklılık

bulunmazken, erkek katılımcılarda TPAB alt boyutu ve toplam puan arasında sontest lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Çalışmanın katılımcıların TPAB düzeylerini artırması beklenmiştir, araştırma sonucunda erkek katılımcıların TPAB ve toplam puanında sontest lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Çalışmada anlamlı farklılık görülmeyen durumların sebebi ise her ne kadar gönüllü katılımcılar ile çalışma yürütülmüş olsa da çalışmanın dönem içinde yapılması, diğer derslerin stresinde olan katılımcıların GeoGebra'ya yeterince vakit ayıramamış olması ve motivasyonlarının düşmesi olabilir. İlk derslerde büyük bir heyecan ve eğlence duyan katılımcıların, zaman geçtikçe azalan ve özensizleşen ödevleri bu görüşe örnek olarak gösterilebilir. “Gidişatımız çok iyi, bütün dönem devam edebiliriz” diyen Ö6, ilk haftadan sonra dersleri ve ödevleri aksatmaya başlamıştır. Örneğin yazılım ile ilgilenen bir öğrenci GeoGebra ile ilgili “çok iyi ya, ben bunu kullanırım” dediği dersten sonra bir daha derse gelmemiştir ve bu sebeple bu çalışmadaki tüm veri setlerinden çıkarılmıştır. Ö3’e GeoGebra’ya arada bakıp bakmadığı sorulduğunda, uygulama dersleri dışında bakmadığını söylemiştir. Çalışmanın uygulama sıklığı (haftada bir kez 60-80 dakikalık dersler) uygulamanın katılımcılarca pekiştirilmesine yeterli gelmemiş olabileceği düşünülmüştür. Görüş formunda Ö1 öneri olarak, GeoGebra’nın “biraz daha ayrıntılı öğretilmesini ve ayrı bir ders olarak verilmesini tercih ederdim” diyerek bu konudaki görüşünü ifade etmiştir. Derslerin 8.30-9.00 arası başlaması katılımcılar tarafından erken bulunmuştur. Öğrencilerin dersleri aksatmaları ve derse geç kalmaları bu görüşü destekler niteliktedir. Bazı öğrenciler bu saatlerde çok trafik olduğu için derse geciktiklerini dile getirmiştir.

5.1.3. Görüş Formlarından Elde Edilen Sonuçlar

İçerik analizi ile incelenen görüş formlarından çıkarılan kodlarla ortak temalar tespit edilmiştir. GeoGebra’nın olumlu yönleri olarak Görselleştirme ve Somutlaştırma, Materyal ve Benzetim Tasarlama, Anlamayı ve Öğrenmeyi Kolaylaştırma, Teknoloji Kullanımı ve Uygulama İmkânı, Eğlenceli ve Motive Edici olmak üzere toplamda beş ortak tema bulunmuştur.

Görselleştirme ve Somutlaştırma: Katılımcılar GeoGebra ile yapılan çalışmaların fizik konularını görselleştirebileceği ve soyut kavramları somutlaştırmada yardımcı olabileceğini düşünmüştür.

Materyal ve Benzetim Tasarlama: Katılımcılar, GeoGebra’nın öğretmen olarak

derslerde kullanabilecekleri materyaller ve benzetimler tasarlama imkanı verdiğini dile getirmiştir. “Kendi benzetimleri” üzerine vurgu yapan katılımcılar da bulunmaktadır. Bazı katılımcılar hazır benzetimlerden yararlanmayı tercih etse de birçok katılımcının kendi benzetimlerini hazırlamayı kıymetli bulduğu düşünülmüştür.

Anlamayı ve Öğrenmeyi Kolaylaştırma: GeoGebra görsel ve dinamik yapısı, değişkenlerin ayarlanabilmesi ve sonuçlarının gözlemlenebilmesi öğrenme sürecini ve anlamayı kolaylaştırmakta ve öğrenmede kalıcılığı sağlamaktadır. Teknoloji Kullanımı ve Uygulama İmkani: Dijital bir eğitsel araç olan GeoGebra kullanıcıların eğitimde teknolojiyi kullanmasını sağlar ve deney yapılması mümkün olmayan durumlarda kullanılabilir, bu sayede öğrenciler de eşit imkanlardan yararlanmış olur.

Eğlenceli ve Motive Edici: Katılımcılar GeoGebra kullanmanın keyifli olduğunu ve bunun ders ortamına aktarıldığı takdirde öğrencilerin hem motive olacağını hem de eğlenerek öğrenebileceğini görüşme formlarında belirtmişlerdir.

Katılımcıların GeoGebra ile ilgili yaşadığı zorluklar incelendiğinde Matematikle ve Formüllerle İlişkilendirme, GeoGebra Araçlarını Kullanma ve Zaman Yönetimi olmak üzere üç ortak tema tespit edilmiştir.

Matematik ve Formüllerle İlişkilendirme: Matematiksel ifadeleri GeoGebra’da kullanmakta zorluk yaşanmıştır. Fizik ve matematik arasında bağlantı kurmakta güçlük çekilmiş, fizik konularını matematik ve formüller kullanarak GeoGebra’ya dökmekte sorun yaşanmıştır.

GeoGebra Araçlarını Kullanma: GeoGebra araçlarından sürgü, düğme gibi araçları kullanmakta sorun yaşanmıştır. Benzetimlerindeki sürgülerle ve formüllerle bağlantı kurulmadığı için öğeleri hareket ettirme, canlandırma konularında zorluk çekilmiştir.

Zaman Yönetimi: GeoGebra öğrenmek ve kullanmak iki katılımcı tarafından vakit alıcı bulunmuştur.

GeoGebra ile ilgili katılımcıların görüşlerinin alındığı görüşme formundan alınan olumlu cevap sayısı olumsuz cevap sayısından fazladır. Olumlu görüşe karşılık olumsuz görüşlerin bir kısmının matematik kullanımı bir kısmının programın kullanımı ile ilgili olduğu göz önüne alındığında katılımcıların GeoGebra kullanımından memnun kaldığı sonucuna ulaşılabilir.

Katılımcılara gelecekte meslek hayatlarında ve derslerinde GeoGebra kullanımı ile ilgili düşüncelerine gelen yanıtlar çoğu katılımcının kullanacağı, bazı katılımcıların uygun koşullar sağlanırsa kullanabileceği, bazı katılımcıların ise kullanmayacağı yönündedir. Uygun koşullar ya da uygun konular her eğitim aracı için bir önkoşuldur. Çalışmanın içinde gizli bir hizmet amacı da vardır ve bu amaç GeoGebra aracını tanıtmak ve öğretmenlerin/öğrencilerin GeoGebra kullanımının faydalarından yararlanmasını sağlamaktır. Araştırmacının hedefi ya da iddiası her an, her yerde, her konu ve her koşulda GeoGebra kullanılması değil, yeri geldiğinde (tıpkı diğer araçlar gibi) GeoGebra'nın zenginliklerinden faydalanılmasıdır.

5.1.4. Sonuçların Yorumlanması

GeoGebra öğrendikleri ve kullandıkları süre içerisinde katılımcıların sergiledikleri BİD becerilerinin, TPAB düzeylerinin ve GeoGebra kullanımı ile ilgili görüşlerinin incelendiği bu çalışmada her bir aşamada matematikle ilişkilendirmede yaşanan zorluk ve katılımcıların GeoGebra ile etkileşimi sürecinde sergiledikleri ve geliştirdikleri noktalar göze çarpmaktadır.

DÇH-BHH ve Momentum ödev videoları incelendiğinde katılımcıların matematik bilgilerini GeoGebra uygulamasına aktarmakta güçlük çektiği, fizik ve matematik arasında ilişki kuramadığı gözlemlenmiştir. BİD becerisi olarak bakılacak olursa sahip oldukları matematik ve fizik bilgilerini farklı bir ortamda kullanmada, bir diğer deyişle genellemede zayıf kalmışlardır. Aynı sonuçlar görüşme formlarında katılımcılar tarafından da dile getirilmiştir. Fizik öğretmen adayları formüllerle ve matematikle ilişki kuramadıkları için benzetim yapmakta zorlandıklarını ifade etmiştir. Bir fizik öğretim materyali tasarımları beklenen katılımcılar teknolojik bilgiyle alan bilgilerini harmanlamakta güçlük çekmiş, fizik bilgilerini matematiksel olarak GeoGebra'ya aktaramadıkları için birçok katılımcı dinamik benzetimler oluşturamamıştır.

Katılımcılar daha önce benzetim tasarlamamalarına rağmen GeoGebra kullanarak gerek uygulama sürecindeki ödevlerinde, gerekse uygulama sonrası ödevlerinde kimisi dinamik kimisi durağan benzetimler tasarlamıştır. Bu süreçte ilk defa tecrübe ettikleri halde kimisi başarılı kimisi de zayıf da olsa BİDB sergilemiştir. Görüşme formunda da ifade ettikleri gibi GeoGebra kullanmaya devam ettikleri sürece bu becerileri de uygulayacaklardır. Katılımcıların görüşme formundaki GeoGebra ile ilgili olumlu görüşleri dikkate değerdir.

