T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTA ÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FİZİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kinematik Deneylerinde Kullanılmak Üzere Bir Mobil Uygulamanın Geliştirilmesi

Araş. Gör. Ufuk DİLEK

İzmir
2016

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTA ÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FİZİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kinematik Deneylerinde Kullanılmak Üzere Bir Mobil Uygulamanın Geliştirilmesi

Araş. Gör. Ufuk DİLEK

Danışman
Doç. Dr. Serap KAYA ŞENGÖREN

İzmir
2016

I

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum "Kinematik Deneylerinde Kullanılmak Üzere Bir Mobil Uygulamanın Geliştirilmesi" adlı çalışmamın, tarafımdan bilimsel ahlak ilkelerine aykırı düşecek hiçbir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

21/06/2016

Araş. Gör. Ufuk DİLEK

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

İşbu çalışma, jürimiz tarafından Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Öğretmenliği Yüksek Lisans Programında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Serap KAYA ŞENGÖREN .....

Üye : Prof. Dr. Mustafa EROL .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Özlem ATEŞ .....

Onay
Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../....

Prof. Dr. Ali Günay BALIM
Enstitü Müdürü

T.C
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ULUSAL TEZ MERKEZİ

TEZ VERİ GİRİŞİ VE YAYIMLAMA İZİN FORMU

Referans No	10113992
Yazar Adı / Soyadı	UFUK DİLEK
Uyruğu / T.C.Kimlik No	TÜRKİYE / 23542337144
Telefon	5300402124
E-Posta	ufuk.dilek@deu.edu.tr
Tezin Dili	Türkçe
Tezin Özgün Adı	Kinematik Deneylerinde Kullanılmak Üzere Bir Mobil Uygulamanın Geliştirilmesi
Tezin Tercümesi	Development of a Mobile Application for Use in Kinematics Experiments
Konu	Eğitim ve Öğretim = Education and Training
Üniversite	Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü / Hastane	Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı
Bilim Dalı	Fizik Eğitimi Bilim Dalı
Tez Türü	Yüksek Lisans
Yılı	2016
Sayfa	90
Tez Danışmanları	DOÇ. DR. SERAP KAYA ŞENGÖREN 54652102308
Dizin Terimleri	Fizik eğitimi=Physics education ; Artırılmış gerçeklik=Augmented reality
Önerilen Dizin Terimleri	Mobil Öğrenme = Mobile Learning Eğitim Teknolojileri = Educational Technology
Kısıtlama	24 ay süre ile kısıtlı

Tezimin,Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanında arşivlenmesine izin veriyorum. Ancak internet üzerinden tam metin açık erişime sunulmasının 21.06.2018 tarihine kadar ertelenmesini talep ediyorum. Bu tarihten sonra tezimin, bilimsel araştırma hizmetine sunulması amacı ile Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi tarafından internet üzerinden tam metin erişime açılmasına izin veriyorum.
NOT: Erteleme süresi formun imzalandığı tarihten itibaren en fazla 3 (üç) yıldır.

21.06.2016

İmza

TEŞEKKÜR

Hayatımın her aşamasında eğitimime büyük önem veren anne ve babama;

kusursuz tez danışmanlığından dolayı kendimi çok şanslı hissetmemi sağlayan Doç. Dr. Serap KAYA ŞENGÖREN ’e;

her anlamda, desteğini benden hiç esirgemeyen Prof. Dr. Kemal YÜRÜMEZOĞLU ’na;

zor günlerde bana moral veren Doç. Dr. Serap ÇALIŞKAN ’a;

beni yetiştiren ve tez aşamasındayken bana karşı anlayış gösteren anabilim dalımızdaki hocalarıma;

katkılarından dolayı tez sınavı jürilerine;

tezime çalışabilmem için uygun iklimi yaratan dekanımız Prof. Dr. Süleyman BAŞLAR, dekan yardımcımız Prof. Dr. Halil AYDIN, bölüm ve anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Mustafa EROL ve bir önceki bölüm başkanımız Prof. Dr. Şuur NİZAMOĞLU ’na;

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR IV
İÇİNDEKİLER V
TABLO LİSTESİ VII
ŞEKİL LİSTESİ VIII
ÖZET IX
ABSTRACT X
1. GİRİŞ 1
1.1 Problem Durumu 9
1.2 Amaç ve Önem 10
1.3 Problem Cümlesi 13
1.4 Alt Problemler 13
1.5 Sayıltılar 14
1.6 Sınırlılıklar 14
1.7 Tanımlar 14
1.8 Kısaltmalar 14
2. İLGİLİ YAYIN VE ARAŞTIRMALAR 15
2.1 Akselerometrenin Kullanıldığı Deneyler 15
2.2 Mikrofonun Kullanıldığı Deneyler 25
2.3 Kameranın Kullanıldığı Deneyler 31
2.4 Jiroskopun Kullanıldığı Deneyler 34
2.5 Manyetometrenin Kullanıldığı Deneyler 35
2.6 Işık sensorunun Kullanıldığı Deneyler 37
2.7 Diğer Sensorların Kullanıldığı Deneyler 38
3. YÖNTEM 40
3.1 Araştırma Modeli 40
3.2 Sistematik Tarama 42

3.3 Deney 45
4. BULGULAR VE YORUMLAR …….55
4.1 Sistematik Tarama Bulguları ve Geliştirilen Uygulama 55
4.2 Fizik Deneyi ile Ulaşılan Bulgular 69
5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER …….74
6. KAYNAKÇA ……77
7. EKLER ……..91
7.1 Araştırmacı Tarafından Yazılan Örnek Bir Java Sınıfı 91
7.2 Araştırmacı Tarafından Hazırlanan Örnek Bir XML Dokümanı 104

TABLO LİSTESİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
1	Çoklu metot yaklaşımı için olası kombinasyomlar	41
2	Çalışmaya dahil edilen yayınlar	56
3	Deneylerde kullanılan sensorlar	61
4	Deneylerde ölçülen fiziksel büyüklükler	61
5	Deneysel ve Hesaplanan Veriler	71

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
1	Örnek QR kodu	9
2	Cam levhaya sabitlenmiş telefon	47
3	Telefon yüzeyinin streç film ile kaplanması	48
4	Streç filmle kaplı telefon yüzeyi	48
5	Ters duran deney platformu	49
6	Telefonun yatay düzlemde sabitlenmesi	51
7	Bilyenin zemine çarptığı noktanın tespiti	52
8	Misinanın bilyenin bıraktığı izlerin üstünden geçmesi	53
9	Havada asılı duran kanca vida	53
10	Yatayda alınan mesafenin ölçülmesi	54
11	Hesaplanan yükseklik	54
12	Konum tespiti için hazır durumundaki ölçüm ekranı	65
13	Konum tespiti sona erdikten sonra ölçüm ekranı	66
14	Deneysel verilerin ayıklandığı ekran	67
15	Toplanan verilerin bulunduğu tablo	68
16	Kuadratik regresyon analizi ile elde edilen sonuçlar	68
17	Regresyon analizi ile elde edilen grafik ve deneysel veriler	69

ÖZET

Bu çalışmada, çoklu metot yaklaşımı kullanılarak, özgün bir mobil uygulamanın geliştirilmesi suretiyle fizik eğitimi araştırmalarına katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşma doğrultusunda, "Üniversite düzeyinde, temel fizik dersleri kapsamında yapılan kinematik deneylerinde kullanılmak üzere, özgün bir mobil uygulama geliştirilebilir mi?" sorusuna yanıt aranmıştır. Yapılan küçük çaplı sistematik tarama sonucunda, ilgili literatürde açık bulunduğu ve daha önce fizik deneylerinde kullanımına hiç rastlanmayan dokunmatik ekranlardan yararlanan özgün bir mobil uygulamanın geliştirilmesinin mümkün olabileceği sonucuna varıldı. Bu sonucun dikkate alınmasıyla, araştırmacı tarafından, "Konum" adlı bir uygulama geliştirildi. Konum' un temel fizik dersleri kapsamında yapılan kinematik deneylerinde kullanılabileceğini göstermek için fen bilimleri çerçevesinde deney yöntemine başvuruldu. Deney sonuçlarıyla, makul hata oranlarıyla ölçüm almanın mümkün olduğu gösterilmiştir. Konum, fizik ve fizik laboratuvarı derslerinde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Fizik Eğitimi, Eğitim Teknolojileri, Mobil Öğrenme, Artırılmış Gerçeklik

ABSTRACT

The purpose of this study was to contribute to the growing body of knowledge in the field of physics education by developing an original mobile application. In parallel with this purpose, answer to the question "Is it possible to develop an original mobile application for use in kinematics experiments within the scope of introductory physics courses at undergraduate level?" was sought using multi-method approach. Results of a small-scale systematic review suggested that there was a gap in the literature and it was possible to develop an original mobile application utilizing touchscreens that we were unaware of their prior use for physics experiments. Relying on this result, a mobile application called "Konum" was developed by the researcher. To show its usability in kinematics experiments within the scope of introductory physics courses, experimental method in physical sciences was used. The results of the experiment indicated that it was possible to take measurements with a reasonable uncertainty level. Konum can be used in physics and physics lab courses.

Keywords: Physics Education, Educational Technology, Mobile Learning, Augmented Reality

BÖLÜM I

GİRİŞ

Modern toplumların her alanına nüfuz etmiş olan teknoloji, insanların günlük hayatlarında dönüşüme sebep olmaktadır (Hynes, 2012). Buhar motorunun, demiryollarının, elektriğin, telefonun, radyonun, arabanın ve uçağın yaygınlaşması gibi geçmişte gerçekleşen teknolojik değişim dalgalarının, o zamanki sosyal ve ekonomik yapılar üzerinde muazzam etkileri olmuştur (Memmi, 2015). Dünyanın birçok yerinde, insan türünün tarihte karşılaştığı en hızlı teknolojik ve kültürel dönüşüm (Baker ve diğer., 2014) ise son birkaç on yılda yaşanagelmektedir. Kimi araştırmacılar (Kilbourne & Kilbourne, 2015), teknolojinin ulaştığı nokta konusunda, "doğal seleksiyon" (biyolojik mutasyon ve çevresel seleksiyon vb.) yerine "yapılandırılmış seleksiyon" (kendimizi ve çevremizi yapılandırmamız vb.) gibi alternatif bir kavramın, insan türünün tarih ve evrim sürecinde bulunduğu şu anki noktayı daha iyi açıklayabileceğini öne sürmüştür.

Internet ve mobil cihazlar gibi bilgi teknolojilerinin ürünleri, insanların birbirleriyle etkileşme biçimlerini, yaşam tarzlarını ve neredeyse hayatlarının tüm boyutlarını değiştirmiştir (Kinshuk ve diğer., 2013). Örneğin, insanların alışveriş yapma, sağlık hizmeti alma ve mali durumlarını idare etme şekilleri değişmiştir (Stone ve diğer., 2015). Örneğin, endüstrileşmiş ekonomilerdeki kimi çalışanların, iş ve aile hayatı arasındaki sınır bulanıklaşmış, işyerlerine olan bağımlılıkları ortadan kalkmış ve kimi çalışanlar herhangi bir zamanda herhangi bir yerde çalışabilir hale gelmiştir (Currie & Eveline, 2011). Bir başka güncel ve çarpıcı örnek olarak, sosyal medyanın insanların örgütlenme şekilleri üzerindeki etkisinden (Rodríguez, Busco & Flores, 2015) bahsedilebilir. Arap Baharı ve Gezi Olayları göstermiştir ki, sosyal

medya üzerinden kolaylıkla örgütlenen topluluklar, siyasete yön verebilmekte, hükümetleri devirebilmekte, iç savaş çıkmasına ve ülkelerin sınırlarının değişmesine yol açabilecek olaylara neden olabilmektedir.

Yukarıda bahsi geçen teknolojik sıçramanın güncel ürünü olan akıllı telefon, tablet bilgisayar, Ipod gibi mobil cihazlar, dünya çapında, artan bir hızla benimsenmektedir. 2007 yılının ocak ayında, Apple'ın genel müdürü Steve Jobs ilk iPhone'u tanıtırken, "Bu her şeyi değiştirecek" dedikten sekiz yıl sonra iPhone marka akıllı telefonlar 21. yüzyılın başlarının tanımlayıcı teknolojisinin örneklerinden biri haline geldi ve akıllı telefonlar dünyayı değiştirdi (The Economist, 2015). Bugün, insanlara, bir haftalığına telefonlarının yerine nelerden vazgeçebilecekleri sorulduğunda, %70'i alkolden, % 63'ü çikolatadan, %33'ü cinsel ilişkiden, %22'si diş fırçalarından, %20'si bilgisayarlarından vazgeçebileceklerini belirtebilmektedirler (Textmarketer, 2015). Amerikalı yetişkinlerin, mobil cihazları günlük kullanma sürelerinin ortalaması 2 saat 51 dakikayı bulmuştur (Mediative, 2015). Yapılan bir başka araştırmada, Amerikalı çocukların neredeyse yarısının yılbaşı hediyesi olarak iPad istedikleri görülmüştür (Forbes, 2012). Son yıllarda, birçok gelişmiş ülkede, ilköğretimin son yıllarında okuyan çocukların çoğunun kendilerine ait cep telefonları bulunmaktadır (Kemp, 2011). Tarihte ilk defa, 2014 yılında, bir cihazın sayısı dünyadaki insan sayısını geçmiş, cep telefonu sayısı yaklaşık 30 yıl gibi kısa bir sürede sıfırdan 7.2 milyar adede çıkmıştır (Independent, 2014). Cep telefonu gibi mobil cihazlarla, internete erişme imkanı da giderek artmaktadır (Cao ve diğer., 2014). İngiltere'de, cep telefonuyla internete erişim oranı 2010 yılında %24 iken, 2014 yılında bu oran iki kattan daha fazla bir noktaya çıkmış, %58 seviyesine ulaşmıştır (Office for National Statistics, 2014). Küresel ölçekte, 2014 yılında toplam mobil veri trafiği aylık 3.3 egzabit (1 egzabit = 10^{18} bit) iken, 2020 yılında bu rakamın 30.5 egzabite yükselmesi, yani yaklaşık 9 katına çıkması beklenmektedir (Ericksson, 2015).

Dünya çapında, mobil cihazların sayısının ve bu cihazlarla internete erişme miktarının hızla artmasının, mobil teknolojinin bu kadar benimsenmesinin bir sebebi olmalıdır. Kortum ve Sorber (2015) üç sebepten bahsetmiştir. İlki ve en önemlisi, bu

cihazların, bilgisayarın sağladığı yararları ve iletişimi seyyar (mobil) hale getirmesidir. İkincisi, mobil cihazların performanslarının ve internet üzerinden veri alışveriş hızlarının yeterli seviyeye ulaşmış olmasıdır. Son olarak da mobil cihazlara, kişisel tercihlere göre birçok farklı mobil uygulamanın yüklenebilmesine ve bu uygulamaların fiyatının düşük olmasına değinilmiştir. Mobil cihazların sağladığı avantajlara değinilen makaleler incelendiğinde, bu cihazların "herhangi bir yerde" ve "herhangi bir zamanda" kullanılabilir olduğuna sürekli değinildiği görülmüştür. İnsanlar, mobil cihazlar küçük boyutlara sahip olduğu için, bu cihazları sürekli yanlarında taşıyabilmektedir. Böylece, herhangi bir yerde, herhangi bir zamanda mobil cihazlar aracılığı ile hizmet alma olanağı doğmuştur.