Dijital bir araç olan GeoGebra'nın öğretime katkısını vurgulayan Görselleştirme ve Somutlaştırma, Anlamayı ve Öğrenmeyi Kolaylaştırma, Teknoloji Kullanımı ve Uygulama İmkânı, Eğlenceli ve Motive Edici ile Materyal ve Benzetim Tasarlama temaları kullanıcıların teknolojinin öğretime katkısıyla ilgili olumlu tutumlarını artırdığını göstermektedir. GeoGebra kullandıkları bu kısa süreçte bazı katılımcıların TPAB düzeyleri de anlamlı farklılık göstermiştir. Görüşme formunda ifade ettikleri gibi GeoGebra kullanmaya devam ederlerse geliştirdikleri olumlu tutum gelecekte katılımcıların TPAB yeterliklerinin ve farkındalıklarının artmasını sağlayabilir.

5.2. Tartışma

BİD ve TPAB ilişkisi üzerine çerçevelenmiş bu çalışmada Fizik öğretim materyali geliştirme üzere GeoGebra öğrenme ve kullanma sürecinde Fizik öğretmen adaylarınca sergilenen BİD becerilerini belirlemek, bu sürecin TPAB düzeylerine etkisini incelemek ve öğretmen adaylarının gelecekte derslerinde GeoGebra kullanımı üzerinde görüşlerini ortaya koymak amaçlanmıştır. 21. yüzyıl becerisi olarak nitelendirilen BİD (Haseski, İlic & Tuğtekin, 2018; Bocconi, Chiocciariello, Dettori, Ferrari, Engelhardt, Kampylis & Punie, 2016) birçok ülkenin müfredatına girmiştir ya da girmek üzeredir (Bocconi, Chiocciariello, Dettori, Ferrari, & Engelhardt, 2016). Derslerde konuların BİD ile nasıl bütünleştirilebileceği, öğrencilerin BİD becerilerini kazanıp kazanmadığının nasıl ölçülebileceği ya da öğretmenlerin BİD'i alan ve pedagojik bilgiyle nasıl harmanlayacağı hala bir muammadır (Mäkitalo, Tedre, Laru & Valtonen, 2019). Bir öğretmenin teknolojiyi ve konuyu bilmesi her zaman konuyu teknoloji ile öğretebileceği anlamına gelmez, proje örnekleri geliştirmek öğretmenlere bu konuda yardımcı olabilir (Kale, vd., 2018). TPAB, branş öğretmenlerinin BİD'i alanlarıyla bütünleştirebilmeleri için iyi bir modeldir, çünkü TPAB mevcut alan bilgisini en uygun teknolojik aracı kullanarak en uygun öğretim stratejisiyle sunmayı amaçlamaktadır (Yadav, Stephenson & Hong, 2017).

Fizik öğretmen adaylarının kısa bir süre GeoGebra ile etkileşimi, onların değişen seviyelerde BİD becerileri sergilemelerini sağlamıştır. van Borkulo vd. (2021)'nin 12. sınıf öğrencileri ile yaptığı çalışmada GeoGebra destekli 6 ders saati uygulanan matematik dersinin etkisiyle öğrencilerin BİD becerilerinden genelleme ve algoritma becerileri gelişmiştir. Chytas, van Borkulo, Drijvers, Barendsen ve Tolboom (2024) Hollanda'daki lise matematik dersleri için BİD-gömülü matematik öğrenim materyali tasarlamışlardır.

Hollanda'daki eğitiminde matematik öğretmenleri arasında popüler olduğu için bu materyal GeoGebra ile hazırlanmıştır. Bir öğrenci hariç GeoGebra kullanma deneyimi olmayan 52 11. sınıf öğrencisiyle 6-hafta boyunca yapılan çalışmada lise öğrencileri BİD becerilerinde iyi bir seviyeye gelmiştir. Lise öğrencileriyle yapılan çalışmayla materyal, kavramsal çerçeve ve süre olarak paralellik gösteren bu çalışmada bir katılımcı hariç BİD becerileri iyi düzeyde gözlemlenmemiştir. Lise öğrencileriyle yapılan çalışmada öğrencilerin avantajı GeoGebra ile doğrudan matematiği ve BİD'i tecrübe etmeleri iken bu çalışmada katılımcılar doğrudan fiziği deneyimleyerek BİD becerileri sergilemeleri beklenmiştir. Barr ve Stephenson (2011), BİD becerilerini kazandırmak için öğrencilerin üniversiteye başlamasını beklemenin geç olacağını dile getirmiştir. BİD becerilerinin gelişimi için üniversiteden önce harekete geçmek gerekmektedir.

Katılımcıların GeoGebra kullanırken matematiksel ilişkileri kullan(a)maması ya da çok zayıf kullanması dikkat çekmiştir. Örneğin koordinat düzlemindeki bir noktanın tanımı x ve y bileşenleri ile $A=(x,y)$ olarak verilir. Katılımcılar noktanın hareketini sağlamak için “ $A=açı$ ” ya da “ $A=sürgü adı$ ” yazmaları GeoGebra'nın matematik prensipleriyle çalıştığını unuttuklarını düşündürmüştür. GeoGebra yazılımı kodlama bilmeye gerek kalmadan sadece matematik ile ilişki kurarak kullanıldığı için soyut matematik derslerini somutlaştırmak ve fizik dersi ile ilişkisini kurmak adına iyi bir araçtır. Kullanıcı fizik bilgisini benzetime dökerken her adımda matematik kullanarak bu ilişkiyi güçlendirecektir. Dinamik bir matematik yazılımı olan GeoGebra uygulamasının seçilmesinin sebeplerinden biri ise fizik dersini matematik bağlamında öğrencilerin kavramakta güçlük çektiğidir. Matematikte iyi olsalar dahi bunu fizik dersine uygulamakta, aralarındaki ilişkiyi görmekte zorlanan öğrenciler, GeoGebra uygulaması matematiksel ifadelerle çalıştığı için, fiziğin içindeki matematiği ve matematiğin fiziğin içindeki yerini net bir şekilde göreceklerdir. GeoGebra'nın bir diğer güzel yanı ise kodlama bilmenize gerek olmamasıdır. GeoGebra yazılımıyla kodlama dili bilmeden neredeyse her fizik konusu için etkileşimli ve gerçekçi simülasyonlar yapılabilir ve yapılan simülasyonlar sayesinde konular daha derinlemesine anlaşılabilir (Walsh, 2017; akt. Nava vd., 2021).

Matematikçilerden farklı olarak fen bilimciler matematiği sadece kullanmaktan ziyade matematikten anlam çıkarır (Redish & Kuo, 2015). Matematik, fizik dersiyle anlam kazanır ve somutlaşır. Matematik fiziksel olayların açıklanmasını mümkün kılarken, fizik ise matematik için uygulama alanı sunar (Saglam-Arslan & Arslan, 2010). GeoGebra'nın

dinamik bir matematik yazılımı olması matematiği kullanabilme ölçüsünde kendisinden yararlanılmasını mümkün kılar. Güzel tarafı ise GeoGebra kullandıkça matematiği kullanabilme yetisi de artmaktadır. Fizik öğretmen adaylarının çalışmalarında formüllerden yararlanmakta güçlük çekmesi, noktanın koordinatları yerine nokta için farklı tanımlar oluşturmaya çalışması matematiği uygulama konusunda gelişime açık olduklarını düşündürmüştür. Bu durum Sağlam-Arslan ve Arslan (2010)'ın yaptığı çalışmada fizik öğretmen adaylarının verilen fizik olayı için matematiksel modeli çıkarmakta güçlük yaşadıklarını buldukları sonuçlarla da örtüşmektedir. Öğrencilerin fizik uygulamalarında matematiksel düşünmede zorluk yaşadığına dair çalışmalar vardır; ancak öğrencilerin desteklenmesi ve cesaretlendirilmesiyle bu zorluk da aşılabılır (Pollack vd.,2017). Öğrencilere fırsat sunmadan zorluk yaşayıp yaşamadığını bilinemez ve zorluk yaşamadan da bir beceri geliştirilemez. GeoGebra'da sürgülerle değişkenler ayarlanabilir ve sonuçları gözlemlenebilir. Değişkenleri ayarlayarak sonuçları takip etmek BİD becerilerini artırır (Bufasi vd., 2022). Bu sebeplerden ötürü GeoGebra ile öğrencileri tanıştırmak için üniversite çağını beklemek geç iken, soyut döneme tam olarak geçtikleri lise çağları en uygun zaman olabilir.

Uygulama sürecinde ve uygulama sonrası ödevler incelendiğinde katılımcıların farklı düzeylerde - ki bu düzeylerin belirlenmesi bu tezin kapsamı dışındadır - BİD becerileri sergilediği görülmüştür. Öğrencilerin BİD becerileri geliştirilmek isteniyorsa önce onları eğitecek öğretmenlerin BİD becerileri kazanmaları gerekmektedir. TPAB, BİD becerilerini geliştirmek için gerekli olduğu gibi, öğretmenlerin TPAB yeterliklerini her geçen gün değişen, yenilenen teknolojik, pedagojik ve alan bilgilerini güncel tutabilmek için BİD becerilerine ihtiyacı vardır. Her ne kadar şimdiki öğretmen adayları dijital çağa doğmuş olsa da BİD becerileri hala gelişmeye açıktır. Teknolojiyi ve bilgiyi tüketmek yerine üretmek için kullanmanın bir yolunu bulmak adına BİD becerilerinin geliştirilmesi gerekir. Bir program öğrenerek üretime geçmek hem öğrencilerin bilgilerini kullanmalarını sağladığı için öğrenmeyi kalıcı hale getirecektir, hem de yeni çalışmalarla beslenerek önceki bilgilerini yeni durumlar için kullanabilmeyi öğretecektir.

Wing (2006)'ın temel becerilerden biri olması gerektiğini söylediği BİD becerisinin geliştirilmesi için bu çalışmada 21. yüzyılda yaşayan öğrencilerin ortak dili olan bilgisayar teknolojileri tercih edilmiştir. Bir programlama yazılımı kullanılarak katılımcıların Fizik simülasyonları tasarlamasının beklendiği bu çalışmada katılımcıların ürün ortaya koyması

amaçlanmıştır. Zira BİD öğrencilerin sadece tüketici olarak kalmayıp aynı zamanda yaratıcılıklarını destekleyerek üreten olmasını da sağlar (Mishra & Yadav, 2013). Bu çalışmanın öğretmen adayları ile çalışılmasının sebebi ise geleceğe yatırım olarak görülebilir.

Katılımcılar, GeoGebra ile fizik öğretimi materyali geliştirme süreci hakkında olumlu görüşlere sahiptir. Geogebra'nın fizik konularını görselleştirme ve somutlaştırılmasını sağladığını, fizik konularını anlamayı kolaylaştıracağını ve motive edici olduğunu söylemektedirler. Bu sonuca benzer bir şekilde ilgili alanyazında Çıldır ve Şen (2023) fizik öğretmen adaylarının GeoGebra'yı fizik derslerinde öğrenmeyi destekleyen bir materyal olarak gördüklerini belirtmekte ve GeoGebra'nın, kavranması zor konuları görselleştirdiği için fizik öğretimi ve öğreniminde etkili bir araç olduğunu bildirmektedir. Yine, Zutaah, Ondigi ve Miheso-O'Connor (2023) yaptıkları sistematik alanyazın taraması sonucunda GeoGebra'nın kullanımına ilişkin olarak, GeoGebra'nın değerli bir araç olarak algılandığı, öğrencilerin hevesini teşvik ettiği ve öğrencilerin motivasyonunu, ilgisini ve yaşam boyu öğrenmeyi artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Diğer yandan bazı katılımcılar GeoGebra uygulamasının zaman alıcı olduğunu görüş formunda dile getirmiştir. Araştırmacı tarafından zaman alıcı olması olumsuz bir özellik olarak değil bir gereklilik olarak görülmektedir. Bir beceriye sahip olmak için öncesinde zaman ve emek ile yatırım yapmak gerekir. Mudzimiri (2012) öğretmen adaylarına uygulanan TPAB anket sonuçlarının yüksek olmasına karşılık, ders işleyişinde teknoloji kullanımlarının yeterince iyi olmadığını ifade etmiştir. Öğretmenlerin TPAB yeterlikleri iyi olsa da öğrencilerin düzeyleri, öğrenme ortamının altyapısı, sınıf mevcudu gibi değişkenler öğretmenlerin teknolojiyi derse uyarlamasını zorlaştırabilir. Bunun için bir benzetim hazırlama yazılımı bilgisini altın bilezik misali TPAB donanımında bulundurması öğretmen ve öğrenenler için büyük kolaylık sağlar. Görüş formlarında katılımcılar GeoGebra'nın konuyu somutlaştırma ve görselleştirmek için iyi bir araç olduğunu dile getirmiştir. Kırıkçılar ve Yıldız (2018), öğretmenlerin GeoGebra kullanarak soyut kavramları somutlaştırdıklarını bulmuştur. Ünsal ve Akay (2020), lise öğrencilerine GeoGebra'nın olumlu yönlerini sorarak cevaplar sonucunda etkili öğrenme, matematiği eğlenceli hale getirme, öğrenmede kolaylık, kalıcı öğrenme, aktif öğrenme, görsellik, öğrenmede hız ve dikkat çekme kodlarını oluşturmuştur.

Katılımcıların bazıları, matematiksel ifadeleri GeoGebra’da kullanmakta zorluk yaşamış, fizik ve matematik arasında bağlantı kurmakta güçlük çekmiş, fizik konularını matematik ve formüller kullanarak GeoGebra’da bir araya getiremişlerdir. Halbuki GeoGebra, bilgi teknolojisinin avantajlarıyla matematik ve fiziğin kaynaşmasını sağlayarak öğrencilere fiziksel olaylarla ilgili modeller ve simülasyonlar oluşturma deneyiminin bir önizlemesini sunmaktadır (Akpınar & Bal, 2006; Kuncser, Maftai & Antohe, 2012 ve öğrencilerin oldukça yoğun ve karmaşık konuları uygulamalarına ve görselleştirmelerine olanak tanıyan bu tür özellikleri sayesinde onların performanslarını, yeteneklerini ve anlayışlarını geliştirmeye yardımcı olmaktadır (Ziatdinov & Valles, 2022). Buna rağmen, bu çalışmada öğretmen adaylarının fizik ile matematiği bir araya getirmede zorlanmalarının sebepleri altı haftalık uygulama sürecinin kısa gelmesi (Kohen, Schwartz-Aviad & Peleg, 2023; Richardson, 2003) veya öğretmen adaylarının pedagojik alan bilgilerin yetersizliği (Kim, Song & Ha, 2024) olabilir.

Akyüz (2016), TPAB düzeylerini öğretmen adaylarının ders planlarıyla ve hazırladıkları aktivitelerle ölçmenin daha doğru olacağını ve öğretmen adayları teknoloji ve alan bilgisine sahip olsa bile bunu pedagojik yöntemlerle birleştiremediğini dile getirmektedir. TPAB düzeyinin anketlerden mülakatlarla, ders planlarıyla, aktivitelerle ölçülmesi gerektiğinin tavsiye edildiği araştırmalar da mevcuttur (Kırıkçılar & Yıldız, 2018). Bu çalışmada kadın katılımcıların öntest ve sontest olarak uygulanan TPABÖGÖ sonuçlarında anlamlı bir farklılığa ulaşılmamışken; erkek katılımcıların TPAB alt boyutunda ve toplam puanlarında sontest lehine anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu sonucu destekler nitelikte Marange ve Tatira (2024), erkek öğretmen adaylarının kadın meslektaşlarına göre teknolojiye daha aşina olduklarını ve bunun da TPAB gelişimlerini etkilediğini belirtmektedir. Putri, Damayanti, Nuryadin ve Sulaeman (2024), kadın fizik öğretmen adaylarının yeterli pedagojik bilgiye sahip olduklarını ancak teknolojik pedagojik bilgilerinin yetersiz olduğunu belirtmekte, bunun da öğretmen eğitimi programlarında ele alınması gereken bir boşluk olduğuna işaret etmektedirler. Kim, Song ve Ha (2024), öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik bilgilerinin gelişebilmesi için pedagojik alan bilgilerinin önemli bir altyapı olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda yapılan bu çalışmada katılımcıların TPAB düzeylerinde yeterli gelişme olmamasının bir nedeni katılımcıların pedagojik alan bilgilerinin yeterli düzeyde olmaması olabilir. Yine, çalışmalar, öğretmen adaylarının algılarının katı olduğunu ve özellikle kısa bir eğitim döneminden sonra

değiştirilmesinin zor olduğunu göstermekte (Richardson, 2003) ve sınıfta öğretime ilişkin algılarını değiştirebilmeleri için, öğrenen ve öğretmen olarak rollerine ilişkin daha uzun ve daha derinlemesine bir eğitime ihtiyaçları olduğunu belirtmektedir (Kohen, Schwartz-Aviad & Peleg, 2023). Bu çalışmada yürütülen altı haftalık GeoGebra ile Fizik öğretim materyali tasarımı öğretimi süreci öğretmen adaylarının TPAB yeterliklerinin gelişmesi için yeterli gelmemiş olabilir. Lee vd. (2018), GeoGebra benzeri bir uygulama olan Desmos kullanarak optik ile ilgili yaptıkları çalışmada katılımcıların TAB, TPB ve TPAB değerlerinde anlamlı bir farklılığa ulaşmıştır ve bu çalışmanın katılımcıların BİD konularını aktarmasına yardımcı olduğunu ve okullarda farklı konularda da kullanılabileceğini söylemektedir. Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler & Shin (2009), teknolojik bir ortam sunulduğunda öğretmenlerin davranışları değişse de TPAB bilgilerinin değişmediğini dile getirmektedir.