Mobil teknoloji birçok farklı alanda avantaj sağlamaktadır. Bugün, mobil telefonlar, bir iletişim aracı olmaktan öteye geçmiş, modern toplumun gerekliliklerinden biri haline gelmiştir (Choe, Liao & Sun, 2012). Örneğin, mobil teknolojinin hızla gelişmesiyle bankacılık endüstrisi çarpıcı bir şekilde büyümüştür (Sohail & Al-Jabri, 2014). Artık cep telefonu kullanarak, bir bankanın web adresine girmek veya bankanın hizmete sunduğu ücretsiz mobil uygulamalarla ağa bağlanmak suretiyle bankacılık hizmetlerine ulaşılabilir. Bu yolla, bir hesaptan bir diğerine para transferi gerçekleştirilebilir, yatırım, hisse senedi alım-satımı yapılabilir, faturalar ödenebilir. Artık, mobil uygulamalar ile toplam 1 dakikada kredi çekilebilmekte ve çekilen kredi hesaba transfer edilebilmektedir. Bankada sıra beklemek, bu teknolojiyi kullananlar için tarihe karışmıştır ve bankalar bu insanların cebine sığmıştır. Bankacılık hizmetleri, herhangi bir yerden herhangi bir zamanda ulaşılabilir durumdadır.

Mobil teknoloji, elektronik ticaret (e-ticaret) alanında da ağırlığını hissettirmiştir. Küresel ölçekte, 2015 yılında, e-ticaret web sitesi trafiğinin %50.3'lük kısmından mobil cihazlar sorumluyken, masaüstü bilgisayarların payı %49.7'de kalmıştır (Textmarketer, 2015). Bugün, küçük orta veya büyük boy işletmelerin web sitelerine mobil cihazlarla ulaşılabilir. Ayrıca, hedef kitleye kolayca ulaşmaya, kişiye özel içerik sunmaya ve interaktif iletişime olanak sağlaması sebebiyle, mobil teknoloji, reklamcılık sektöründe varlığını hissettirmiştir (Ha, Park & Lee, 2014;

Park & Salvendy, 2012). Kağıt indirim kuponlarının yerini, dijital formatta tüketicinin telefonuna gönderilen ve alışverişte indirim sağlayan m-kuponlar (mobil kupon) almaya başlamıştır (Achadinha, Jama & Nel, 2014). Artık, mağazalara gitmeden, herhangi bir yerden, herhangi bir zamanda alışveriş yapılabilir.

Mobil teknoloji, eğlence sektöründe de değişimlere sebep olmuştur. Bu teknolojideki ilerlemeler sonucunda, cep telefonları mobil televizyonlara dönüşmüş, spor müsabakalarını ve eğlence programlarını cep telefonu vasıtasıyla izlemek mümkün hale gelmiştir (Zhou, 2013). Benzer şekilde, oyun konsolları da seyyar hale gelmiştir. Bugün, akıllı telefon sahiplerinin %64'ten fazlası telefonlarıyla oyun oynamaktadır (Choe & Schumacher, 2015). Kısaca özetlemek gerekirse, üzerinde bulunan sensorların de kullanılmasıyla, mobil teknoloji; tarım, ulaşım, sağlık, lojistik gibi birçok farklı alanda hizmet kalitesinin artmasını sağlamıştır (Shuib, Shamshirband & Ismail, 2015).

Diğer teknolojilerle birlikte kullanıldığında, mobil teknolojinin belki de en önemli etkisi, insanların bilgiyle olan ilişkisini değiştirmiş olmasıdır. Artık, bilgiyi kağıt-kalem kullanarak geleneksel yöntemlerle saklamak yerine, dijital formatta saklamak mümkündür. Mesela, internet ortamında e-kitap ya da makale okumak veya dünyanın herhangi bir yerindeki saygın bir üniversitede anlatılan derslerin videolarını izlemek mümkündür. Üstelik, istenen bilgiye ulaşmak, Google gibi bir arama motorunun kullanılmasıyla kolaylaşmıştır. Mobil cihazlarla internete bağlanmak mümkün olduğundan, istenen bilgiye herhangi bir yerden herhangi bir zamanda ulaşmak da mümkün hale gelmiştir. Bugünlerde yaygınlaşan, bulut teknolojisi de göz önünde bulundurulursa, bir kişinin, dijital formatta sakladığı (kaydettiği) bilgiye "herhangi bir yerde", "herhangi bir zamanda" ve "herhangi bir mobil cihazla" ulaşması mümkündür. Bu tip teknolojiler, bilgi ortamını dönüştürmekte ve insanların bilgiyle olan etkileşimini değiştirmektedir (ASIS&T, 2013).

Mobil teknolojinin çeşitli alanlarda sağladığı avantajlar ve modern toplumlarda yaşayan bireyler tarafından yaygın olarak kullanılıyor olması dikkate alındığında, bu

teknolojinin, eğitim ve öğretim anlayışında da köklü değişikliklere sebep olabileceğini tahmin etmenin zor olmadığı düşünülmektedir. Zira, akademi camiası, mobil teknolojinin eğitime adapte edilmesi konusuna gittikçe daha fazla odaklanmaktadır (Mac Callum & Jeffrey, 2013). Küresel ölçekte, bu teknolojinin eğitim alanına nüfuz etmesi hızla artmaktadır (Pegrum, Howitt & Striepe, 2013; Shin & Kang, 2015). Mobil teknoloji, oyunun kurallarını değiştirmeye ve eğitim alanında devrim yaratmaya başlamıştır (Reychav & Wu, 2014). Bu teknoloji, öğrenme ve öğretme açısından, sadece, bu zamana kadar zaten yapılagelen şeyleri yapmanın alternatif bir yolu değildir; bilakis, yeni imkanlar yaratmaktadır (Lea & Callaghan, 2011).

Hsu ve Ching (2012), mobil teknolojinin, eğitim alanında çığır açan özelliklerini,

- seyyarlık (mobility)
- işlem gücü (computing power)
- bağlanabilirlik (connectivity)

şeklinde üç maddede toplamıştır. Burada, seyyarlıktan kasıt, mobil cihazların hafif olmaları ve boyutlarının küçük olmasıdır. Bu özellikleri sayesinde rahatça taşınabilirler ve her zaman, her yerde kullanıcıların ellerinin altında bulunurlar. İşlem gücüyle kastedilen ise, küçük olmalarına rağmen, masaüstü bilgisayarlar gibi taşınabilir olmayan cihazların yeteneklerine sahip olmalarıdır. Bu cihazlarda bulunan işlemci (CPU) ve belleklerin (RAM) performanslarının yüksekliği örnek olarak verilebilir. Bağlanabilirliğe örnek olarak ise, bu cihazların her zaman, her yerde internete bağlı olmaları verilebilir. Böylece internetin sağladığı sayısız avantaj, kullanıcıların her an emrindedir.

Çığır açan özellikleri sayesinde, mobil cihazlar, pedagojiyi geliştirme potansiyeli açısından, eğitimcilerin ilgisini çekmiş (Kearney, Burden & Rai, 2015) ve üzerine yapılan akademik çalışmaların giderek arttığı (Chu, 2014) "mobil öğrenme" terimi doğmuştur. Mobil öğrenmenin kabul edilmiş tek bir tanımı bulunmamaktadır (Mifsud, 2014) ve literatürde farklı tanımlara rastlanabilir (Reychav, Dunaway & Kobayashi, 2015). Üstelik, araştırmacılar, öğrenme ortamında bu teknolojinin oynadığı role farklı açılardan bakmaları sebebiyle, eğitim ortamında mobil

teknolojinin kullanımını tanımlamak için, mobil öğrenme (mobile learning), yaygın öğrenme (ubiquitous learning) veya dikişsiz öğrenme (seamless learning) gibi farklı terimler kullanmışlardır (Özçelik & Acartürk, 2011; Sung ve diğer., 2014; Jantjies & Joy, 2015). Bazı araştırmacılara göre ise, bu farklılık, kavramın geçirdiği evrimin bir sonucudur (Hwang & Wong, 2014; Park, 2011; Wang, Chen & Khan, 2014; Brown & Mbati, 2015). Bu çalışmada, fazla detaya girilmeden, mobil öğrenme terimi kullanılacaktır. Buna göre, mobil öğrenme, mobil teknolojinin sağladığı kendine özgü avantajların yardımıyla gerçekleşen öğrenme faaliyetidir.

Mobil öğrenme her ne kadar olgunluğa ulaşmamış olsa da ve şu ana kadar ortaya koyulanlar buzdağının ancak görünen kısmı olsa da (Brown & Mbati, 2015; Mouza & Barrett-Greenly, 2015), mobil cihazlar, ilköğretimden lisansa kadar her seviyede ve muhtelif alanlardaki derslerde kullanılagelmektedir (Pegrum, Oakley & Faulkner, 2013; Hwang & Tsai, 2011). Literatür incelendiğinde, henüz bebek adımlarını atan mobil öğrenmenin, çok olumlu sonuçlar verebileceğine dair ipuçları göze çarpmıştır. Mobil öğrenme konusunda yapılan meta-analiz (Wu ve diğer., 2012; Sung, Chang & Liu, 2016), literatür taraması (Zydney & Warner, 2016) ve nitel araştırma sentezi (Baran, 2014) tipindeki çalışmalar incelendiğinde, mobil öğrenmenin, genel olarak, öğrenme çıktıları üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür. Çalışmanın "Problem Durumu" kısmına geçmeden önce, mobil cihazların hangi eşsiz özelliklerinin eğitime adapte edilebileceğine dair fikir edinilebilmesi amacıyla, birkaç ilgi çekici çalışmaya değinilecektir.

Noguera, Jiménez ve Osuna-Pérez (2013), akıllı mobil cihazlardan (iPod), lisans düzeyindeki fizyoterapi laboratuvarlarında yararlanmışlardır. Bu laboratuvarda, öğrenciler, iki gruba ayrılmakta ve bir grup muayene masalarına uzanıp hasta rolünü üstlenirken, diğer gruptaki öğrenciler bu gruptakileri muayene etmektedirler. Elle muayene için, insan vücudunun anatomisinin iyi bilinmesinin gerektiğini belirten araştırmacılar, iskelet sistemini üçboyutlu olarak incelemeye olanak sağlayan etkileşimli bir mobil uygulamayı kullanmışlardır. Örneğin, insan vücudunun ayak kısmını elle muayene eden bir öğrenci, mobil cihazını muayene masasının üzerine koyup, mobil uygulamada insan ayağının üçboyutlu kemik

yapısını eşzamanlı olarak görebilmektedir. Böylece, akıllı mobil cihazların küçük boyutlu olmasından ve grafik işleme birimlerinin gelişmişliğinden faydalanılmıştır. Çalışmanın genel sonuçlarına göre, profesörler ve öğrenciler mobil öğrenme uygulamasını tatmin edici bulmuşlar, öğrenciler derslerde bu tip uygulamaların kullanılmasını talep etmişler ve pozitif öğrenme çıktıları tespit edilmiştir.

Mobil cihazların, eğitim alanında çığır açan, daha önce bahsi geçen seyyarlık, işlem gücü, bağlanabilirlik özelliklerinin dışında çok önemli bir başka özelliği daha bulunmaktadır. Mobil cihazların üzerinde bulunan sensorlar ve GPS gibi çeşitli teknolojiler sayesinde, mobil cihazın içerisinde bulunduğu ortam hakkında çeşitli özellikler bu cihazlar tarafından algılanabilmekte ve mobil uygulamalar bu verileri kullanabilmektedir. Örneğin, "bağlam-farkında" (context-aware) diye nitelendirilen bu öğrenme ortamları sayesinde, öğrenen kişinin bulunduğu yer tespit edilebilir (Hwang ve diğer., 2013). Chen (2013), yaptığı çalışmada, dijital harita üzerinden rehberlik yapan bir akıllı mobil mekan-farkında (location-aware) kitap önerme sistemini, gerçek kütüphane ortamında yürütülen işbirlikli probleme dayalı öğrenme (İPDÖ) etkinliğini desteklemek için kullanmıştır. Mobil uygulama sayesinde, öğrenci hem kendi bulunduğu yeri hem de çalıştıkları konu ile ilişkili kitapların yerini, cep telefonundaki haritada görebilmektedir. Yani uygulama hem ilgili kitabı bulmakta hem de kitabın kütüphanedeki yerini tarif etmektedir. Yürütülen deneysel çalışmanın sonuçları ışığında, bu akıllı mobil uygulama ile desteklenen İPDÖ uygulamasındaki öğrenme performanslarının, çevrimiçi umumi erişim kataloğu (online public access catalogue) ile desteklenen İPDÖ uygulamasındaki öğrenme performanslarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ahn ve Lee (2015), Güney Koreli ortaokul öğrencilerinin katılımıyla yürüttükleri çalışmada, mobil cihazların otomatik konuşma tanıma (OKT, automatic speech recognition) fonksiyonlarını yabancı dil dersinde kullanmışlardır. OKT fonksiyonu ile desteklenen mobil uygulamanın kullanım şeklini somut bir şekilde tarif etmek için örnek vermek gerekirse, uygulamada ekrana çıkan sanal tezgahtar, öğrenciye, annesine hangi hediyeyi almak istediğini sormaktadır. Tezgahtar ile öğrenci İngilizce konuşmaktadır. Eğer öğrenci doğru bir cümleyi, doğru telaffuz ile

kurabilirse, OKT sistemi sayesinde cümle çözümlenmekte ve tezgahtar ona göre hareket etmektedir. Mesela, öğrenci sesli olarak annesine hediye olarak şapka almak istediğini doğru bir şekilde söylerse, sanal tezgahtar şapkaları uzatmakta ve hangi renk şapkayı istediğini sormaktadır. Bağlama dayalı, otantik pedagojik yaklaşımlar ile uyumlu bu öğrenme ortamında, öğrenci, sanal tezgahtarla bu şekilde konuşabilmektedir. Eğer öğrenci doğru bir şekilde konuşamazsa veya öğrencinin telaffuzu doğru değil ise, sanal tezgahtar tepki vermemektedir. Böyle bir durumda, mobil uygulama, öğrencinin hatasını düzeltmesine yardım etmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, öğrenciler, genel olarak, uygulamayı tatmin edici bulmuşlardır. Bu uygulama ile, yapılan konuşma alıştırmaları daha etkileşimli, eğlenceli ve motive edici bir hale gelmiştir. Ayrıca, öğrencilerin derse katılımı artmıştır.