5.3. Öneriler

Bu çalışmada BİD becerilerinin geliştirilmesi adına GeoGebra kullanılabileceği, ve bunu uygulamanın öğretmenlerin TPAB yeterliklerini geliştirebileceği düşünülmüştür. Bilgi erişiminin parmak uçlarımızda olduğu günümüzde, öğrencilere bilgidan ziyade beceriler kazandırılması gerekmektedir. Örneğin bir enstrüman çalmanın kazandırdığı beceriyi dersane usulü anlatılan Basit Harmonik Hareket konusu kazandıramayabilir. BİD becerilerine sahip bir öğrenci bilgiyi nerede arayıp bulacağını zaten bilir, sadece bilmek de değil bilgiyi kullanmak, üretmek de önemlidir. BİD becerisi sadece teknolojik beceriler için düşünülmemelidir, başlı başına bir bilgisayar olan insanın kendisinin, becerilerinin, yeterliklerinin farkında olması, kendini geliştirmesi de BİD ile mümkündür. Bilgiye ulaşmak için onu taratmak yeterli iken onu kullanmak için teknolojiden fazlasına ihtiyacımız vardır. Kapsamlı bir bilgisayar gibi olan insanın kendini geliştirebilmesi için önce kendi işletim sistemini iyi tanıması gerekmektedir. Eğitim adına bir çok yaklaşım olsa da her insan özeldir ve başarıya ulaşanlar genelde kendi yöntemini kullananlardır. Bilgiyi nasıl kavrayabildiğinin, pekiştirebildiğinin farkına varanlar ilerleme kaydedebilir. Bilgisayarı değerli kılan içinde ne kadar çok dosya olduğu ya da yazılım olduğu değil, onu oluşturan parçaların ne kadar güçlü olduğu, yani donanımıdır. Bu yüzden insan için de bilgidan ziyade beceriler kazandırmak önemlidir. Bu beceriyi geliştirmek için eski ya da yeni teknolojilerden istifade etmek gerekmektedir. Bu amaçla bu beceriyi geliştirmek için Geogebra sadece

araçtır ve BİD'in geliştirilmesi için fizik öğretiminde de kullanılabilirliği bu çalışmayla tanıtılmıştır.

Öğretmen adaylarının 6 hafta gibi kısa bir zaman zarfında sadece 60-80 dakikalık derslerle GeoGebra kullanarak gösterdikleri gelişim göz önüne alındığında bu süreç uzun ve sık bir aralığa alındığında daha iyi sonuçlar gözlemlenebilir.

Bu çalışma sadece öğretmen adaylarıyla değil hizmet içi öğretmenlerle yapılarak kapsamı genişletilebilir.

GeoGebra lisede ders olarak öğretilirse öğrencilerin hem matematiği ve fiziği daha iyi öğrenmesi hem de matematik ile fizik dersi arasında ilişki kurabilmesi için öğretmenler tarafından kullanılabilir.

GeoGebra eğitim fakülteleri tarafından öğretmen adaylarına, hizmet içi eğitimlerle öğretmenlere öğretilir.

Çalışmaya katılan fizik öğretmeni adaylarının çoğu GeoGebra kullanacakları üzerine görüş bildirmiştir. Katılımcıların ileride meslek hayatlarında GeoGebra kullanıp kullanmadıkları üzerine boylamsal bir araştırma yapılabilir.

Öğrencilerin bu çalışmada olduğu gibi başlangıçta keyifli bulduğu dersleri takip eden derslerdeki motivasyon eksikliği üzerine bir araştırma yapılabilir.

Çalışmada katılımcılar GeoGebra ile fizik öğretim materyali geliştirirken matematiksel formüller ile fiziği bir araya getirmekte zorlanmışlardır. Bu durum katılımcıların öğretim materyali geliştirme sürecini olumsuz olarak etkilemiştir. Bu çerçevede üniversitede fizik öğretmen adaylarının aldıkları fizik derslerinde matematiksel formülleri gerçek hayatta nasıl kullanabileceklerini uygulamalı gösterecek şekilde düzenlemeler yapılması önerilebilir.

Bu çalışmada katılımcıların sergiledikleri BİDB'nin düzeyleri farklılık göstermiştir, kimi katılımcılar zayıf düzeyde BİDB gösterirken bazı katılımcıların BİDB oldukça belirgindir. Çalışmanın kapsamında olmadığı için bu tezde BİDB düzeyleri irdelenmemiştir. Katılımcıların sergiledikleri BİDB düzeyleri ve BİDB düzeylerinin değişimi/gelişimi üzerine çalışılabilir.

KAYNAKÇA

- Adeleke, A. A., & Joshua, E. O. (2015). Development and Validation of Scientific Literacy Achievement Test to Assess Senior Secondary School Students' Literacy Acquisition in Physics. *Journal of Education and Practice*, 6(7), 28-42. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1083081.pdf>
- Aiken, J. M., Caballero, M. D., Douglas, S. S., Burk, J. B., Scanlon, E. M., Thoms, B. D., & Schatz, M. F. (2013). Understanding student computational thinking with computational modeling. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1513, No. 1, pp. 46-49). American Institute of Physics. <https://arxiv.org/pdf/1207.1764>
- Akcay, A. O. (2017). Instructional Technologies and Pre-Service Mathematics Teachers' Selection Of Technology. *Journal of Education and Practice*, 8(7), 163-173. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1137598.pdf>
- Akpınar, Y., & Bal, V. (2006). Teachers' collaborative task authoring to help students learn a science unit. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(2), 84-95.
- Aksit, O. (2018). *Enhancing science learning through computational thinking and modeling in middle school classrooms: A mixed methods study*. North Carolina State University. <https://repository.lib.ncsu.edu/server/api/core/bitstreams/bce1286f-c4ee-4e58-94fc-14d8960da44f/content>
- Aktaş, S. E. (2022). *Matematik öğretmenleri adaylarının teknoloji destekli matematiksel modelleme sürecindeki bilgi işlemsel düşünmeye ilişkin zihinsel eylemlerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Akyüz, D. (2016). Farklı öğretim yöntemleri ve sınıf seviyesine göre öğretmen adaylarının TPAB analizi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 7(1), 89-111. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/201407>

- Altun, S. A., & Çakan, M. (2008). Öğrencilerin sınav başarılarına etki eden faktörler: LGS/ÖSS sınavlarındaki başarılı iller örneği. *İlköğretim Online*, 7(1), 2-18. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/90979>
- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science education*, 88(5), 683-706.
- Aslan, F. (2021). GeoGebra uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının atışlar konusundaki akademik başarılarına, kavram yanlışlarına ve öğrendikleri kavramların kalıcılığına etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Aycan, Ş., & Yumuşak, A. (2023). Lise Fizik Müfredatındaki Konuların Anlaşılma Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma. *Milli Eğitim Dergisi*, 159, 153-154.
- Basawapatna, A. R. (2012). Creating Science Simulations Through Computational Thinking Patterns <https://scholar.colorado.edu/downloads/gt54kn33m>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community?. *ACM inroads*, 2(1), 48-54.
- Belmar, H. (2022). Review on the teaching of programming and computational thinking in the world. *Frontiers in Computer Science*, 4, 997222.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & education*, 72, 145-157. <https://sites.bc.edu/devtech/wp-content/uploads/sites/181/2018/02/computersandeducation.pdf>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education-Implications for policy and practice* (No. JRC104188). Joint Research Centre (Seville site).

- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). Exploring the field of computational thinking as a 21st century skill. In *EDULEARN16 Proceedings* (pp. 4725-4733). IATED.
- Boon, M. (2015). The scientific use of technological instruments. *The role of technology in science: Philosophical perspectives*, 55-79.
<https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/5598148/Boon+2015The+Scientific+use+of+Technological+Instruments.pdf>
- Bueno, R. W. D. S., Lieban, D., & Ballejo, C. C. (2021). Mathematics teachers' TPACK development based on an online course with GeoGebra. *Open Education Studies*, 3(1), 110-119.
- Bufasi, E., Hoxha, M., Cuka, K., & Vrtagic, S. (2022). Developing student's comprehensive knowledge of physics concepts by using computational thinking activities: Effects of a 6-week intervention. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(18), 161-176.
- Checkley, D. (2010). *High school students' perceptions of physics* (Doctoral dissertation, Lethbridge, Alta.: University of Lethbridge, Faculty of Education, 2010).
<https://opus.uleth.ca/server/api/core/bitstreams/17da07ec-7115-4716-942b-27fcf8d57725/content>
- Chytas, C., van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. L. (2024). Computational thinking in secondary mathematics education with GeoGebra: Insights from an intervention in calculus lessons. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 1-32. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40751-024-00141-0.pdf>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education*. Routledge.
- Computer Science Teachers Association. (2011). Operational definition of computational thinking. *Report*, 1.

- Çakıroğlu, Ü., Çevik, İ., Köşeli, E., & Aydın, M. (2021). Understanding students' abstractions in block-based programming environments: A performance based evaluation. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100888.
- Çıldır, S., & Şen, A. İ. (2023). Investigation of the GeoGebra-supported teaching material development process of pre-service physics teachers. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 90-106.
- Cetin, I., & Tarık, O. T. U. (2023). The Effect Of The Modality On Students' Computational Thinking, Programming Attitude, And Programming Achievement. *International Journal Of Computer Science Education In Schools*, 6(2).
- Creswell, J. W., & Miller, D. L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry. *Theory into practice*, 39(3), 124-130.
https://people.ucsc.edu/~ktellez/Creswell_validity2000.pdf
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage publications.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Çiftçi, H. (2004). Türkiye'nin bilim ve teknoloji stratejisi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(1). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/50156>
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39.
- Dinci, D. (2021). Farklı Programlama Öğretim Uygulamalarının Ortaokul Öğrencilerinin Bilgi-İşlemsel Düşünme Becerilerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi
- Dwyer, H., Boe, B., Hill, C., Franklin, D., & Harlow, D. (2013). Computational thinking for physics: Programming models of physics phenomenon in elementary school. *Engelhardt, Churukian, & Jones (Eds.) 2013 PERC Proceedings*, 133-136.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5d403ac91b1119179616f5b426851d9d6b10afc7>

- Eryetiş, M. V. (2016). Meslek seçimi ve mesleki rehberlik. *Anadolu bil meslek yüksekokulu dergisi*, (44). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/750079>
- Eskici, M. (2018). As An Activity Of The Teaching Process: Drawing Attention. *Educational Policy and Research*, 251.
- Fardah, D. K. (2018, November). Students' activities for understanding function shifting by using GeoGebra. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1108, No. 1, p. 012014). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1108/1/012014/pdf>
- Feynman, R. (1967). The character of physical law (1965). *Cox and Wyman Ltd., London*.
- Flyvbjerg, B. (2011). Case study. *The Sage handbook of qualitative research*, 4, 301-316.
- Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H. (2022). *How to Design and Evaluate Research in Education 10th ed.* McGraw-Hill Education.
- Göksu, İ., & Bolat, Y. İ. (2020). Teknoloji kullanımı Türkiye'de öğrencilerin akademik başarılarını etkiliyor mu? Bir meta-analiz çalışması. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 10(1), 138-176. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/953400>
- Guido, R. M. D. (2018). Attitude and motivation towards learning physics. arXiv preprint arXiv:1805.02293. <https://arxiv.org/pdf/1805.02293>
- Gülbahar, Y., Kert, S. B., & Kalelioğlu, F. (2019). Bilgi işlemsel düşünme becerisine yönelik öz yeterlik algısı ölçeği: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 10(1), 1-29. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/554854>
- Guncaga, J., & Majherová, J. (2012). Geogebra As A Motivational Tool For Teaching and Learning in Slovakia. *North American Geogebra Journal*, 1(1). <https://mathed.miamioh.edu/index.php/ggbj/article/download/4/19>
- Guzdial, M. (2016). Computational thinking and using programming to learn. In *Learner-centered design of computing education: Research on computing for everyone* (pp. 37-51). Cham: Springer International Publishing.

Guzdial, M., Kay, A., Norris, C., Soloway, E., (2019). Computational Thinking Should Just Be Good Thinking, *Communications Of The Acm*, November 2019, Vol. 62 No. 11, Pages 28-30 <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3363181>

<HTTPS://www.geogebra.org/about>

Hale, P. (2000). Connecting Research to Teaching: Kinematics and Graphs: Students' Difficulties and CBLs. *The Mathematics Teacher*, 93(5), 414-417. <http://math.buffalostate.edu/smcmillen/Hale.pdf>

Hasanah, D., Prihatni, Y., Lisdayanti, L., & Purwanto, J. (2023). How did problem-based learning with the TPACK approach (PBL-TPACK) enhance physics learning outcomes?. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 10(2), 36-45.

Haseski, H. İ., İlic, U., & Tuğtekin, U. (2018). Defining a new 21st century skill-computational thinking: Concepts and trends. *International Education Studies*. <https://gcris.pau.edu.tr/bitstream/11499/26850/1/EJ1175216.pdf>

Holmes, N. G., & Wieman, C. E. (2018). Introductory Physics Labs: We Can Do Better. *Physics Today*, 71(1), 38-45. <https://doi.org/10.1063/PT.3.3816>

Hsu, T. C., Chang, S. C., Hung, Y. T. (2018). How to Learn and How to Teach Computational Thinking: Suggestions Based on a Review of the Literature <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>

Hu, C. (2011, June). Computational thinking: what it might mean and what we might do about it. In *Proceedings of the 16th annual joint conference on Innovation and technology in computer science education* (pp. 223-227). <https://doi.org/10.1145/1999747.1999811>

Hutchins, N. M., Biswas, G., Maróti, M., Lédeczi, Á., Grover, S., Wolf, R., ... & McElhaney, K. (2020). C2STEM: A system for synergistic learning of physics and computational thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 83-100. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10147233>

[HTTPS://letstalkscience.ca/sites/default/files/2019-10/LTS-Computational Thinking Framework-2018.pdf](HTTPS://letstalkscience.ca/sites/default/files/2019-10/LTS-Computational%20Thinking%20Framework-2018.pdf)

- Ilmi, A. M., & Sunarno, W. (2020). Development of TPACK based-physics learning media to improve HOTS and scientific attitude. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1440, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1440/1/012049/pdf>
- International Society for Technology in Education [ISTE]. (2011). Operational definition of computational thinking. https://cdn.iste.org/www-root/Computational_Thinking_Operational_Definition_ISTE.pdf
- Jocius, R., O'Byrne, W. I., Albert, J., Joshi, D., Robinson, R., & Andrews, A. (2021). Infusing Computational Thinking into STEM Teaching: From Professional Development to Classroom Practice. *Educational Technology & Society*, 24 (4), 166–179. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10388700>
- Joshi, S. C. (2023). TPACK and teachers' self-efficacy: A systematic review. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 49(2), 1-23. <https://doi.org/10.21432/cjlt28280>
- Jun, S., Han, S., & Kim, S. (2017). Effect of design-based learning on improving computational thinking. *Behaviour & Information Technology*, 36(1), 43-53. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1188415>
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: Key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación química*, 20(1), 32-40.
- Kale, U., Akcaoglu, M., Cullen, T., Goh, D., Devine, L., Calvert, N., & Grise, K. (2018). Computational what? Relating computational thinking to teaching. *TechTrends*, 62(6), 574-584. https://www.researchgate.net/profile/Ugur-Kale/publication/324596211_Computational_What_Relating_Computational_Thinking_to_Teaching/links/5ad8e267aca272fdaf81fcdf/Computational-What-Relating-Computational-Thinking-to-Teaching.pdf
- Kalelioglu, F., Gülbahar, Y., & Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4(3), 583.

https://www.bjmc.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/bjmc/Contents/4_3_15_Kalelioglu.pdf

- Karabuz, Ö. (2015). Fizik öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgisini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Kayabaşı, Y. (2012). Öğretmenlerin Öğretim Sürecinde Kullandıkları Öğretim Yöntem ve Teknikleri ile Bunları Tercih Etme Nedenleri. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(27), 45-65. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/854137>
- Kılıç, İ. (2021). Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, The Effect Of Science Instruction Integrated With Unplugged Computational Thinking Activities On Students' Academic Achievement And Computational Thinking Skills.
- Kim, H., Song, J., & Ha, S. (2024). TPACK expression patterns in preservice teachers' design of innovative physics teaching and learning materials. *Journal of Computer Assisted Learning*.
- Kirikçılar, R. G., & Yildiz, A. (2018). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Craft: Utilization of the TPACK When Designing the GeoGebra Activities. *Acta Didactica Napocensia*, 11(1), 101-116. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1177041.pdf>
- Kllogjeri, P., & Kllogjeri, A. (2010). Geogebra for solving problems of physics. In *Organizational, Business, and Technological Aspects of the Knowledge Society: Third World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2010, Corfu, Greece, September 22-24, 2010. Proceedings, Part II 3* (pp. 424-428). Springer Berlin Heidelberg.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70. <https://www.learntechlib.org/p/29544/>

- Kohen, Z., Schwartz-Aviad, L., & Peleg, T. (2023). Who moved my triangle? Pre-and in-service teachers inquiring in a mathematics lab. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-29.
- Kolář, P. (2019, May). GeoGebra for secondary school physics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1223, No. 1, p. 012008). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1223/1/012008/pdf>
- Kong, S. C., Lai, M., & Li, Y. (2023). Scaling up a teacher development programme for sustainable computational thinking education: TPACK surveys, concept tests and primary school visits. *Computers & education*, 194, 104707. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104707>
- Koponen, I. T., & Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*, 15, 31-54. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-005-3199-6>
- Kuncser, C., Kuncser, A., Maftai, G., & Antohe, S. (2012). Easy understanding of magnetism via specific methods of computer assisted education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 5324-5329.
- Lee, J., Kim, J. B., & Kim, J. B. (2018). Effects of the Experience in Developing Physics Teaching Materials Based on Computational Thinking for Improvement of Science Teachers' and Pre-service Teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK). *New Physics: Sae Mulli*, 68(2), 1-15.
- Lichtenberger, A., Wagner, C., Hofer, S. I., Stern, E., & Vaterlaus, A. (2017). Validation and structural analysis of the kinematics concept test. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010115. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010115>
- Lodi, M., & Martini, S. (2021). Computational thinking, between Papert and Wing. *Science & education*, 30(4), 883-908.