Mobil cihazların eğitimde kullanımı, sınıf, kütüphane, laboratuvar gibi kapalı alanlarla sınırlı değildir. Tam tersine, seyyarlık, bağlanabilirlik ve bağlam farkındalığı gibi özellikleri sayesinde bu cihazlar, doğal yaşam parkları, botanik bahçeler gibi geniş açık alanlarda benzersiz avantajlar sağlama potansiyeline sahiptir. Chen, Liu ve Hwang (2015), oyun ve yönlendirme yaklaşımıyla bütünleşmiş, saha içinde kullanılan (in-field), bağlam-farkında bir mobil öğrenme sistemini, Tayvan'daki bir ilköğretim okulunda, beşinci sınıf öğrencilerinin katılımıyla, fen bilgisi dersinde kullanmışlardır. Çalışmada, bir gruptaki katılımcı tüm öğrencilere dağıtılan ve bahsi geçen mobil öğrenme sisteminin (uygulama) yüklendiği tablet bilgisayarlar yardımıyla, okul kampüsündeki bitkilerin incelenmesi söz konusudur. Uygulama ekranında, okul kampüsünün krokisi, öğrencinin kampüsteki konumuna kroki üzerinde karşılık gelen nokta ve kampüste bulunan, incelenecek gerçek bitkilerin konumlarına kroki üzerinde karşılık gelen noktalar (etkinlik noktaları) gösterilmektedir. Ayrıca, kroki üzerindeki etkinlik noktaları, yine kroki üzerinde sanal yollarla birleştirilmiştir. Oyunun başında, gruptaki tüm öğrenciler bireysel olarak, gerçek etkinlik noktalarına rastgele konumlandırılmışlardır. Uygulama aracılığı ile sanal olarak zar atan her öğrenci, gelen zara karşılık gelen sayı kadar ilerideki etkinlik noktasına gitmektedir. İncelenecek bitkilerin bulunduğu gerçek etkinlik noktalarında, aşağıdaki gibi bir QR (Quick Response) kodu bulunmaktadır.

Şekil 1

Örnek QR kodu



Öğrenciler, doğru noktaya geldiklerini teyit ettirmek için bu kodu, tablet bilgisayarlarının kamerasıyla tararlar. Bu kodu okuyan uygulama, o noktada bulunan bitkiyle ilgili eğitsel etkinliği başlatır. Örneğin, o bitkiyle ilgili soru sorulur. Bu etkinlik sayesinde, öğrenci, hem gerçek bitkiyi yerinde inceleme hem de tabletteki uygulama sayesinde bu bitkiyle ilgili bilgi edinme şansına sahip olur. Yani gerçek ve sanal ortamın el ele vermesiyle melez bir öğrenme ortamı oluşturulmuştur. Örneğin, öğrenci, sorulan soruya doğru cevap verirse, puan kazanır ve tekrar sanal zarı atarak bir sonraki etkinlik noktasına ilerler. Ayrıca, öğrenci, uygulama ekranında, diğer öğrencilerin kazandığı toplam puanları da görebilir ve rekabet içeren bu oyunsu etkinlikle, öğrencinin eğitsel etkinliğe aktif bir şekilde katılımı sağlanmış olur. Eğer öğrenci, etkinlik noktasındaki soruya doğru cevap veremezse, uygulama öğrenciye yardımcı olmaktadır. Belirlenen bir süre geçtikten sonra, oyun biter ve en çok puan toplayan öğrenci oyunu kazanır. Yürütülen bu deneysel çalışmanın sonuçlarına göre, oyun ve yönlendirme (multistage guiding) yaklaşımı, mobil öğrenme ortamında, öğrencilerin öğrenme başarılarını ve motivasyonlarını manidar bir şekilde artırmaktadır.

1.1 Problem Durumu

Çalışmanın bu kısmına kadar, mobil teknolojinin, modern toplumlarda yaşayan insanların hayatlarını nasıl kolaylaştırdığına ve eğitimde sağlayabileceği bazı avantajlara kısaca değinildi. Aşağı yukarı benzer şekillerde, mobil teknoloji, fizik eğitiminde de kullanılabilir. Örneğin, belediye otobüsüyle okuldan eve dönen bir öğrenci, ertesi günkü fizik dersinde işlenecek konuyla ilgili önbilgi edinmek için, mobil cihazıyla internete bağlanıp, konuyu inceleyebilir. Veya, ertesi gün fizik laboratuvarında yapacağı deneyin videosunu Youtube aracılığı ile izleyebilir. Ya da,

o gün derste işlenen konuyla ilgili anlamadığı bir noktayı, sosyal medyayı kullanarak sınıf arkadaşıyla tartışabilir. Hem sınıf içinde hem sınıf dışında, mobil teknolojinin fizik eğitiminde sağlayabileceği avantajlarla ilgili örnekleri çoğaltmak mümkün; fakat, tüm bunların dışında, mobil teknolojinin, fizik eğitiminde sağlayabileceği fizik alanına özel bir avantaj daha bulunmaktadır. Mobil cihazlarda bulunan sensorlar, fiziksel büyüklükleri ölçmektedir. Mobil cihazların, fizik eğitiminde özel bir anlamı vardır.

Akıllı cep telefonu, tablet bilgisayar gibi mobil cihazlarda birçok sensor bulunmaktadır. Örneğin, bu sensorlardan mobil cihazlarda yaygın olarak kullanılanlarından biri akselerometredir. Akselerometre fiziksel bir büyüklük olan ivmeyi ölçmektedir. Bir başka örnek olarak, bu cihazlarda yaygın olarak bulunan, manyetik akı yoğunluğunu ölçen Hall sensorları verilebilir. Mobil cihazlarda bulunan bu ve birçok farklı sensorlar fizik deneylerinde çeşitli fiziksel büyüklükleri ölçmek için kullanılabilir. Literatür incelendiğinde, mobil cihazlardaki sensorların dahil edilmesiyle dizayn edilmiş çeşitli fizik deneylerine rastlanmıştır (Falcão ve diğer., 2009; Pendrill, & Rohlén, 2011; Silva, 2012; Parolin & Pezzi, 2013; Sans ve diğer., 2013). Bunun yanında, literatür incelendiğinde, fizik deneylerinde kullanılabilecek fakat henüz fizik eğitimine kazandırılmamış sensorların var olduğuna dair ipuçları da tespit edilmiştir. Fizik deneylerinde mobil cihazlarda bulunan sensorların kullanılması konusunun henüz olgunluğa ulaşmadığı ve bu konuda hala doldurulması gereken boşlukların olduğu tespit edilmiştir.

1.2 Amaç ve Önem

Yaklaşık dört yıldır girdiğim Temel Fizik I Laboratuvarı dersinde, mikrometre, dereceli silindir, eşit kollu terazi, piknometre, makara, eğik düzlem gibi basit ve temel deney malzemelerinin kullanıldığı deneyler bulunmaktadır. Dört yıllık zaman zarfında, her yıl, liseden yeni mezun olmuş olan yeni gelen öğrencilerimize daha önce hiç fizik deneyi yapıp yapmadıkları sorulmuştur. Verdikleri cevaplara göre, hemen hemen tüm öğrencilerin daha önce hiç fizik deneyi yapmadıkları görülmüştür. Buna rağmen, haftalar ilerledikçe, laboratuvarda deney yaparken teknolojik deney

aletlerinin kullanılmıyor olmasından yakınan birkaç öğrenciye rastlarım. Kendiliğinden ortaya çıkagelen bu durumunun literatürde de karşılığı olduğunu tespit ettim. Zaman zaman karşılaştığım, yeni kuşağı "dijital yerliler" (digital natives) tamlamasıyla adlandıran çalışmalarda, yeni kuşağın teknolojiye yatkınlığı vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda, doğdukları andan itibaren çevreleri bilgisayar teknolojisiyle sarılmış olan, hem deneyimleri ve beklentileri hem de bilgiyi işleme şekilleri önceki nesillerden farklı olan dijital yerlilerin, bilgisayar teknolojisini çok iyi bildikleri, sürekli kullanmakta oldukları ve bu teknolojinin sınıfta kullanılmasını bekledikleri belirtilmiştir (Black, 2010).

Bilgisayar teknolojisinin son ürünü olan cep telefonu, tablet bilgisayar gibi akıllı mobil cihazlar, dünya çapında, her yaştan (Zimmerman et al., 2015) ve her demografik kesimden (Soikkeli, Karikoski & Hämmäinen, 2013) insanlar tarafından artan bir hızla benimsenmektedir. Mobil teknoloji, dijital yerlilerin de günlük hayatlarında oldukça popülerdir (Boticki ve diğer., 2013), hayatlarının asli bir parçası haline gelmiştir (Taleb & Sohrabi, 2012) ve dijital yerliler tarafından geniş çapta kullanılmaktadır (Chuang, 2015). Dijital yerliler, mobil cihazların derslerde kullanılmasını beklemektedirler (Pearson Group, 2014). Mobil teknoloji ile desteklenen bir kaç temel fizik deneyini, temel fizik laboratuvarlarına eklemek, bahsi geçen yöndeki olası öğrenci beklentilerine cevap olabilir. Bu amaç için geliştirilebilecek özgün bir mobil uygulama, sadece laboratuvarlarda değil, fizik derslerinde de kullanılabilir. Ayrıca, geliştirilebilecek bir mobil uygulamanın olası faydaları, sadece, öğrenci beklentilerini karşılamakla sınırlı değildir.

Fuller ve Joynes (2015), artık eğitimcilerin mobil öğrenmenin eğitimde uygulanmasının gerekli olup olmadığı konusuna daha az odaklanıp, mobil öğrenmenin müfredat programlarına nasıl dahil edileceği konusuna daha çok odaklanmalarının gerektiğini düşünmektedirler. Bu görüş paralelindeki uygulamalar, ülkemizde de kendini göstermiştir. Fatih projesi (Sabah, 2016) çerçevesinde, önce lise öğrencilerine ve öğretmenlerine verilmek suretiyle, okullarda ücretsiz tablet bilgisayarların dağıtımına başlanmıştır (Sabah, 2014). Tablet bilgisayarların, derslerde, öğretmen (Isci & Demir, 2015) ve öğrenciler (Pamuk ve diğer., 2013)

tarafından kullanılıp kullanılmadığının araştırıldığı bazı çalışmalarda, eğitimsel tamamlayıcı dijital materyallerin varlığının, tablet bilgisayarların derslerde kullanılıp kullanılmaması üzerinde önemli bir faktör olabileceği tespit edilmiştir. Fatih Projesi dahilinde, elektronik kitap ve tamamlayıcı dijital materyallerin, öğrencilerin tablet bilgisayarlarına yüklenmesi planlanmaktadır (Uluyol, 2013). Bu tip projelerde, fizik dersleri için de, fizik deneyleri yapmak amacıyla üretilmiş mobil uygulamalar, dağıtılan tablet bilgisayarlara yüklenebilir. Bu ve benzer mobil cihazların derslerde kullanılmasının, pedagojik boyutu dışında, ekonomik boyutu da bulunmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri Eğitim Bakanlığı bünyesindeki Eğitim Teknolojileri Ofisi, eğitim verimliliğini (educational productivity), eğitim çıktılarının eğitim için yapılan harcamalara oranı şeklinde tanımlamıştır (U.S. Department of Education, 2012). Buna göre, harcamaların azalması, eğitim verimliliğini artıracaktır. Eğer geliştirilecek mobil uygulamalar pahalı fizik deneyi malzemelerinin yerini doldurabilirse, öğrencilerin sahip olduğu veya onlara ücretsiz olarak verilmiş olan mobil cihazlara bu uygulamalar yüklenebilir. Böylece eğitim verimliliği artabilir.

Türkiye dışında, bazı yabancı eğitim kurumları da, öğrencilerine ücretsiz mobil cihazlar dağıtmaya başlamıştır, hatta, bu cihazların kullanılmasının zorunlu hale getirilmesi söz konusudur ve bu gibi yaklaşımların giderek yaygınlaşması beklenmektedir (Park, Nam & Cha, 2012; Fuller & Joynes, 2015). Kimi araştırmacılar ise, "Kendi cihazını getir" (Bring Your Own Device) stratejisini tartışmaktadır (Kobus, Rietveld & Van Ommeren, 2013; Green ve diğer., 2014). Öğrencilerin neredeyse tamamının akıllı mobil cihazlara zaten sahip olduğu göz önünde bulundurulursa, öğrencilerin kendi aldıkları cihazların eğitime adapte edilebileceği düşünülmektedir. Böylece, bu eğitim kurumlarının masaüstü bilgisayarlara harcadığı para azalacak ve eğitim verimliliği artacaktır. Böyle bir ortamda, mobil cihazların fizik deneylerine adapte edilmesinin öneminin açık olduğu düşünülmektedir..

Eğitim verimliliğini artırmanın bir başka yolu ise, öğrenme çıktılarının iyileşmesidir. Daha önce, mobil öğrenmenin, öğrenme çıktıları üzerinde olumlu

etkisinin olabileceğine dair güçlü ipuçlarının tespit edildiğinden bahsedilmişti. Literatürde, mobil öğrenme hakkında varılan en güçlü sonuçlardan birisi, mobil öğrenmenin öğrencilerin motivasyonunu ve derse katılımlarını artırdığıdır (Pegrum, Oakley & Faulkner, 2013). Ayrıca, seyyarlığın, mobil öğrenme ortamlarının en ayırt edici özelliği olduğu (Kim & Jin, 2015) göz önünde bulundurulursa, mobil cihazların hem sınıf içinde hem de sınıf dışında eğitim amacıyla kullanılabileceği (Looi ve diğer., 2011; Martin & Ertzberger, 2013) vurgulanmalıdır. Yani, fizik deneyleri seyyar hale gelebilir; öğrenciler 7/24, ne zaman isterlerse deney yapma imkanına sahip olabilir. Öğrenme çıktılarının iyileştirilmesi amacıyla, ister sınıfta, ister laboratuvarda isterse herhangi başka bir yerde mobil öğrenme ortamlarının oluşabilmesi içinse, mobil uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu tespitlerin ışığında, bu araştırmanın amacı, özgün bir mobil uygulama geliştirmek suretiyle fizik eğitimi araştırmalarına katkıda bulunmaktır.

1.3 Problem Cümlesi

Üniversite düzeyinde, temel fizik dersleri kapsamında yapılan kinematik deneylerinde kullanılmak üzere, özgün bir mobil uygulama geliştirilebilir mi?

1.4 Alt Problemler

• Bu çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan mobil uygulamanın, fizik eğitimi alanına katkı sağlayabilmesi için sahip olabileceği özellikler neler olabilir?

• Bu çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan mobil uygulama ile, eğitim amacıyla yapılan kinematik deneylerinde kullanılmaya elverişli olacak kadar az bir hata oranı ile ölçüm yapılabilir mi?