- Mäkitalo, K. H., Tedre, M., Laru, J., & Valtonen, T. (2019, June). Computational thinking in Finnish pre-service teacher education. In *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education* (pp. 13-15).
- Marange, I. Y., & Tatira, B. (2024). Gender dynamics in GeoGebra integration: In-service mathematics teachers' development. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(6), em2457.
- Marciuc, D., & Miron, C. (2018). Understanding multiple reflections in two plane mirrors by building computer simulations. *Romanian Reports in Physics*, 70(3), 902.
- Marshall, C. (1991). Teachers' learning styles: How they affect student learning. *The Clearing House*, 64(4), 225-227.
- Mason, S. L., & Rich, P. J. (2019). Preparing elementary school teachers to teach computing, coding, and computational thinking. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 19(4), 790-824.
- Mayer, P., & Girwidz, R. (2019, July). Physics teachers' acceptance of multimedia applications—adaptation of the technology acceptance model to investigate the influence of TPACK on physics teachers' acceptance behavior of multimedia applications. In *Frontiers in Education* (Vol. 4, p. 73). Frontiers Media SA.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Masrifah, M., Setiawan, A., Sinaga, P., & Setiawan, W. (2018, September). Profile of senior high school in-service physics teachers' technological pedagogical and content knowledge (TPACK). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1097, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.
- Mishra, P., Yadav, A., & Deep-Play ResearchGroup. (2013). Rethinking technology & creativity in the 21st century. *TechTrends*, 57(3), 10-14.

- Mohaghegh, D. M., & McCauley, M. (2016). Computational thinking: The skill set of the 21st century. <https://www.researchbank.ac.nz/server/api/core/bitstreams/01a20ffc-7eb5-4cf7-8c23-4d5c0bfb7482/content>
- Mouza, C., & Karchmer-Klein, R. (2013). Promoting and assessing pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) in the context of case development. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 127-152.
- Mouza, C., Yang, H., Pan, Y. C., Ozden, S. Y., & Pollock, L. (2017). Resetting educational technology coursework for pre-service teachers: A computational thinking approach to the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3).
- Mudzimiri, R. (2012). *A study of the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK) in pre-service secondary mathematics teachers*. Montana State University. <https://scholarworks.montana.edu/server/api/core/bitstreams/7f25b201-8795-4990-8d29-6d3f3d60666a/content>
- Murdani, E., & Sumarli, S. (2018). Identification of students misconceptions in school and college on kinematics. In *Proceedings of the Borneo International Conference on Education and Social Sciences (BICESS)* (pp. 75-82).
- Mussoi, E. M., Flores, M. L. P., Bulegon, A. M., & Tarouco, L. M. R. (2010). GeoGebra and eXe Learning: applicability in the teaching of Physics and Mathematics. In *International Conference on Society and Information Technologies-ICSIT. Orlando: Florida, USA* (Vol. 9, pp. 61-66).
- National Research Council, Division on Engineering, Physical Sciences, Board on Physics, & Physics Survey Overview Committee. (2001). *Physics in a new era: An overview*.
- National Research Council, Division on Engineering, Physical Sciences, Computer Science, Telecommunications Board, & Committee for the Workshops on Computational Thinking. (2010). *Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking*. National Academies Press.

- Nava, M. C., Díaz, M. R., Castro, E. F., Rodríguez, A. T., & Maure, L. M. (2021). Mathematical knowledge to teach physics and teacher training: The case of kinematics graphs. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(14), 5925-5939.
- Neira, R. H., García-Iruela, M., & Connolly, C. (2021). Developing and assessing computational thinking in secondary education using a TPACK guided Scratch visual execution environment. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 4(4), 3-23. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v4i4.98>
- Odcházelová, T., & Lindner, M. (2015). Multimedia: A suitable tool for project-based education—A survey among Czech, Slovakian and German biology teachers. *Projektové Vyučování V Přírodovědných Předmětech*, 81. https://pages.pedf.cuni.cz/pbe/files/2016/02/proceedings_2015.pdf#page=81
- Orban, C. M., & Teeling-Smith, R. M. (2020). Computational thinking in introductory physics. *The Physics Teacher*, 58(4), 247-251. <https://doi.org/10.1119/1.5145470>
- Ornek, F., Robinson, W. R., & Haugan, M. P. (2008). What Makes Physics Difficult?. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(1), 30-34.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International journal of science education*, 25(9), 1049-1079. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/0950069032000032199>
- ÖSYM, 2023. Yükseköğretim Kurumları Sınavı 2023-YKS Sınav Sonuçlarına İlişkin Sayısal Bilgiler. <https://www.osym.gov.tr/TR,25647/2023-yks-sinav-sonuclarina-iliskin-sayisal-bilgiler.html> (Erişim Tarihi: 10.05.2024).
- ÖSYM, 2022. Yükseköğretim Kurumları Sınavı 2022-YKS Sınav Sonuçlarına İlişkin Sayısal Bilgiler. <https://www.osym.gov.tr/TR,23867/2022-yks-sinav-sonuclarina-iliskin-sayisal-bilgiler.html> (Erişim Tarihi: 10.05.2024).
- ÖSYM, 2021. Yükseköğretim Kurumları Sınavı 2021-YKS Sınav Sonuçlarına İlişkin Sayısal Bilgiler. <https://www.osym.gov.tr/TR,21233/2021-yks-sinav-sonuclarina-iliskin-sayisal-bilgiler.html> (Erişim Tarihi: 10.05.2024).

- ÖSYM, 2020. Yükseköğretim Kurumları Sınavı 2020-YKS Sınav Sonuçlarına İlişkin Sayısal Bilgiler. <https://www.osym.gov.tr/TR,19424/2020-yks-sinav-sonuclarina-iliskin-sayisal-bilgiler.html> (Erişim Tarihi: 10.05.2024).
- ÖSYM, 2019. Yükseköğretim Kurumları Sınavı 2019-YKS Sınav Sonuçlarına İlişkin Sayısal Bilgiler. <https://www.osym.gov.tr/TR,16859/2019-yks-sinav-sonuclarina-iliskin-sayisal-bilgiler.html> (Erişim Tarihi: 10.05.2024).
- Paker, T. (2015). Durum çalışması. Nitel araştırma: yöntem, teknik, analiz ve yaklaşımları.
- Persson, H. I. (2023). Computational thinking: Visible in the classroom but invisible in the curriculum. *Australasian Journal of Technology Education*, 9.
- Pollack, S., Haberman, B., & Meerbaum-Salant, O. (2017). Constructing models in physics: what computational thinking occurs. *Siu-cheung KONG The Education University of Hong Kong, Hong Kong*, 23. <https://www.eduhk.hk/cte2017/doc/CTE2017%20Proceedings.pdf#page=34>
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently?. *On the horizon*, 9(6), 1-6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424843>
- Putri, S. A., Damayanti, P., Nuryadin, A., & Sulaeman, N. F. (2024). Online Microteaching: Unveiling Female Pre-service Physics Teachers Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK). *KnE Social Sciences*, 894-902.
- Putri, S. A., Sulaeman, N. F., Damayanti, P., & Putra, P. D. A. (2021, November). Fostering TPACK in pre-service physics teachers during the covid-19 pandemic. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2104, No. 1, p. 012006). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2104/1/012006/pdf>
- Redish, E. F. (2000). Who needs to learn physics in the 21st century—and why? *Plenary lecture, GIREP conference, physics teacher education beyond 2000*, Barcelona Spain. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.17.4099>.
- Redish, E. F., & Kuo, E. (2015). Language of physics, language of math: Disciplinary culture and dynamic epistemology. *Science & Education*, 24, 561-590. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-015-9749-7>

- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1592761.1592779>
- Richardson, V. (2003). Preservice teachers' beliefs. In J. Rath & A. C. McAninch (Eds.), *Advances in teacher education series*, 6 (pp. 1–22). Information Age.
- Rodrigues da Silva, D., Kurtz, F. D., & Paludo Santos, C. (2020). Computational thinking and TPACK in science education: a southern-Brazil experience. *Paradigma*, 41(2).
- Rottenhofer, M., Sabitzer, B., & Rankin, T. (2021). Developing Computational Thinking skills through modeling in language lessons. *Open Education Studies*, 3(1), 17-25.
- Roy, A. (2019). Technology in teaching and learning. *International Journal of Innovation Education and Research*, 7(4), 414-422.
- Saglam-Arslan, A., & Arslan, S. (2010). Mathematical models in physics: A study with prospective physics teacher. *Scientific Research and Essays*, 5(7), 634-640.
- Sands, P., Yadav, A., & Good, J. (2018). Computational thinking in K-12: In-service teacher perceptions of computational thinking. *Computational thinking in the STEM disciplines: Foundations and research highlights*, 151-164.
- Saritepeci, M. (2022). Modelling the effect of TPACK and computational thinking on classroom management in technology enriched courses. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(4), 1155-1169. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10758-021-09529-y.pdf>
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of research on Technology in Education*, 42(2), 123-149. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ868626.pdf>
- Selby, C., & Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition. https://eprints.soton.ac.uk/356481/1/Selby_Woollard_bg_soton_eprints.pdf