1.5 Sayıltılar

Fizik deneyinin yapıldığı yerde, yerçekimi ivmesinin büyüklüğünün 9.81 m/s^2

değerine eşit olduğu varsayılmaktadır.

1.6 Sınırlılıklar

Bu çalışmada yapılan deney, deneyde kullanılan çelik bilyeyi sorunsuz bir şekilde algılayabilen Samsung Note IV marka mobil cihazın dokunmatik ekranıyla sınırlıdır.

1.7 Tanımlar

Mobil cihaz : Telefon, tablet bilgisayar, iPod gibi, bünyesinde gömülü sensor barındıran, küçük boyutlu akıllı cihazlar olarak tanımlanmıştır. Laptop bilgisayarlar, tanıma dahil değildir.
Mobil uygulama : Mobil cihazlarda çalışan paket yazılım olarak tanımlanmıştır. Tipik örneklerine Google Play ve App Store aracılığı ile ulaşılabilir.
Mobil öğrenme : Mobil teknolojinin sağladığı kendine özgü avantajların yardımıyla gerçekleşen öğrenme faaliyeti olarak tanımlanmıştır.
Artırılmış gerçeklik : Kullanıcının, gerçek dünyayı, sanal objeler ile üst üste getirilmiş veya birleştirilmiş halde görmesini sağlamak (Azuma, 1997).

1.8 Kısaltmalar

IPDÖ : İşbirlikli probleme dayalı öğrenme
OKT : Otomatik konuşma tanıma
QR kodu : Hızlı tepki kodu (Quick response code)
SLTY : Sistematik literatür taraması yöntemi
UGA : Uygulama geliştirme arayüzü

BÖLÜM II

İLGİLİ YAYIN VE ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde, akıllı cep telefonu, tablet bilgisayar gibi mobil cihazlarda bulunan sensorların kullanılmasıyla, fiziksel büyüklüklerin ölçüldüğü fizik deneyleri ile ilgili yayınlar özetlenecektir. Bu amaç için, hem kalite standardı yüksek hem de dünyanın dört bir yanında yaygın olarak takip edilen, *Physics Education*, *Physics Teacher*, *European Journal of Physics* ve *American Journal of Physics* dergileri taranmıştır. Taramaya, 2005 yılındaki ciltlerden itibaren başlanmıştır. Tarama sonucunda, akselerometre, mikrofon, kamera, jiroskop, manyetometre, ışık sensoru, GPS ve basınç sensoru gibi sensorların fizik deneylerinde kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca, bir çalışmada, kulaklık setinin sensor gibi kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışmalar, deneylerde kullanılan sensorların cinsine göre gruplandırılacak ve çalışmalarda en yaygın olarak kullanılmış olan akselerometre ile başlanacaktır.

2.1 Akselerometrenin Kullanıldığı Deneyler

Yukarıda belirtildiği şekilde literatür tarandığında, mobil cihazlarda bulunan sensorların eğitim amacıyla yapılan fizik deneyleri kapsamında kullanıldığı ilk çalışmanın, Pendrill ve Rohlen tarafından 2011 yılında kaleme alınan makale olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında bir lunaparka gidilmiş ve aynı zamanda hem bir boyutta salınım hem de kendi ekseninde dönme hareketi yapan, gondol benzeri bir salıncağın koltuğuna sabitlenen akıllı telefon vasıtasıyla ölçüm yapılmıştır. Salınım hareketini incelemek için akselerometrenin sağladığı ivme değerleri incelenmiştir. Bu değerler vasıtasıyla, salınım hareketinin periyodu bulunmuş ve bu periyodun, teorik hesaplamalar ile elde edilen değerle uyum içinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca,

salınım hareketinin maksimum açısal yerdeğiştirmesi ve telefonun salıncağa sabitlendiği noktanın konumu hesaplanmıştır. Jiroskop vasıtasıyla ise, dönme hareketinin açısal hızı ölçülmüş ve sonucun salıncağın teknik özellikleri ile uyumlu olduğu belirtilmiştir. Yazarlar, çalışmada yapılan analizin matematiksel ve fiziksel açıdan zenginliğine dikkat çekmişlerdir.

Vogth ve Kuhn (2012a), tasarladıkları deneyde, cep telefonunun kısa kenarları yatay doğrultuda olacak şekilde, cep telefonunun iki köşesine iki ip sabitlemişler ve iplerin diğer iki ucunu, iki ip birbirleriyle düşeyde "düz v" şeklinde açı yapacak şekilde yatay doğrultudaki bir demir çubuğa bağlamışlardır. Sisteme, bir basit sarkaç gibi salınacak şekilde ilk hareket verilmiş ve salınım süresince cep telefonunun yaptığı hareketin ivmesi ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Excel yardımıyla %0.098 bağıl hata ile bulunan periyod değerinin, bir basit sarkacın periyodunu yerçekimi ivmesi ve sarkacın uzunluğunun fonksiyonu cinsinden veren teorik formülün kullanılmasıyla bulunan değerle tam uyumlu olduğu gösterilmiştir. Bu deneyin hemen hemen aynısı, Briggle (2013) tarafından da yapılmıştır. Farklı olarak, telefon uzun kenarı yatay doğrultuda olacak şekilde asılmış, iki köşesinden iki iple asılmış fakat bu sefer ipler düşeyde "ters v" şeklinde açı yapacak şekilde yatay demirin aynı yerine bağlanmıştır. Ayrıca, salınım hareketi, bir önceki deneyde olduğu gibi telefonun ekranına dik olan doğrultuda değil, paralel olan doğrultudadır. Hareket boyunca kaydedilen ivmelerin kullanılmasıyla hesaplanan periyod değeri 1.66 ± 0.02 s iken yukarıda bahsedilen formülün kullanılmasıyla bulunan değer 1.65 s olmuştur.

Kuhn ve Vogth (2012a), tasarladıkları deneyde, bir sarmal yayın ucuna bir cep telefonunu sabitleyip, düşey doğrultuda gerçekleşen salınım hareketi esnasında ivme değerlerini ölçmüşlerdir. Cep telefonunun salınan kütle olarak kullanıldığı deneyde, ölçüm sonuçları kullanılarak ivme – zaman grafiği çizilmiş ve bu grafiğin kullanılmasıyla salınım hareketinin periyodu hesaplanmıştır. Cep telefonunun kütlesi ve salınımın periyodunun ilgili formüle yerleştirilmesiyle, yay sabitinin değeri (3.055 $\pm$ 0.003) $\mathrm{N/m}$ bulunmuştur. Yay sabiti bir de, yaya değerleri bilinen farklı kütlelerin asılması ve uzama miktarının ölçülmesiyle, yani statik yöntemle ölçülmüştür. Bu

ölçüm sonucunda ise, bir önceki deney sonucuyla uyumlu olan 3.02 N/m değeri elde edilmiştir. Yine aynı çalışma kapsamın bir başka deney daha yapılmıştır. Düşey olarak salınacak şekilde aynı seviyede yan yana asılan iki özdeş sarmal yayın uçlarına birer tane telefon sabitlenmiştir. Yayların orta kısımları uzunca bir iple bağlanmış ve ipin ortasına bir kütle asılmış; yani iki yay çiftlenmiştir. Yaylardan biri hareketsiz iken, diğer yay denge noktasından uzaklaşacak şekilde gerilmiş ve sonra serbest bırakılmıştır. Salınım esnasında iki telefon da maruz kaldığı ivme değerlerini ölçmüş ve elde edilen iki ivme zaman – zaman grafiği vasıtasıyla iki yay arasında periyodik olarak gerçekleşen titreşim enerjisi alışverişi görselleştirilmiştir.

Castro-Palacio ve arkadaşları (2013a), çiftlenmiş titreşim hareketini detaylı bir şekilde incelemek için tasarladıkları deneyde, bir hava rayı deney düzeneğini kullanmışlardır. İki akıllı telefon, salınım esnasında ivmelerin ölçülmesi için iki arabaya sabitlenmiştir. Özdeş üç yayın uçları, ikisi arabaların birer ucunu hava rayının iki farklı zıt ucuna ve üçüncüsü ise iki arabanın diğer uçlarını birbirine bağlayacak şekilde, arabalara ve rayın uçlarına sabitlenmiştir. Yapılan tüm deneylerde, elde edilen ivme ve zaman değerleri kullanılarak, bir yazılımın kullanılmasıyla, hareketlere dair en iyi uyum eğrilerinin denklemlerinin katsayıları hesaplanmıştır. Ayrıca, tasarlanan deney ile elde edilen değerlerin doğruluğunu kontrol etmek için, aynı esnada, fotometre de kullanılmıştır. Yine kontrol amacıyla, yay sabitleri klasik (statik) yöntemle de hesaplanmıştır. Birinci deneyde, simetrik normal modu incelemek için, iki araba denge noktalarından aynı miktarda, aynı yönde uzaklaştırılmış ve ardından aynı anda serbest bırakılmıştır. Tasarlanan yöntemle elde edilen periyod değeri ile fotometrenin kullanılmasıyla elde edilen periyod değeri arasındaki uyumsuzluğun %0.17 olduğu ve yine tasarlanan yöntemle elde edilen yay sabiti değeri ile statik yöntemle elde edilen yay sabiti değeri arasındaki uyumsuzluğun %1 olduğu görülmüştür. İkinci deneyde, asimetrik normal modu incelemek için, iki araba denge noktalarından aynı miktarda, zıt yönde, ortadaki yay gerilecek şekilde uzaklaştırılmış ve ardından aynı anda serbest bırakılmıştır. Tasarlanan yöntemle bulunan periyod değeri (0.3750 ± 0.0002) s iken, fotometre aracılığı ile bulunan değerin (0.375 ± 0.001) s olduğu bildirilmiştir. İki yöntemle bulunan yay sabitleri arasında ise %0.55 oranında bir fark olduğu

belirtilmiştir. Simetrik ve asimetrik modların kombinezonunu incelemek için ise, arabalardan bir tanesi denge noktasında iken, diğeri denge noktasından uzaklaştırılarak serbest bırakılmıştır. Bu üçüncü deneyde elde edilen frekans değerleri ile ilk iki deneyde elde edilen frekans değerlerinin uyumlu olduğu gösterilmiştir. Araştırmacılar, titreşim gibi fiziksel olaylarda, anlık ivmedeki hızlı değişimleri ölçmek için, mobil sensorların güvenilir bir enstrüman olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Castro-Palacio ve arkadaşları (2013b), yukarıdakine benzer bir başka çalışmalarında, yine hava rayı deney düzeneğini kullanarak, serbest salınım ve sönümlü salınım konularına ilişkin bir deney tasarlamışlardır. Bir önceki deneyden farklı olarak, tek araba ve tek sarmal yayın kullanıldığı deneyde, arabaya cep telefonunun dışında farklı kütleler de eklenmiş; yani, serbest salınım deneyi farklı kütleler için tekrarlanmıştır. Altı farklı kütle için yapılan ölçümlerin beş tanesinde, ölçülen ivme değerlerinin kullanılmasıyla uygulanan en küçük kareler yöntemiyle hesaplanan periyod değerleri ile, fotometrenin kullanılmasıyla bulunan periyod değerleri arasındaki uyumsuzluk %1.0'in altındayken; bir ölçümde bu oran yaklaşık olarak %2.0 civarında çıkmıştır. Yay sabiti içinse, bu oranın %0.55 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Hava rayına birim zamanda pompalanan hava miktarı azaltıldığında, bu sistem sürtünmeli hale gelmektedir. Böylece, salınım sönümlü hale gelmiştir. Sönümlü salınım için yapılan ölçümler sonucunda, ölçülen ivme değerlerinin kullanılmasıyla bulunan gevşeme süresi ile, serbest salınım ve sönümlü salınım deneylerinin sonucunda hesaplanan periyod değerlerinin,

$$\tau = \frac{T_{sö}\ T_{se}}{2\,\pi}\ \frac{1}{(T_{sö}^2 - T_{se}^2)^{1/2}}$$

formülünde yerlerine koyulduğunda hesaplanan gevşeme süresi arasındaki uyumsuzluk %0.59 seviyesinde çıkmıştır. Araştırmacılar, yapılan ölçümlerde elde edilen başarının, genel fizik laboratuvarlarında mobil cihazlarda bulunan akselerometre sensorunun kullanılmasının elverişliliğini gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Egri ve Szabo (2015), tekerlekli bir arabanın sert bir zemin üzerindeki hareketini incelemişlerdir. Arabanın iki zıt kenarı, iki özdeş sarmal yay ile, zıt yöndeki iki sabit noktaya bağlanmıştır. Titreşim hareketi esnasında arabanın ivmesini ölçmek için, arabanın üstüne bir tablet bilgisayar sabitlenmiştir. Deney esnasında, araç, bir boyutta sönümlü salınım hareketi yapmıştır. Sönümün sebebi olarak ise yüzeylerdeki deformasyon ve rulmanlardaki sürtünme kuvvetleri gösterilmiştir. İleri Euler metoduyla bulunan fonksiyonun, deneysel değerlerle uyumu grafik üzerinde gösterilmiştir. Yuvarlanma direncinin, kinetik sürtünme kuvveti gibi bir kuvvetle tarif edildiği modele dayalı olarak, yay sabiti %0.32'lik ve sürtünme katsayısı ise %0.77'lik bağıl hata ile hesaplanmıştır.

Tuset-Sanchis ve arkadaşları (2015), tasarladıkları deneyde, bir cep telefonunun akselerometresinin kullanılmasıyla iki boyutta titreşim hareketini incelemişlerdir. Deneyde, bir hava masası, cep telefonunu sabitleyerek üstünde taşımak için bir tepsi ve dört yay kullanılmıştır. Tepsinin dört farklı kenarı, sarmal yaylar ile, hava masasının dört kenarına bağlanmıştır. Farklı durumları incelemek amacıyla, karşılıklı yayların her zaman özdeş olması kaydıyla, farklı yay sabitlerine sahip yaylar da kullanılmıştır. Üç farklı durum için, ölçülen ivme değerlerinin kullanılmasıyla, bir boyuttaki ivme diğer boyuttaki ivmenin fonksiyonu olacak şekilde Lissajous eğrileri çizilmiştir. Her durum için, teorik Lissajous eğrileri de çizilmiş; bu deneysel ve teorik eğrilerin büyük ölçüde örtüşmesi görsel olarak okuyucuya sunulmuştur.

Monteiro, Cabeza ve Marti (2014), tasarladıkları deneyde, dönme ekseni yatay doğrultuda olan ve dış çeperine cep telefonu sabitlenmiş olan bir bisiklet tekerliğinin hareketini, sabitlenmiş telefondaki akselerometre ve jiroskop sensorları ile eşzamanlı ölçüm alarak incelemişlerdir. Elle döndürmek suretiyle harekete geçirilen tekerlik, önce dönme hareketi yapmış, ardından, sürtünme sebebiyle, yapılan hareket titreşim hareketine dönüşmüştür. Ölçülen merkezcil ivmenin ve açısal hızın zamana göre değişimi aynı grafik üstünde görselleştirilmiş; dönme hareketinden titreşim hareketine geçilen an, grafiğin üzerinde gösterilmiştir. İkizkenar yamuk yaklaştırması ile açısal hızın zamana göre integrali alınarak, açısal yerdeğiştirme

hesaplanmış ve açısal yerdeğiştirme ile merkezcil ivme bir başka grafik üstünde görselleştirilmiştir. Ayrıca, yapılan ölçüm baz alınarak, kinetik enerji ve potansiyel enerjinin zamana göre değişimi de bir başka grafik üstünde çizilmiş ve bu yolla dönme anında maksimum kinetik enerji ile minimum kinetik enerji arasındaki fark 0.86 J bulunmuştur. Bu fark, bir kez de tekerleğin parametreleri kullanılarak hesaplanmış ve yine 0.86 J değerine ulaşılmıştır. Son olarak, genelleştirilmiş koordinatlar olarak açısal hız ve teğetsel ivmenin kullanıldığı faz uzayında, tipik yörünge grafik üstünde gösterilmiştir. Yazarlar, bu yolla, soyut bir kavramın daha somut bir hale getirildiğini belirtmişlerdir.

Vogt ve Kuhn (2012b), tasarladıkları deneyde, bir cep telefonunu iple yerden yüksekte duran sabit yatay bir çubuğa asmış ve telefonun yerdeki izdüşümünü kapsayacak şekilde yere minder koymuşlardır. Cep telefonu ivme değerlerini ölçerken, ip bir çakmakla yakılmış ve cep telefonu minderin üstüne düşmüştür. Elde edilen ivme - zaman grafiği kullanılarak, serbest düşme hareketinin süresi elde edilmiş ve düşme yüksekliğinin de metreyle ölçülmesiyle yerçekimi ivmesi için $(10.0 \pm 0.2)\ \mathrm{m/s^2}$ değeri bulunmuştur. Araştırmacılar, bulunan sonucun doğruluğunun öğretim için yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Çok benzer bir deney, Nadji (2012) tarafından yapılmıştır. Bir tablet bilgisayar, yüksek bir noktadan serbest bırakılmış ve tablet bilgisayar, aşağıda, öğrenciler tarafından gerilmiş bir çarşafın üstüne düşmüştür. Ölçülen ivme değerleri incelenerek, ağırlıksızlık kavramı tartışılmıştır.

Vieyra ve Vieyra (2014), bir lunaparkta, öğrencilerin kendi cep telefonlarıyla ölçüm yaptıkları bir etkinlik düzenlemişlerdir. Öğrencilerin çeşitli oyuncaklara binerken ölçüm almak için kullandıkları uygulama ise, ölçümleri ivme cinsinden değil, g-kuvveti cinsinden vermektedir. Yazarlar, g-kuvvetini, bir nesneye etki eden normal kuvvetin ağırlığa oranı şeklinde tanımlamışlardır (F_N/F_g). G-kuvvetinin tercih edilme sebebi ise etkinliğin bu kısmında kuvvet diyagramları ve Newton'un kanunlarına odaklanılmasıdır. Çalışmada, önce, atlıkarıncaya binilince elde edilen verilerin grafikleri verilmiş; daha sonra, çok yüksek bir kuleden serbest düşen, kule boyunca raya bağlı olan koltukta alınan düşey doğrultudaki ölçümlerin grafiği

verilmiş ve grafiğin üç bölgesi için, öğrencilerin kendilerini ve kendilerine etkiyen kuvvetleri temsil eden serbest cisim diyagramlarını nasıl çizebilecekleri örneklendirilmiştir. Yani, nicel verilerin kullanılmasıyla, nitel kuvvet diyagramları çizilmiştir. Ayrıca, öğrencilerin, kendi kütlelerini hesaplamalarında kullanarak, bu üç bölgede, kendilerine etkiyen kuvvetler için sayısal değerler elde edebilecekleri verilen örnekle gösterilmiştir.

Tornaria, Monteiro ve Marti (2014), çaycı tepsisine fonksiyonel olarak benzeyen fakat sadece tek bir bardağı içindekini dökmeden taşımak için tasarlamış bir ürünün kullanıldığı bir deney tasarlamışlardır. Bu ürünün kullanılmasıyla, içinde sıvı bulunan bardak, içindeki sıvı dökülmeden, düşeyde dairesel hareket yapabilmektedir. Sıvının dökülmemesi için sağlanması gereken koşullar teorik olarak tartışılmış, ardından, bu ürüne içinde sıvı bulunan bardak yerine bir cep telefonunun koyulmasıyla harekete dair ölçüm alınmıştır. Merkezcil ve teğetsel ivmenin zamana göre değişimini gösteren grafik sunularak, bu deneyin, günlük hayattan bir problemin analiz edilmesini ve ilk bakışta sihirli gibi görünen bu ürünün altında yatan mekanizmanın tartışılmasını sağladığı belirtilmiştir.

Monteiro ve arkadaşları (2015a), ünlü Atwood deneyini, ipin bir ucuna kütleler dışında bir de cep telefonu asarak tekrarlamış ve sistemin ivmesi cep telefonunun akselerometresi ile ölçülmüştür. Sistemin toplam kütlesi sabit tutularak ve iki ipin ucundaki kütlelerin dağılımı değiştirilerek, deney sekiz kere tekrarlanmıştır. İvme, ipin iki ucundaki kütle farkının fonksiyonu olacak şekilde çizilen doğrunun eğimi kullanılarak sistemin toplam kütlesi için $(387 \pm 20)\,\mathrm{g}$ değeri bulunmuştur. Toplam kütle, bir de doğrudan tartılmış ve $(382.0 \pm 0.4)\,\mathrm{g}$ değeri bulunmuştur. Araştırmacılar, bu deney ile, Newton'un ikinci kanununun sağlamasının hassas bir şekilde yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Vogt ve Kuhn (2013), tasarladıkları deneyde, bir cep telefonunun akselerometresi ile dairesel hareket yaptığı esnada cep telefonuna etkiyen merkezcil ivmeyi ölçmüşlerdir. Yaptıkları ilk deneyde, uzunca bir tahta parçasının ucuna cep telefonunu bağlamış ve tahta, yatay düzlemde dönme hareketi yapacak şekilde, orta

kısmından bir elektrik motoruna sabitlenmiştir. Dönme esnasında kaydedilen merkezcil ivmenin zamana göre grafiği çizilmiş ve hareketin düzgün dairesel harekete karşılık gelen bölümündeki ivme değerlerinin ortalaması 8.69 m/s^2 bulunmuştur. Aynı bölge için, klasik yöntemle, cep telefonunun dönme eksenine olan uzaklığı ve belli bir sayıdaki dönüş sayısının gerçekleştiği sürenin hesaplamalara dahil edilmesiyle ($a = v^2/r$), merkezcil ivme değeri 9.36 m/s^2 bulunmuştur. İki değer arasındaki uyumsuzluğun yaklaşık %7.2 civarında kalması, araştırmacılar tarafından yeterli bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Benzer bir deney, park gibi ortak bir alanda bulunan, küçük boyutlu ve elle döndürülen bir atlı karıncanın kullanılmasıyla yapılmıştır. Elle döndürülerek ilk hareketin verildiği deneyde, ölçüm esnasında, sürtünme kuvvetleri sebebiyle enerji kaybı yaşanmış ve atlı karınca bir süre sonra kendiliğinden durmuştur. Kısa bir zaman aralığı için, sensorun verdiği değerlerin kullanılmasıyla ortalama merkezcil ivme değeri 3.52 m/s^2 bulunmuştur. Ortalama merkezcil ivme, bir önceki deneyde tarif edildiği gibi, bir de klasik yöntemle hesaplanmış ve 3.73 m/s^2 değerine ulaşılmıştır. Yaklaşık olarak %6 civarında bulunan, iki yöntemle elde edilen değerlerin kıyaslanmasıyla hesaplanan bağıl hatanın, kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir.

Hochberg ve arkadaşları (2014), tasarladıkları deneyde, kendi merkezinden geçen eksen etrafında yatayda dönme hareketi yapan daire şeklindeki bir tablanın üst yüzeyine beş adet iPod'u sabitlemişlerdir. iPodlar, akselerometrelerinin dönme eksenine olan uzaklıkları birbirinden farklı olacak şekilde sabitlenmiştir. Başlangıçta elle döndürülerek hareket kazandırılan tabla, sürtünme kuvvetinin etkisiyle, zamanla kendi kendine durmaktadır. İlk hareket verildikten sonraki beş farklı merkezcil ivmenin zamana göre fonksiyonu kuadratik regresyon ile bulunmuştur. Beş farklı merkezcil ivmenin t = 0 s anındaki değerlerinin, dönme eksenine olan uzaklığa nasıl bağlı olduğunu gözlemlemek için basit regresyon analizi yapılmış ve belirleme katsayısı (R^2) 0.9962 çıkmıştır. Son regresyonda elde edilen denklem ve t = 0 anındaki beş farklı deneysel değer, (merkezcil ivme) – (dönme eksenine uzaklık) grafiğinde gösterilmiş; böylece, merkezcil ivmenin dönme eksenine olan uzaklıkla doğru orantılı olduğu ispatlanmıştır.

Son deneye benzeyen bir başka deney, Monteiro ve arkadaşları (2014) tarafından tasarlanmıştır. Bu sefer, döner tabla yerine park gibi ortak bir alanda bulunan, küçük boyutlu ve elle döndürülen bir atlıkarınca kullanılmıştır. Her seferinde, ölçüm yapmak için kullanılan bir cep telefonunun dönme eksenine olan uzaklığı farklı olacak şekilde aynı deney beş sefer tekrarlanmıştır. Hareket esnasında hem merkezcil ivme hem de açısal hız, eşzamanlı olarak ölçülmüştür. Beş ölçüm için, merkezcil ivmenin, açısal hızın karesine göre nasıl değiştiğini gösteren, eğimleri farklı beş doğru aynı grafik üstünde gösterilmiştir. Böylece, dönme hareketinde, merkezcil ivmenin açısal hızın karesiyle doğru orantılı olduğu deneysel olarak ispatlanmıştır.

Streepey (2013), biyomekanik dersi kapsamında, impuls ve momentum arasındaki ilişkinin kavranması amacıyla tasarladığı deneyde bir tablet bilgisayardan yararlanmıştır. Hareket esnasında, hareket doğrultusundaki ivmeyi hesaplamak için tabletin akselerometre sensoru kullanılmıştır. Bir masanın üstünde duran tablet, elle kuvvetlice ve kısa bir süre boyunca ittirilmiş ve ardından tablet, sürtünme kuvvetinin etkisiyle, ittirilme süresinin birkaç katı kadar daha uzun bir süre sonra kendiliğinden durmuştur. Hareket değişiminden, ivmenin ulaştığı maksimum değerin değil, ivme - zaman grafiğinin altında kalan alanın sorumlu olduğunu öğrencilere göstermek için bu harekete dair ivme – zaman grafiği kullanılmıştır. Elle ittirmeye karşılık gelen pik uzun ve darken, sürtünme etkisiyle yavaşlama anına karşılık gelen pik (pik denebilirse) çok daha kısa ve geniştir. Daha detaylı bir şekilde analiz yapabilmek için, ölçüm değerleri MATLAB programına aktarılmıştır. Cismin hızlandığı zaman aralığında ivme grafiğinin altında kalan alanın büyüklüğü 3.9 birim, cismin yavaşladığı zaman aralığındaki ise 4.0 birim bulunmuştur.

Vogt ve Kuhn (2014), esnek ve esnek olmayan çarpışmalara dair tasarladıkları deneylerde, doğrusal bir ray, bu rayda hareket edebilen iki araba ve bu arabalara sabitlenmek üzere iki cep telefonu kullanmışlardır. Merkezi esnek çarpışmaya örnek olarak, kütleleri birbirine eşit iki araba kullanılmış ve arabalardan birisi duruyorken, diğeri elle harekete geçirilmiş ve duran arabaya çarpması sağlanmıştır. Momentum ve enerjinin korunumu bu şartlar altında dikkate alındığında, çarpışma ile iki

arabanın hızlarını değiş tokuş etmesi beklenmektedir. Cep telefonlarıyla ölçülen ivmelerin kullanılmasıyla, arabaların çarpışmadan hemen önceki ve hemen sonraki hızları belirlenmiştir. Bu yolla, birinci arabanın çarpışmadan önceki hızı 0.48 m/s, çarpışma sonrası hızı -0.02 m/s; ikinci arabanın çarpışmadan sonraki hız ise 0.43 m/s olarak hesaplanmıştır. Çarpışan cisimlerin kenetlendiği merkezi esnek olmayan çarpışmaya örnek olarak, kütleleri birbirine eşit iki arabadan bir tanesinin durmakta olan diğer arabaya çarpması sağlanmıştır. Momentumun korunumu bu şartlar altında dikkate alındığında, çarpışma sonrası hızın çarpışmadan önceki hızın yarısına eşit olması beklenmektedir. Bir önceki deneyde kullanılan yöntemle, deneysel olarak, birinci arabanın çarpışmadan önceki hızı 0.40 m/s, çarpışma sonrası hızı 0.23 m/s; ikinci arabanın çarpışmadan sonraki hız ise 0.19 m/s olarak hesaplanmıştır.

Kuhn, Vogt ve Müller (2014), tasarladıkları deneyde, asansör kabininin çelik halat ile hareket ettirildiği asansörleri yaylı sarkaç olarak modellemişlerdir. Bu basit modele göre, çelik halat düşey doğrultuda salınan bir sarmal yaya ve asansör kabini sarmal yaya asılan kütleye karşılık gelmektedir. Asansörü farklı katlarda durdurmak, yay sabiti farklı olan yaylara karşılık gelmektedir; çünkü asansörün asılı olduğu çelik halatın uzunluğu değişmektedir. Sarmal yaylarda periyodu veren bağıntı ve yay sabitiyle elastiklik modülü arasındaki ilişkiyi veren bağıntı birlikte kullanıldığında, teorik olarak, periyodun karesi ile çelik halatın uzunluğu doğru orantılı olmalıdır. Asansör bir katta duruyorken, kabinde zıplamak, düşey doğrultuda salınım hareketine sebep olmaktadır. Bu salınımın sebep olduğu ivme değerleri, bir cep telefonuyla ölçülmüş ve bu değerlerin kullanılmasıyla, salınımın periyodu bulunmuştur. Asansörün duruyor olduğu kat dikkate alınarak çelik halatın uzunluğu tahmin edilmiştir. Deney, 11 katlı bir binanın asansöründe, her katta yapılmıştır. Periyodun karesi ile tahmini halat uzunluğu için hesaplanan değerler kullanılarak basit regresyon analizi yapılmış, belirleme katsayısı (R^2) 0.94 civarında çıkmıştır. Grafik çizilerek, periyodun karesi ile halat uzunluğu arasındaki lineer ilişki görselleştirilmiştir.