- Selby, C., & Woollard, J. (2014). Refining an understanding of computational thinking. <https://eprints.soton.ac.uk/372410/1/372410UnderstdCT.pdf>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14. http://depts.washington.edu/comgrnd/ccli/papers/shulman_ThoseWhoUnderstandKnowledgeGrowthTeaching_1986-jy.pdf
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational research review*, 22, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Solvang, L. (2021). *Educational technology for visualisation in upper secondary physics education: The case of GeoGebra* (Doctoral dissertation, Karlstads universitet). <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1615331/FULLTEXT01.pdf>
- Solvang, L., & Haglund, J. (2018). GeoGebra in physics education. In *10th International Conference on Education and New Learning Technologies, Palma, Spain. 2-4 July, 2018*. (pp. 9667-9674). IATED. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1249564/FULLTEXT01.pdf>
- Solvang, L., & Haglund, J. (2021). How can GeoGebra support physics education in upper-secondary school—a review. *Physics Education*, 56(5), 055011. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac03fb/pdf>
- Srisawasdi, N. (2012). The role of TPACK in physics classroom: case studies of preservice physics teachers. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 3235-3243. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.043>
- Süzük, E., & Akinci, T. (2021). Comparing Pre-Service Teachers' Self-Confidence Levels in Technological Pedagogical Content Knowledge in Terms of Several Variables. *Journal of Education and Learning*, 10(1), 82-93. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1283666.pdf>
- Sykora, C. (2021). Computational Thinking For All. Iste. <https://iste.org/blog/computational-thinking-for-all>

- Şahin, E., & Yağbasan, R. (2012). Determining which introductory physics topics pre-service physics teachers have difficulty understanding and what accounts for these difficulties. *European Journal of Physics*, 33(2), 315.
- Şentürk, M. L. (2017). Fizik öğretmenlerinin kuvvet ve hareket konusunda animasyon & simülasyon-TPAB düzeyleri: Sınıf içi bütüncül çoklu durum çalışması. Doktora Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü
- Şimşek, N. (2004). Yapılandırmacı Öğrenme ve Öğretime Eleştirel Bir Yaklaşım. *Eğitim Bilimleri ve Uygulama Dergisi*, 3-5.
- Şimşek, Ö., & Yazar, T. (2018). Öğretmen Adaylarının Eğitimde Teknoloji Entegrasyon Öz-Yeterliklerinin İncelenmesi: Türkiye Örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(66), 744-765. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/455479>
- Taşar, M. F., & Ergül, D. Y. (2023). PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (TPACK) IN PHYSICS EDUCATION. *The international handbook of physics education research: Teaching physics*. <https://doi.org/10.1063/9780735425712>
- Taylor, V., Tilhou, R., & Crompton, H. (2020). Computational thinking and coding across content areas to develop digital skills. *Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum*, 231-243.
- Timur, B., & Taşar, M. F. (2011). Teknolojik pedagojik alan bilgisi öz güven ölçeğinin (TPABÖGÖ) Türkçe'ye uyarlanması. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 839-856.
- Trumper, R. (2003). The physics laboratory—a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12, 645-670. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1025692409001>
- Tsai, C. C., & Chai, C. S. (2012). The "third"-order barrier for technology-integration instruction: Implications for teacher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(6). <https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/810>

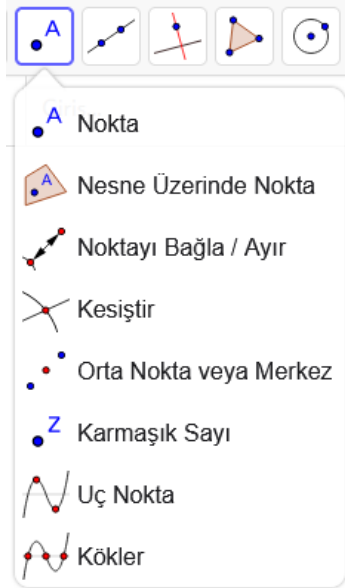
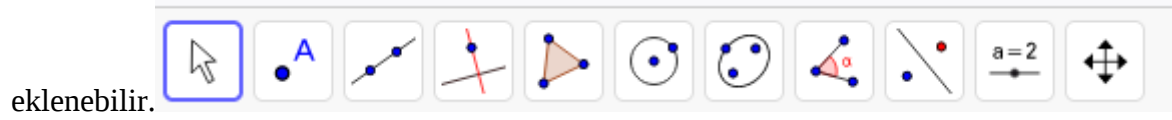
- Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2004, September). Understanding students' poor performance on mathematical problem solving in physics. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 720, No. 1, pp. 113-116). American Institute of Physics.
- Turgut, Ü., Karaman, İ., Sönmez, E., Dilber, R., Şimşek, Ö., & Altun, S. (2006). Fizikte öğrenme güçlüklerinin saptanmasına yönelik bir çalışma. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (13), 431-437.
- Uzun, P., Avcı, E., İğrek, S., & Yıldız, Ö. Ü. B. (2021). Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik stratejileri değerlendirme çerçevesi. *İçinde Eğitim ve Bilim-7*, (Edt. Aysel Kızılkaya Namlı), 7-23.
- Ünsal, G. T., & Akay, C. (2020). Lise öğrencilerinin matematik başarıları, kaygısı ve öğretim teknolojilerine yönelik tutumları üzerine: Geogebra dinamik yazılımı. *Kastamonu Education Journal*, 28(1), 234-252. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/943998>
- Üzümcü, Ö., & Bay, E. (2018). Eğitimde yeni 21. yüzyıl becerisi: Bilgi işlemsel düşünme. *Uluslararası Türk Kültür Coğrafyasında Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 1-16. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/752455>
- Van Doc, N., Giam, N. M., Nam, N. T. H., Thanh, N. T., & Giang, N. T. H. (2023). Applying Algorithmic Thinking to Teaching Graphs of Functions For Students Through Geogebra. *Journal of Education For Sustainable Innovation*, 1(2), 85-94. <https://doi.org/10.56916/jesi.v1i2.554>
- van Borkulo, S., Chytas, C., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. (2021, October). Computational thinking in the mathematics classroom: fostering algorithmic thinking and generalization skills using dynamic mathematics software. In *Proceedings of the 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 1-9). <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3481312.3481319>
- Weller, D. P., Bott, T. E., Caballero, M. D., & Irving, P. W. (2022). Development and illustration of a framework for computational thinking practices in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), 020106. <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020106>

- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Wing, J. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The link magazine*, 6, 20-23.
- Yadav, A., Stephenson, C., & Hong, H. (2017). Computational thinking for teacher education. *Communications of the ACM*, 60(4), 55-62. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2994591>
- Yağar, F., & Dökme, S. (2018). Niteliksel araştırmaların planlanması: Araştırma soruları, örneklem seçimi, geçerlik ve güvenirlik. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-9. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/563245>
- Yıldırım, A. (1999). Nitel araştırma yöntemlerinin temel özellikleri ve eğitim araştırmalarındaki yeri ve önemi. *Eğitim ve Bilim*, 23(112).
- Yunianto, W., Prodromou, T., & Lavicza, Z. (2023). Debugging on GeoGebra-based Mathematics+ Computational Thinking Lessons. In *28th Asian Technology Conference in Mathematics* (pp. 322-331). <https://atcm.mathandtech.org/EP2023/regular/22065.pdf>
- Zakwandi, R., & Istiyono, E. (2023). A framework for assessing computational thinking skills in the physics classroom: study on cognitive test development. *SN Social Sciences*, 3(3), 46. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s43545-023-00633-7.pdf>
- Ziatdinov, R., & Valles Jr, J. R. (2022). Synthesis of modeling, visualization, and programming in GeoGebra as an effective approach for teaching and learning STEM topics. *Mathematics*, 10(3), 398.
- Zutaah, P., Ondigi, S. R., & Miheso-O'Connor, M. K. (2023). Pre-Service Teachers' Perception Of The Use Of Geogebra In Teaching And Learning Geometry In The Colleges Of Education, GHANA. *JOHME: Journal of Holistic Mathematics Education*, 7(1), 1-2.

EKLER

EK-1: 1. Hafta – 1. Ders Planı

Araç Çubuğu tanıtılır. Araç çubuğu üzerindeki kısa yollarla Grafik penceresine nesneler



Araç Çubuğu

Şekildeki ikona basınca çıkan araçlar tanıtılır.