Wilhelm, Burde ve Lück (2015), cep telefonlarının akselerometre sensorlarının kullanılmasıyla üç boyutta ölçülen ivme değerinin x, y ve z

bileşenlerinin gerçek zamanlı olarak (in real time) vektörel olarak görselleştirildiği bir mobil uygulamayı üç farklı deneyde kullanmışlardır. Kısacası, uygulama sayesinde, ölçülen ivme vektörünün büyüklüğünün yanında ivme vektörünün yönü de incelenebilmektedir. Çalışmadaki örnek deneyler, bir boyutta düzgün yavaşlayan ve düzgün hızlanan hareketi, düzgün dairesel hareketi ve titreşim hareketini kapsamaktadır. Araştırmacılar, bu mobil uygulamanın sağladığı görselleştirmenin, ivmeli hareketin öğretimine önemli katkılar sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

2.2 Mikrofonun Kullanıldığı Deneyler

Mobil cihazlardaki sensorların fizik deneylerinde fiziksel büyüklükleri ölçmek için kullanıldığı, önceden bahsi geçen dört dergide yer alan çalışmalar incelendiğinde, akselerometreden sonra en çok kullanılan sensorun mikrofon olduğu tespit edilmiştir. Parolin ve Pezzi (2013), tasarladıkları deneyde, cep telefonlarında bulunan bu mikrofonlardan yararlanmışlardır. Deneyde, plastik pissu borusu ve iki cep telefonu yardımıyla, farklı gaz karışımlarında ses hızı ölçülmüştür. Cep telefonlarına yüklenen mobil uygulama sayesinde, bir cep telefonunun yayınladığı ses dalgalarındaki gecikme, belli bir uzaklıkta bulunan diğer cep telefonu sayesinde kaydedilmektedir. Yani, sesin diğer telefona ulaşması için geçen süre ölçülerek ve sesin hava ortamındaki teorik standart hızı dikkate alınarak telefonlar arasındaki mesafe hesaplanmaktadır. Dolayısıyla, iki telefon arasındaki mesafe sabitken, deney farklı gazların bulunduğu ortamlarda tekrarlanırsa, telefonlar arasındaki mesafe için farklı değerler bulunabilir. Araştırmacılar, mobil uygulamanın bu çalışma prensibini kullanarak, farklı gazlardaki ses hızını ölçmüşlerdir. Deneyde, helyum içeren gaz karışımı ve karbondioksit içeren gaz karışımı kullanılmıştır. İlgili gaz karışımı, plastik borunun içine hapsedilmiş ve iki cep telefonu birbirinden belli uzaklıkta olacak şekilde bu borunun içine sabitlenmiştir. Çalışmada belirtilen şartlar altında, sesin helyum içeren gaz karışımındaki hızı 611 m/s, karbondioksit içeren gaz karışımındaki hızı 265 m/s bulunmuştur.

Klein, Hirth ve Kuhn (2014), tasarladıkları deneyde, Doppler etkisini analiz etmiş ve ses hızını hesaplamışlardır. Çalışmada kullanılan telefonlardan biri

hoparlörü ile, yüklenen bir mobil uygulama sayesinde 19MHz frekanslı ses dalgaları yayarken, diğer telefon mikrofonu aracılığı ile, yüklenen bir başka mobil uygulama sayesinde ses spektrumunu ölçüp, grafiğini çizebilmektedir. Spektrumun x-ekseni ile ses frekansı, y-ekseni ile ise ses basıncı seviyesi temsil edilmektedir. Ses yayan cep telefonu, hoparlörü dönme eksenine maksimum uzaklıkta ve dışa dönük olacak şekilde, motorlu ve yatayda dönen dairesel bir tablaya sabitlenmiştir. Spektrum ölçümü yapan diğer telefon ise, mikrofonu, düşeyde diğer telefonun hoparlörüyle aynı seviyede olacak ve onun hoparlörüne dönük olacak şekilde, tabladan belli bir uzaklıkta hareketsiz olarak duracak şekilde sabitlenmiştir. Tabla durgunken ve üç farklı hızla dönüyorken dört kere ölçüm alınmıştır. Teorik olarak ses hızının 343 m/s olmasının beklendiği deney ortamında, elde edilen spektrumların analiziyle, üç farklı dönme hızı kullanılarak ses hızı için 350.0 m/s, 344.9 m/s ve 340.0 m/s değerlerine ulaşılmıştır.

Kasper, Vogt ve Strohmeyer (2015), tasarladıkları deneyde, standart pissu borularını kullanarak sesin havadaki hızını ölçmüş ve sıcaklığın bu hıza etkisini göstermişlerdir. Sınıfta kurdukları boru sisteminin toplam uzunluğu 34.4 m olarak ölçülmüş ve boru dirseklerinin de sisteme eklenmesiyle sistemdeki boruların uzandığı yön birkaç noktada değişmektedir. Boru sisteminin açık iki ucundan bir tanesinde ses çıkarıldığında, ses dalgaları diğer açık uçtan belli bir zaman sonra yansımakta ve dönen ses dalgaları sesin çıkarıldığı açık uçtan tekrar yansımaktadır. Sesin bu şekilde yansımaya devam etmesi sebebiyle, sesin çıkarıldığı noktada, çıkarılan sesin bir kaç defa ekosu duyulabilmektedir. Araştırmacılar, bu ekolardan yararlanarak cep telefonuna yüklenen osilogram uygulamasıyla voltaj sinyallerini kaydetmiş ve voltaj sıçramaları arasındaki süreyi ve borunun uzunluğunu kullanmak suretiyle ses hızını hesaplamışlardır. Deneyin yapıldığı şartlar altında, teorik olarak ses hızının 342 m/s olması beklenirken, deneyin sonucunda 340 m/s değerine ulaşılmıştır. Aynı deney mantığı ile, ses hızının sıcaklığa bağlılığını incelemek için, bir deney iç mekanda (24 ºC) ve diğeri ise dış mekanda (0 ºC) yapılmıştır. İç mekanda teorik değer 346 m/s iken 348 m/s değerine, dış mekanda teorik değer 331 m/s iken 333m/s değerine ulaşılmıştır. Bulunan sonuçların iyi olduğunu belirten

araştırmacılar, küçük sapmaların havada bulunan su buharından kaynaklanıyor olabileceğini belirtmişlerdir.

Hirth, Kuhn ve Müller (2015), tasarladıkları deneyde, alüminyum folyo veya kağıt havlu rulosu bitince ortaya çıkan türde bir karton tüp, bir kağıt parçası ve bir tablet bilgisayar kullanarak sesin havadaki hızını hassasiyetle ölçmüşlerdir. Kullanılan yöntem, karton tüpün harmonik rezonans frekanslarına dayanmaktadır. İlk deneyde, karton tüpün iki ucu da açıkken, tüpün bir ucunda bir kağıt parçası buruşturulmuş ve diğer uçta bulunan tabletin mikrofonuna ulaşan gürültünün frekans spektrumu tablette yüklü mobil uygulama ile kaydedilmiştir. Spektrum incelendiğinde, 533 Hz ve tam katlarında ortaya çıkan, ses basınç seviyesindeki sıçramaya dayalı bantlar gözlenmiştir. Bu frekans değerinin, tüpün uzunluğunun ve tüpün yarıçapının ilgili formülde yerine koyularak hesaplanmasıyla, ses hızı, (343 $\pm$ 9.63) m/s bulunmuştur. Deneyin yapıldığı şartlar altındaki teorik değer 343 m/s'dir. Aynı deney, tüpün bir ucu kapatılarak ve açık ucunda kağıt buruşturmak yerine ucuna üflenerek tekrarlanmıştır. Bu deneyde ulaşılan değer ise (345 $\pm$ 14.73) m/s olmuştur.

Monteiro ve arkadaşları (2015b), tasarladıkları deneyde, akustik rezonatör olarak kullanılan, farklı gazlarla doldurulmuş bir cam beherin, akustik tepki eğrisini iki tane cep telefonu kullanarak ölçmüşlerdir. Frekans spektrum eğrisindeki bir pik, Helmholtz rezonatörünün rezonans piki olarak değerlendirilmiş ve sesin farklı gazlardaki hızı bu pik değeri kullanılarak hesaplanmıştır. Kullanılan gaz havadan hafifse beher düşeyde ters duracak şekilde, ağır ise düz duracak şekilde sabitlenmiştir. Beherin ağzında bulunan telefonlardan biri beyaz gürültü jeneratörü olarak kullanılmış, diğeri ise yüklü mobil uygulama sayesinde sesi kaydederek frekans spektrumunu ölçmüştür. Pik frekans değerlerinin, rezonans frekansı formülünde kullanılmasıyla ses hızları hesaplanmıştır. Ses hızı, hava için (340 $\pm$ 2) m/s, oksijen için (325 $\pm$ 2) m/s, karbon dioksit için (279 $\pm$ 2) m/s ve metan için (365 $\pm$ 2) m/s bulunmuştur. Deney şartları altında, bu gazlar için hesaplanan teorik değerler ise sırasıyla 341, 325, 277 ve 443 m/s'dir. Metan gazı hariç, teorik değerden sapma oranları %0.7'den büyük değildir.

Parolin ve Pezzi (2015), tasarladıkları deneyde, duran dalgaların düğüm ve karın bölgelerinin tüpün içindeki dağılımlarını görmek ve ses hızını ölçmek için, Kundt tüpü deneyini iki cep telefonu kullanarak revize etmişlerdir. Cep telefonlarından bir tanesi ayarlanan frekansta ses üretmek için, diğeri ise sinüzoidal voltaj sinyallerini görselleştirmek için kullanılmıştır. Ses üreten telefon tüpün girişinden birkaç santim uzakta sabitlenmiştir. Uzunca bir çubuğa, sıfır noktası çubuğun ucuna denk gelecek şekilde mezura yapıştırılmış, sesi analiz eden alıcı cep telefonu, mikrofonu sıfır noktasında olacak şekilde bu çubuğa sabitlenmiştir. Çubuk sayesinde, alıcı cep telefonu, tüpün istenen bölgesine ulaştırılmakta ve mezura yardımıyla alıcı telefondaki mikrofonun pozisyonu ölçülebilmektedir. Şeffaf tüpün kullanıldığı zamanlarda, voltaj sinyallerinin genliğinin tüpün hangi noktalarında maksimum hangi noktalarında minimum olduğu, alıcı telefonun ekranına bakılarak görülebilmektedir. Şeffaf olmayan tüp kullanıldığında ise tüpün içerisindeki alıcı telefonun ekranı, Wi-Fi bağlantısıyla başka bir cihazın ekranına aktarılmaktadır. Deneyde kullanılacak frekans deneme yanılma yöntemiyle belirlendikten sonra, üç deney, tüpün iki ucu açıkken bir deney ise yalnız bir ucu açıkken yapılmıştır. Deney sayesinde, tüpün içindeki karın ve düğüm noktaları görselleştirilmiştir. Dört deney sonucunda, ses hızı için, (350 $\pm$ 10) m/s, (340 $\pm$ 10) m/s, (340 $\pm$ 30) m/s ve (350 $\pm$ 20) m/s değerlerine ulaşılmıştır. Deneylerin yapıldığı şartlar altında, hesaplanan teorik değerler ise sırasıyla 347, 342, 346 ve 346 m/s'dir.

Parolin ve Pezzi'nin tasarladığı, yukarıda anlatılan son deneyin benzeri bir deney, Yavuz ve Temiz (2016) tarafından tasarlanmıştır. Farklı olarak, alıcı mobil cihaz, voltaj sinyalleri yerine frekans spektrumunu ölçmüştür. Ayrıca, cep telefonunu çubuğa sabitleyerek tüpün içine sokmak yerine, kulaklık ve kablosuz (bluetooth) mikrofon kullanılmıştır. Birinci tip deneyde, ses üreten ve konumu sabit tutulan cihaz tüpün dışında bulunmaktadır, kablosuz mikrofon ise tüpün içinde hareket edebilmektedir. İkinci tip deneyde ise, ses üreten ve tüpün içinde hareket edebilen kısım kulaklık iken, alıcı cihaz tüpün dışında durmaktadır. Ses hızının ölçüldüğü deneyler, tüpün bir ucu kapalıyken yapılmıştır ve ardışık iki yıkıcı girişimin konumlarının belirlenmesine dayanmaktadır. Deneyler 9, 24 ve 50 ^{o}C sıcaklıklarda

yapılmıştır. Her sıcaklık için, 2000, 2500 ve 3000 Hz frekanslarında deney üçer kere yapılmıştır. 9 ^{o}C için teorik ses hız 335 m/s iken üç farklı frekansın kullanılmasıyla elde edilen deneysel değerlerin ortalaması 335.7 m/s çıkmıştır. 24 ^{o}C için bu değerler sırasıyla 344 ve 343.7 iken 50 ^{o}C için bulunan değerler sırasıyla 358 ve 356.7'dir. Araştırmacılar, klasik deneyde olduğu gibi tüpün uzunluğunu değiştirmek yerine, kulaklığın veya kablosuz mikrofonun tüpün içindeki konumunu değiştirmenin, deneyi kolaylaştırdığını belirtmişlerdir.

Kuhn ve Vogt (2013), yaptıkları çalışmada, zaman zaman birbirinin yerine kullanılan fakat birbirinden farklı olan bazı akustik olguların ayrımına varılabilmesi için, hem frekans spektrumlarını hem de osilogramları gösterebilen bir mobil uygulamanın yüklü olduğu bir cep telefonunu kullanmışlardır. Öncelikle ton kavramına değinen araştırmacılar, 1700 Hz ile titreşen bir ses çatalının oluşturduğu frekans spektrumunu ölçmüş ve spektrumda, 1699 Hz değerinde tek bir spektral çizginin oluştuğunu gösteren cep telefonu ekranının görüntüsünü paylaşmışlardır. Ayrıca, bu çatalın oluşturacağı voltaj sinyalinin, sinüs fonksiyonu ile ifade edilebileceğini belirtmişlerdir. Ardından ses kavramına değinilmiş, bir melodikanın çıkardığı sesin oluşturduğu voltaj sinyalinin cep telefonu ekranındaki görüntüsü paylaşılmıştır. Bu sinyalin periyodik olduğu fakat tek bir sinüs fonksiyonu ile temsil edilemeyeceği ve bu sinyalin, frekansları bir temel frekansın tam katları olan sinüs fonksiyonlarının toplamıyla oluştuğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu sesin frekans spektrumunda, birden çok spektral çizginin bulunacağı belirtilmiştir. Bunlar dışında, gürültü ve impuls kavramlarına da değinilmiştir.

Kuhn, Vogt ve Hirth (2014), tasarladıkları deneyde, akustik vuru kavramını incelemişler, vuru frekansı ve algılanan ton frekansını ölçmüşlerdir. Üç cep telefonunun kullanıldığı deneyde, telefonlardan iki tanesi, bir tanesi 1000 Hz ve diğeri 1050 Hz frekanslı sinüzoidal ton üretmek için kullanılmış; üçüncü telefon ise oluşan vuruların voltaj sinyallerini ölçmüştür. Deneyin, bu frekans değerleriyle dört kere tekrarlanması ve oluşan osilogramların incelenmesi sonucunda, vuru frekansı için (49.92 $\pm$ 0.27) Hz değeri, algılanan ton frekansı içinse (1028 $\pm$ 10.79) Hz değeri bulunmuştur. Hesaplanan teorik değerler ise sırasıyla 50 Hz ve 1025 Hz'dir.

Dolayısıyla, teorik değerler ile deneysel değerler arasındaki uyumsuzluk sırasıyla %0.16 ve %0.29 seviyelerindedir.

Vogt, Kasper ve Burde (2015; 2016), yaptıkları çalışmalarda, kilise çanlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar, çan yarıçapı ile çanın çıkardığı sesin frekans spektrumunda ilk pike karşılık gelen temel frekans değeri arasındaki ilişkiyi tahmin etmek için bir model kullanmışlar ve literatürde ulaştıkları 700 kilise çanına ait verilerin kullanılmasıyla modelin sağlamasını yapmışlardır. Ayrıca, yarıçap uzunluğunu bildikleri, Bremen'deki bir katedralin çanının sesini, cep telefonuna yükledikleri bir mobil uygulamanın kullanılmasıyla kaydetmiş ve bu sese ait frekans spektrumunu elde etmişlerdir. Spektrumun ilk piki, 117 Hz değerini vermiştir. Kullanılan modelde, çanın yarıçap uzunluğu ilgili formülde yerine koyulduğunda, 117.6 Hz değeri elde edilmektedir. Dolayısıyla, cep telefonu mikrofonunun kullanılmasıyla yapılan deneyin sonucu ile kullanılan model oldukça uyumlu çıkmıştır.

Müller ve arkadaşları (2015), tasarladıkları deneyde, işaret parmağı çıtlatıldığında çıkan sesin voltaj sinyalini bir cep telefonu uygulamasıyla ölçmüşler ve titreşim frekansını bu sinyali kullanarak belirlemişlerdir. Çıkan bu sesten, eklem kapsüllerindeki sıvıda çözünmüş olan gazların, eklemin hareket etmesiyle gerçekleşen basınç düşmesine bağlı olarak ani olarak baloncuk şeklinde serbest kalmasının ve bu baloncuğun sıvı içinde salınımının sorumlu olduğu belirtilmiştir. Literatürde yer alan teorik bir formül sayesinde, sesin frekansı belirlendiğinde, oluşan baloncuğun yarıçapının yaklaşık değerinin hesaplanabileceği bildirilmiştir. On kişinin katılımıyla gerçekleşen deneyin sonucunda, ortalama baloncuk yarıçapı (0.396 ± 0.015) mm çıkmıştır. Bu sonuç, literatürde belirtilen 0.25 mm değeriyle aynı düzeylerdedir.

Schwarz, Vogt ve Kuhn (2013), tasarladıkları deneyde, esnek bir topun sert bir zeminde zıplıyorken çıkardığı seslerin voltaj sinyallerini inceleyerek ve yerden yükselme miktarlarını metreyle ölçerek yerçekimi ivmesini hesaplamışlardır. Tablet bilgisayarla ölçülen voltaj sinyalleri sayesinde, topun yere çarptığı anlarda voltaj

değerinin ne zaman aniden sıçradığı belirlenmekte; böylece topun havada kalma süresi hesaplanabilmektedir. Havada kalma süresi ve topun çıktığı maksimum yüksekliklerin kullanılmasıyla, yerçekimi ivmesi hesaplanabilir. Araştırmacılar, deneyi üç defa tekrarlamış; 9.82, 10.06 ve 9.77 m/s^2 değerlerine ulaşmışlardır. Benzer bir başka çalışmada, çeşitli toplara belli bir uzaklıktaki duvara çarpacak şekilde vurulmuş ve topların ortalama hızları ölçülmüştür (Vogt, Kuhn & Neuschwander, 2014).

2.3 Kameranın Kullanıldığı Deneyler

Tablet bilgisayar ve cep telefonu gibi mobil cihazlarda bulunan ve fizik deneylerinde kullanılabilecek bir diğer sensor kameradır. Falcao ve arkadaşları (2009), suyun çıktığı uç bölümü yatayla açı yapan ve tazyikle su fışkırtan hortumun kullanıldığı deneyde, havada eğri şeklini alan su bloğunun cep telefonuyla fotoğrafını çekmişlerdir. Fotoğraf, suyun hareket ettiği düzleme dik olacak bir doğrultudan çekilmiştir. Fotoğrafın, bir grafik programının yardımıyla analiz edilmesi ile havadaki su bloğunun bazı bölgelerinin koordinatları belirlenmiş ve düşeydeki konumu, yataydaki konumunun fonksiyonu olacak şekilde ilgili bağıntı elde edilmiştir. Elde edilen bu en iyi uyum eğrisinin parametrelerinin kullanılmasıyla, eğik atış açısı için $78.8 \pm 0.5°$ değeri, atış hızı içinse 223 ± 5 cm/s değeri elde edilmiştir.

Klein ve arkadaşları (2014), tasarladıkları deneyde, bir kaykay üzerinde yatay doğrultuda hareket eden ve elindeki topu kendi referans sistemine göre düşey doğrultuda yukarı atan bir kişinin ve attığı topun, bir tablet bilgisayar yardımıyla, hareketleri boyunca videosunu çekmişlerdir. Tablete yüklenmiş olan bir mobil uygulama ile çekilen video analiz edilmiş ve topun hareketine dair denklem elde edilmiştir. Topun düşeydeki hareketine dair elde edilen hız – zaman grafiğinin eğiminin hesaplanmasıyla, yerçekimi ivmesi için $-9.78\ m\ s^{-2}$ değeri bulunmuştur. Bulunan değer, beklenen teorik değerden yalnızca % 0.3 düzeyinde sapmıştır.

Kuhn ve Vogt (2012b), tasarladıkları deneyde, bir uzaktan kumandadan yayınlanan yakın kızılötesi radyasyonu kırınım ağından geçirmişlerdir. Kırınım çizgilerine dik doğrultuda olacak şekilde, radyasyon kaynağının altına yerleştirilen bir cetvel, oluşan saçaklar için ölçek olarak kullanılmıştır. Cetvel ve oluşan kırınım deseninin aynı karede gösteren fotoğraf, bir cep telefonunun kamerasının kullanılmasıyla çekilmiş ve radyasyonun dalga boyunu belirlemek için kullanılmıştır. Dalga boyu için 930 nm değeri bulunmuş ve bu değerin, uzaktan kumandalarda kullanılan kızıl ötesi diyotların 900 nm – 1200 nm'lik dalga boyu aralığında yer aldığı belirtilmiştir.

Kuhn ve arkadaşları (2014), tasarladıkları deneylerde, cep telefonu, iPod ve tablet bilgisayar gibi mobil cihazların kameralarını, nükleer radyasyon deneyleri yapmak için kullanmışlardır. Bu cihazlarda bulunan bazı türdeki kameraların, β^- ve γ ışımalarına duyarlı olduğunu belirten araştırmacılar, kameraların merceği siyah bir bantla kapatıldığında, bir mobil uygulama sayesinde, radyoaktif sayım yapılabileceğini göstermişlerdir. Ters kare yasasının incelendiği ilk deneyde kaynak olarak β^- ışıması yapan ^{90}Sr/Y kullanılmış ve kaynağa farklı uzaklıklardayken belli bir zaman aralığı için sayım alınmıştır. Deney, cep telefonu, iPod ve tablet bilgisayarların ayrı ayrı kullanılmasıyla üç kere tekrarlanmıştır. Üç deney için de, sayım hızının, uzaklığın karesinin çarpmaya göre tersi ile doğru orantılı olduğunu göstermek için regresyon analizi yapılmış ve üç belirleme katsayısı (R^2) da 0.92'den büyük çıkmıştır. Yapılan ikinci deneyde soğurma kanunu incelenmiş ve üç mobil cihaza ilaveten, çıkan sonuçları kıyaslamak maksadıyla, deney bir kez de Geiger - Müller detektörünün kullanılmasıyla yapılmıştır. Ayrıca dört deney, soğurucu madde olarak kağıt, alüminyum ve pertinaksın kullanılmasıyla üçer kere tekrarlanmıştır. Mobil cihazların kullanılmasıyla hesaplanan soğurma katsayıları ile Geiger – Müller detektörünün kullanılmasıyla hesaplanan katsayılar arasındaki sapma miktarının %17 ile %47 arasında değiştiği gözlenmiştir. Üçüncü deneyde bozunma kanunu incelenmiş ve kaynak olarak ^{137m}Ba kullanılmıştır. Yarıömür değerleri hesaplandıktan sonra, tablet bilgisayarın kullanılmasıyla bulunan yarıömür değerinin literatürde bildirilen değerden %16 oranında, cep telefonuyla bulunan değerin ise literatürdeki değerden %2 oranında saptığı tespit edilmiştir. Ayrıca, mobil cihazlarda

bulunan farklı marka kameraların, deney sonuçlarının hassasiyeti üzerinde etkisinin olabileceği de görülmüştür.

Gröber, Molz ve Kuhn (2014), tasarladıkları deneyde, bir önceki deneyde olduğu gibi, bir tablet bilgisayarın kamerasını, β^- parçacıklarının sayımı için kullanmışlardır. İncelenen β^- - spektrumu, sapma açısı sabit, manyetik akı yoğunluğu değişken olacak şekilde, kaynak olarak ^{90}Sr/Y'nin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Kıyaslama yapabilmek için, deney bir defa Geiger - Müller detektörüyle, bir defa da kamerası β^- taneciklerine karşı çok hassas olan bir tabletin kullanılmasıyla yapılmıştır. Spektrumun maksimum kinetik enerjisini belirlemek için, deneysel değerlerin kullanılmasıyla Fermi – Curie diyagramı çizilmiştir. Bu maksimum enerjinin literatürdeki değeri 2282 keV iken, detektörle bulunan değerin 2125 keV, tabletle bulunan değerin 2090 keV olduğu görülmüştür. Detektörle bulunan değer, literatürdeki değerden %7 düşükken, tabletle bulunan değer %8 oranında düşüktür. Bulunan değerlerin düşük çıkmasının sebebi açıklanmış ve detektörle bulunan değer ile tabletle bulunan değerin birbirine yakın olduğu belirtilmiştir.

Meißner ve Haertig (2014), tasarladıkları deneyde, dünyanın etrafında dönen Uluslararası Uzay İstasyonunun hızını hesaplamışlardır. Deney, herhangi bir mobil uygulama kullanılmadan, klasik video kaydı ile yapılmıştır. Telefonun kamerasının görüş alanı açısı, internetten bulunarak veya öğrencilerin kendilerinin ölçmesiyle, hesaplamalarda kullanılabilir. Geceleyin, istasyonun, sabitlenen kameranın görüş alanına girdiği andan görüş alanından çıktığı ana kadarki zaman dilimini kapsayacak şekilde video kaydı alınmıştır. İstasyonun görüş alanında kalma süresi ve kameranın görüş alanı açısı kullanılarak, istasyonun hızı %90 doğrulukla hesaplanmıştır.

Wei ve arkadaşları (2015), tasarladıkları deneyle, bir dalga havuzundaki sıvı yüzey dalgalarını gözlemlemiş, dispersiyon bağıntısını incelemiş ve sıvı yüzey gerilim katsayısını hesaplamışlardır. Ayrıca, sıcaklıkla yüzey gerilim katsayısı arasındaki ilişkinin sağlamasını yapmışlardır. Bir sinyal jeneratörü, bir hoparlöre bağlanmış ve hoparlörün diyaframına yapıştırılmış hafif bir çubuğun ucunun dalga havuzundaki suya batması sağlanmıştır. Böylece, farklı frekanslarda salınabilen bir

titreşim kaynağı elde edilmiştir. Cam dalga havuzunun altına yerleştirilen bir ışık kaynağı sayesinde, dalga desenlerinin, havuzun üstünde yatay düzlemde bulunan bir kağıdın yüzeyinde belirmesi sağlanmıştır. Cep telefonu kamerası kullanılarak, kağıdın üstündeki desenin fotoğrafı çekilmiş ve fotoğraf MATLAB programına aktarıldıktan sonra, örüntü tanıma algoritmalarının (pattern recognition algorithms) kullanılmasıyla dalga boyu hesaplanmıştır. Farklı frekans değerleri için dalgaboyu bulunmuş ve dispersiyon bağıntısı için en iyi uyum doğrusu elde edildikten sonra, doğrunun eğiminin hesaplanmasıyla yüzey gerilim katsayısı hesaplanmıştır. En iyi uyum doğrusunun belirleme katsayısı (R^2) için 0.9957 değeri bulunmuştur. Deney yedi farklı su sıcaklığı için tekrarlanmış ve elde edilen yüzey gerilim katsayısı değerlerinin, teorik değerlerden %3.1 ile %4.3 arasındaki oranlarda saptığı tespit edilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla, yüzey gerilim katsayısının düştüğü grafik üzerinde gösterilmiş ve hata analizi yapılmıştır. Araştırmacılar, deneyin başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

2.4 Jiroskopun Kullanıldığı Deneyler

Mobil cihazlardaki akselerometre sensorlarının kullanılmasıyla yapılan deneylerin anlatıldığı birinci kısımda, bazı deneylerde hem akselerometre hem de jiroskopun kullanıldığı deneylere değinilmişti. Bu kısımda, aynı deneylere tekrar değinilmeyecek ve sadece jiroskopun kullanıldığı deneyler incelenecektir. Ayrıca, sadece jiroskopun kullanıldığı bir deneyin tamamen aynısının, aynı yazarların tasarladığı daha önce değinilen bir deney tarafından kapsandığı belirlenmiş ve bu deney de bu kısımda tekrar incelenmemiştir. Sadece jiroskopun kullanıldığı bir deney, Shakur ve Sinatra tarafından tasarlanmıştır (2013). Araştırmacılar, merkezindeki dönme ekseni etrafında yatay düzlemde dönebilen dairesel bir tablanın üst yüzeyine, telefon dönme eksenine olabildiğince uzak olacak şekilde, bir cep telefonunu sabitlemişlerdir. Tabla, üzerindeki telefonla birlikte dönerken ve telefon açısal hızı ölçerken, tablanın üzerine kütlesi bilinen bir metal blok bırakılmıştır. Telefonun yaptığı ölçüm sayesinde, tablanın blok yokkenki açısal hızı ve blok bırakıldıktan sonraki açısal hızı belirlenmiştir. Eylemsizlik momentlerinin hesaplanmasının ardından, açısal momentumun korunduğu, %1 seviyesindeki bir

sapmayla gösterilmiştir. Ayrıca, dönme kinetik enerjisinin %44'ünün, blok tablanın üzerine bırakıldıktan sonra kaybedildiği tespit edilmiştir.