Nokta oluşturma

Seçilen bir nesnenin üzerinde nokta oluşturma

Nokta ve nesneyi birbirine bağlama ya da ayırma

İki nesnenin kesişiminde nokta oluşturma

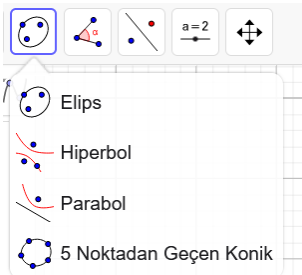
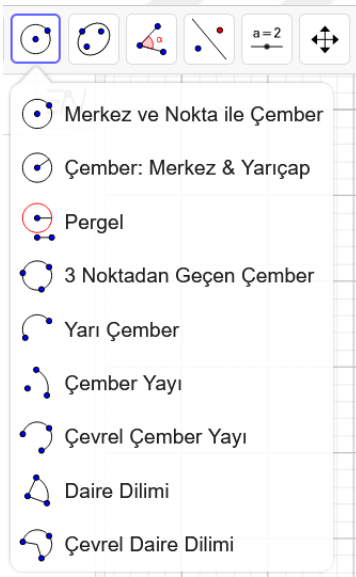
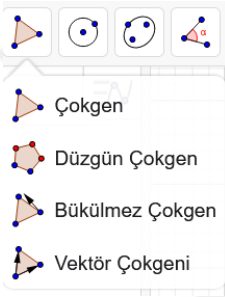
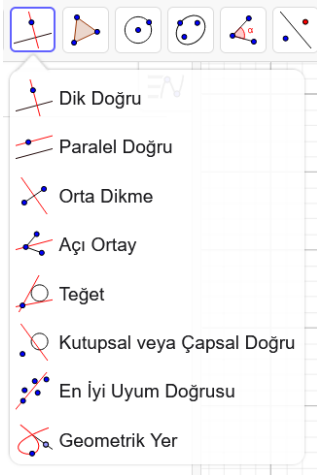
İki nesnenin orta noktasını bulma

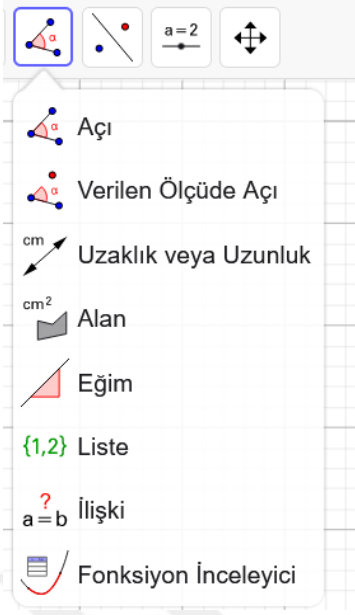
Karmaşık sayı ile nokta oluşturma

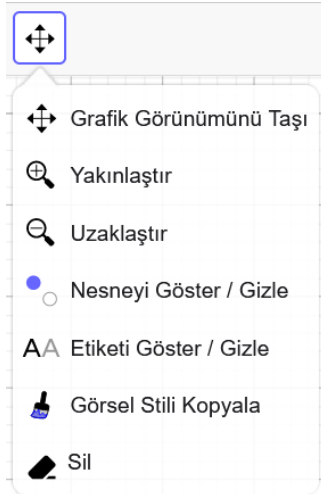
Bir fonksiyonun uç noktalarını bulma

Bir fonksiyonun köklerini bulma.

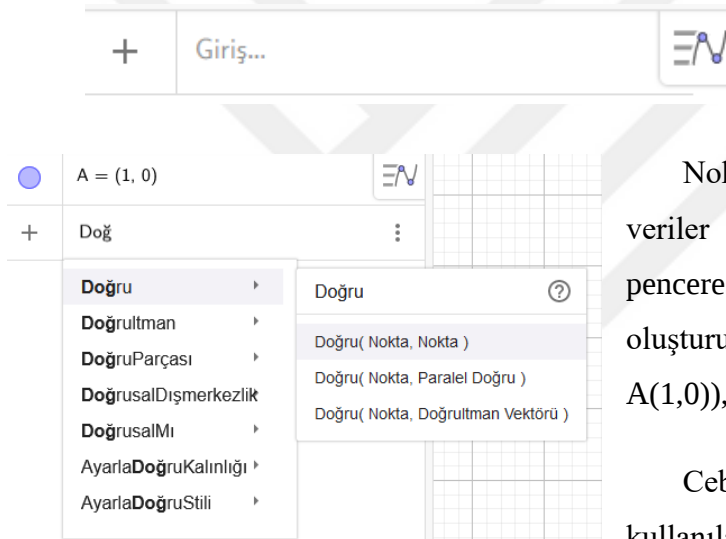








- Cebir Penceresi tanıtılır.



Nokta yazmak için parantez açılır ve veriler girilir. Örn: (1,0) yazılınca grafik penceresinde verilen koordinatlarda nokta oluşturulacaktır. İsim verilebilir, (örn. A(1,0)), verilmezse otomatik isimlendirilir.

Cebir penceresindeki hazır nesneler de kullanılabilir. Örn: Doğru, Çember, Kalan,

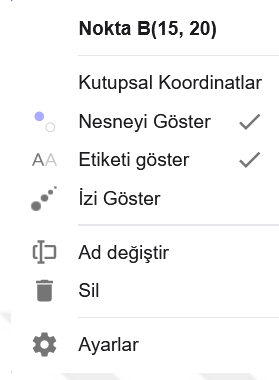
AğırlıkMerkezi, Dizi

Stil çubuğu tanıtılır.



Bu araçtan nesne rengi, stili, büyüklüğü, kalınlığı, şeffaflığı, yeri vb ayarlar yapılabilir.

Nesnelere ters tıklanınca çıkan ayarlar tanıtılır.



EK-2: Kişisel Bilgiler Formu

Bu formdaki bilgiler gizli tutulacaktır.

Ad-Soyad *

Yanıtınız

Cinsiyetiniz *

☐ Kadın

☐ Erkek

Sınıfınız *

☐ 1. sınıf

☐ 2. sınıf

☐ 3. sınıf

☐ 4. sınıf

Kişisel bilgisayarınız var mı? *

☐ Evet

☐ Hayır

Ne sıklıkla bilgisayarda vakit geçiriyorsunuz? *

- ☐ Haftada 1-3 gün
- ☐ Günde 1 saatten az
- ☐ Günde 1-2 saat
- ☐ Günde 3-4 saat
- ☐ Günde 4 saatten fazla
- ☐ Diğer: _____

Bilgisayarı en çok ne için kullanırsınız? *

- ☐ Oyun oynamak
- ☐ Film izlemek
- ☐ Alışveriş
- ☐ Araştırma
- ☐ Sosyal Medya
- ☐ Ödev
- ☐ Yazılım
- ☐ Diğer: _____

Mevcut bilgisayar bilginizin yeterliliğini nasıl tanımlarsınız? *

- ☐ Yetersiz. (Başkalarından yardım alırım)
- ☐ Yeterli. (Karşılaştığım problemleri kendim çözebilirim, ihtiyaç duyduğum programları kullanabilirim.)
- ☐ Çok iyi. (Web tasarımı, yazılım vb yapabilirim.)
- ☐ Diğer: _____

EK-3: Uygulama Aşamaları Tablosu		
Uygulama Aşamaları	Kontrol	Varsa sorunu yazın

[illegible]

EK-4: Görüşme Formu

- 1) Materyal geliştirmede GeoGebra'yı kullanmanın hoşunuza giden yönleri nelerdi? Ayrıntılı bir şekilde açıklayınız.
- 2) Geliřtirdiđiniz materyallerin fizik öğretimine ne şekilde katkı sağlayacağını düşünüyorsunuz? Ayrıntılı bir şekilde açıklayınız.
- 3) GeoGebra ile materyal geliştirme sürecinde zorluk yaşadınız mı? Eğer öyleyse lütfen açıklayınız.
- 4) Gelecekte GeoGebra'yı öğretmenlik mesleğini yaparken yeni materyaller tasarlamak için kullanabileceğinizi düşünüyor musunuz? Ayrıntılı bir şekilde açıklayınız.
- 5) Bu materyal geliştirme süreciyle eklemek istediğiniz başka önerileriniz varsa lütfen yazınız.

EK-5: Alınan İzinler**Fatma Yıldırım** <[redacted]@gmail.com>

31 Eki 2023 Sal 12:16



Alıcı: [redacted] tr ▼

Merhaba Betül Hanım,

Ben Fatma Yıldırım, Marmara Üniversitesinde Fizik Öğretmenliği alanında Yüksek Lisans yapıyorum. Graham ve arkadaşları(2009)tarafından geliştirilen, sizlerin Türkçe'ye uyarladığı Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Öz Güven Ölçeğini izninle tezimde kullanabilir miyim? Kullanmama izniniz olursa ölçeğinizin orijinalini de benimle paylaşabilir misiniz? Teşekkür ederim.

Saygılarımla,

Fatma YILDIRIM

BETUL TIMUR <[redacted]@[redacted]>

31 Eki 2023 Sal 13:19



Alıcı: ben ▼

Merhaba Fatma Hanım

ölçeğim ektedir. Çalışmanızda kullanabilirsiniz.



EK-6: Çalışma Sürecinden Resimler