Patrinopoulos ve Kefalis (2015), tasarladıkları deneyde, tek elle kullanmak için tasarlanmış kısa bir halterin yuvarlanma hareketini incelemişlerdir. Halter, bir eğik düzlemin üst kısmından serbest bırakılmış ve açısal hızı kenarına sabitlenen bir cep telefonuyla ölçülmüştür. Açısal hızı zamanın fonksiyonu şeklinde veren denklem, basit regresyon analiziyle belirlenmiştir. Regresyonun belirleme katsayısı (R^2) 0.99'dan büyük çıkmış ve açısal hız ile zaman arasındaki lineer ilişki hem deneysel verilerin hem de elde edilen fonksiyonun aynı grafik üzerinde gösterilmesiyle okuyucuya sunulmuştur. Elde edilen doğrunun eğimi vasıtasıyla, açısal ivme hesaplanmış ve bu ivmenin kullanılmasıyla halter sisteminin eylemsizlik momenti hesaplanmıştır. Bu yolla elde edilen eylemsizlik momentinin, kütle ve uzunluk ölçümüyle bulunan teorik değerden %8 oranında saptığı belirtilmiştir. Deney bir kez de eğik düzlemin üzerine yumuşak ve deforme olan bir yüzeyin eklenmesiyle tekrarlanmış ve bulunan açısal ivmenin, yuvarlanma sürtünme kuvveti dahil edilmeden hesaplanan teorik değerden %75 oranında saptığı gösterilmiştir.

2.5 Manyetometrenin Kullanıldığı Deneyler

Silva (2012), bir tablet bilgisayarın manyetometresini kullanarak manyetik alan ölçümü yaptığı deneyde, bobinlerin sarım sayısıyla, bobinlerin üzerlerinden akım geçerken eksenlerindeki belli bir noktada oluşan manyetik alan şiddeti arasındaki lineer bağıntıyı incelemiştir. Araştırmacı, beyaz tahta kalemine tel dolayarak, sarım sayıları 5 ile 30 arasında değişen 6 farklı bobin yapmıştır. Ölçüm sonuçları kullanılarak basit regresyon analizi yapılmış ve belirleme katsayısı (R^2) 0.985 çıkmıştır. Böylece, iki değişken arasındaki doğru orantı gösterilmiştir.

Lara ve arkadaşları (2014), tablet bilgisayarla ölçüm aldıkları deneyde, manyetik alanın, bobinden geçen akıma ve bobine olan eksen üzerindeki uzaklığa nasıl bağlı olduğunu incelemişlerdir. Ayrıca, bobin yerine küçük bir mıknatıs kullanarak uzaklığa bağlılığı tekrar incelemişler ve havanın geçirgenlik katsayısını

hesaplamışlardır. Ölçümler sonucunda, manyetik alan şiddeti ile bobinden geçen akım arasındaki lineer ilişki grafikle net bir şekilde gösterilmiştir. Mıknatısa ve bobine olan uzaklıkların küpünün tersinin, manyetik alan şiddetiyle doğru orantılı olduğunu göstermek için yapılan analizde, uzaklıkların üslü terimleri için sırasıyla -3.09232 ± 0.01217 ve -3.05112 ± 0.03917 değerleri bulunmuştur. İdeal değer ise -3'tür. Deneysel sonuçların kullanılmasıyla, havanın manyetik geçirgenliği için 1.298×10^{-6} Hm^{-1} değeri bulunmuş ve teorik değerin $1.2566370614 \times 10^{-6}$ Hm^{-1} olduğu belirtilmiştir.

Yukarıdakine benzer bir deney de Arribas ve arkadaşları (2015) tarafından tasarlanmıştır. Cep telefonu, mıknatıs, kalem ve kağıt dışında herhangi başka bir malzemenin kullanılmadığı deneyde, manyetik alan şiddetinin, mıknatısa olan uzaklığın küpünün tersiyle doğru orantılı olduğu gösterilmiş ve kullanılan çeşitli mıknatısların manyetik momentleri hesaplanmıştır. En küçük kareler yönteminin kullanılmasıyla, dört farklı mıknatıs için, manyetik alan şiddetini veren bağıntıdaki uzaklık değişkeninin üs değerleri -3.17 ± 0.15, -3.10 ± 0.13, -2.91 ± 0.09 ve -3.02 ± 0.04 bulunmuştur. Dört analizden hiçbirinde, belirleme katsayısı (R^2), 0.9908'den küçük çıkmamıştır.

Temiz ve Yavuz (2015), tasarladıkları deneylerde, bir cep telefonunun manyetometresini konum tespiti için kullanmışlardır. Oyuncak araba gibi, hareket eden bir cismin üzerine bir cep telefonu sabitlenmiş ve cismin hareket edeceği doğrusal yolun kenarına eşit aralıklarla güçlü mıknatıslar yerleştirilmiştir. Alınan ölçümlerin kullanılmasıyla, manyetik alanın zamanla değişimi grafiği elde edilmiş ve grafiğin pikleri incelenerek, cismin ne zaman hangi mıknatısın yanından geçtiği belirlenmiştir. Mıknatısların arasındaki uzaklık bilindiği için de hareket eden cisme ait konum – zaman değerleri elde edilmiştir. Yaptıkları bir deneyde, bir oyuncak arabayı eğik düzlemin üst kısmından serbest bırakmışlar ve üç farklı eğim açısı için tekrarladıkları deney sonucunda, yerçekimi ivmesi için 9.66, 9.83 ve 9.07 m s^{-2} değerlerini bulmuşlardır.

2.6 Işık sensorunun Kullanıldığı Deneyler

Sans ve arkadaşları (2013), bir cep telefonunun ışık sensorunu kullandıkları deneyde, basit harmonik hareketi ve sönümlü titreşim hareketini incelemişlerdir. Hava rayının bir ucuna ışık kaynağı yerleştirilmiş ve rayın üzerindeki araba da ön ve arkasından özdeş sarmal yaylarla iki sabit noktaya bağlanmıştır. Arabanın üzerine sabitlenen cep telefonunun ışık sensoru, ışık kaynağının hizasındadır ve bir fotometre kullanılarak kalibre edilmiştir. Sürtünme kuvvetlerinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu ilk deneyde, dört farklı kütle için deney tekrarlanmış ve elde edilen ışık şiddet – zaman verilerinin kullanılmasıyla en iyi uyum eğrisinin denklemi (tüm ölçümler için, $R^2 > 0.995$), dolayısıyla titreşim hareketleri için frekans değerleri bulunmuştur. Frekans değerlerinin ilgili formülde kullanılmasıyla da periyot ve yay sabiti değerleri elde edilmiştir. Kontrol amacıyla, bir profesyonel deney sensoruyla da ölçüm alınmış ve çoğu durumda, periyot ve frekans değerleri için, iki yöntem arasındaki sapma miktarları %1'in altında kalmıştır. Yay sabiti için bulunan değerler 3.013 ve 3.380 N/m aralığında yer almış ve klasik yöntemle bulunan yay sabiti değerinin (3.6 ± 0.2) N/m olduğu belirtilmiştir. Deneyler, aynı kütle miktarlarıyla, hava rayına birim zamanda pompalanan havanın miktarı azaltılarak tekrarlanmış, böylece sistem, ihmal edilemeyecek kadar sürtünmeli hale gelmiştir. Sönümlü titreşim hareketinin denkleminin kullanılmasıyla elde edilen en iyi uyum eğrisi sayesinde, aynı yaylar için yay sabiti değerleri (3 ± 1) N/m çıkmıştır.

Klein, Hirth ve Kuhn (2014), tasarladıkları deneyde, bir tablet bilgisayarın ışık sensorunu kullanarak, bir noktadaki ışık şiddetinin, noktasal ışık kaynağına olan uzaklığın karesinin tersiyle orantılı olduğunu göstermişlerdir. Deneyde, farklı uzaklıklarda ışık şiddeti ölçülmüş ve ışık kaynağından yeterince uzak olan noktalar için, ters kare yasasının geçerli olduğu gösterilmiştir. Çok yakındaki noktalar için teorik değerden sapma miktarının çok artması, ışık kaynağının noktasal olmamasından kaynaklanmıştır. Yalnızca yeterince uzak noktalarda alınan değerler kullanıldığında, basit regresyona ait belirleme katsayısının (R^2) 0.99 çıktığı belirtilmiştir.

Barrera-Garrido (2015), tasarladığı deneyde, bir cep telefonunun ışık sensorunu, astronomiye giriş dersi alan öğrencilerin, güneş sisteminin dışındaki gezegenlerin keşfinde kullanılan transit yöntemini anlamalarına yardımcı olmak için kullanmıştır. Okültasyon ismi verilen süreçte, bir gezegen bir yıldızın önünden geçmektedir ve yıldızdan gelen ışık akısı kısmen bloke olur. Daha açık bir ifadeyle, bir gezegen, dünya ile bir yıldızın arasından geçmektedir. Işık şiddeti, yıldızın ve gezegenin yarıçapına bağlı olarak azalır. Eğer ışık şiddetindeki azalma miktarı ölçülürse, yıldız ile gezegenin yarıçaplarının oranı elde edilebilir. Araştırmacı, yıldızı küresel bir ışık kaynağı ile, gezegenleri ise şeffaf olmayan kürelerle modellemiş ve cep telefonu ile ışığın okültasyonu ölçmüştür. Deneysel olarak hesaplanan gezegen modellerinin yarıçapları ile gerçek yarıçaplar arasındaki farklar %12 ile %40 arasında değişmiştir. Araştırmacı, hata kaynaklarını ve daha iyi sonuçlar elde etmek için nelerin yapılabileceğini tartışmıştır.

2.7 Diğer Sensorların Kullanıldığı Deneyler

Literatür incelendiğinde, bazı sensorların fizik deneylerinde kullanılmasına sadece bir kere rastlanmıştır. Bu anlamda, türünün tek örneği olan bu çalışmalar, bu başlık altında incelenmiştir. Bu çalışmalardan bir tanesini, Gabriel ve Backhaus'un (2013), bir cep telefonunun GPS (Küresel Konumlama Sistemi) alıcısını kullandıkları deney oluşturmaktadır. Uydulardan gelen sinyaller sayesinde, belli zaman aralıklarında konum ölçümü yapılabilmektedir. Ücretsiz bir mobil uygulama olan Google Earth sayesinde, konum, sürat, yerden yükseklik gibi değişkenlere ilişkin çizelgelerin elde edilebileceği ve ivme hesabının yapılabileceği belirtilmiş ve örnek olarak bir cep telefonu ekranının fotoğrafları verilmiştir. Konumun ölçüldüğü bu yöntemin kötü yanı ise, konum için elde edilen değerlerin hassasiyetinin 5-10 metre olması ve saniyede bir ölçüm alınabilmesidir. Bu yüzden, 100 metreden çok daha fazla bir mesafe boyunca hareket edilmesinin ve ölçüm alınan sürenin 10 saniyeden daha fazla olmasının gerektiği belirtilmiştir.

Müller, Hirth ve Kuhn (2016), tasarladıkları deneyde, bir cep telefonunun basınç sensorunu, tünelden geçen bir trenin hızını ve tünelin uzunluğunu hesaplamak

için kullanmışlardır. Araştırmacılar, bir trenle tünelden geçerken, tünele girdikten bir müddet sonra gerçekleşen basınç değişimini, kulaklarındaki his aracılığı ile ve trenin camlarının titremesiyle fark etmişler ve bu durumun sebebi üzerine çalışmışlardır. Buna göre, trenin tüneldeki hareketi ile ortaya çıkan basınç dalgası, tünelin diğer açık ucundan yansımakta ve tekrar trene ulaşmaktadır. Cep telefonun kullanılmasıyla elde edilen basınç – zaman grafiği incelendiğinde, tünel içindeki hareket süresince, basınç değerlerinde değişimlerin olduğu ve birkaç pikin oluştuğu gösterilmiştir. Bu verilerin kullanılmasıyla, tünelin uzunluğu için 1370 m ($\pm$ %5) değeri bulunmuş ve bu değerin belirtilen resmi değerden %2 oranında saptığı belirtilmiştir. Tünelin hesaplanan uzunluğunun ve tünelden geçme süresinin kullanılmasıyla, trenin hızı 38 m/s bulunmuştur. Aynı değere, bağımsız bir yöntemle, cep telefonundaki GPS sensoru aracılığı ile de ulaşılmıştır.

BÖLÜM III

YÖNTEM

3.1 Araştırma Modeli

Metodoloji, araştırmacının, bilgiyi araştırma bağlamında nasıl elde ettiği ile ilgilenen teoridir (Scott & Morrison, 2005). Metodoloji, olguların incelenmesinde kullanılan bilimsel yöntemlerin (metotların) uygulanmasının altında yatan mantıktır (Anderson, 1998). Bu anlamda, verilerin toplanması ve analiz edilmesinde kullanılan tekniklerin dayandığı rasyonalitedir. Örneğin, deney yöntemi ve etnografik yöntem birer araştırma yöntemiyken (metot), gözlem ve içerik analizi birer tekniktir. Genel manada, yöntemler, nitel ve nicel olarak kabaca ikiye ayrılabilir.

Bu çalışmada,

- "Bu çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan mobil uygulamanın, fizik eğitimi alanına katkı sağlayabilmesi için sahip olabileceği özellikler neler olabilir?" sorusunu yanıtlamak için sistematik literatür taraması yöntemine,
- "Bu çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan mobil uygulama ile, eğitim amacıyla yapılan kinematik deneylerinde kullanılmaya elverişli olacak kadar az bir hata oranı ile ölçüm yapılabilir mi?" sorusunu yanıtlamak için fen bilimleri çerçevesinde deney yöntemine,

başvurulmuştur. Dolayısıyla, bu çalışmada çoklu metot yaklaşımı ("multimethod", "multimethodology") kullanılmıştır.

Mingers ve Gill (1997), çoklu metodoloji ile, problemli durumlarda gerekli adımları atma pratiğinde çoklu metodoloji veya çoklu tekniklerin kullanıldığı alanın

tümünün kastedildiğini belirtmiştir. Brewer ve Hunter (1989), gerçek çoklu metot projelerinin, araştırma sorularını yanıtlamak için alan araştırma yöntemleri, tarama yöntemi, deneysel yöntemler ve reaktif olmayan ("non-reactive") yöntemlerin çeşitli kombinasyonlarının sistematik olarak kullanıldığı tekil çalışmalar yahut devam eden karmaşık araştırma programları olduğunu belirtmiştir. Mingers ve Gill (1997), mümkün metodolojik kombinasyonları Tablo-1'dekine benzer bir şekilde tablolaştırmıştır. Ayrıca, Mingers (2001), bir problem durumunun farklı parçaları için birbirinden farklı metodolojilerin kullanılabileceğine değinirken, en iddalı yaklaşımın ise, birkaç metodolojinin farklı parçalarının birleştirilmesiyle çalışmaya özel desen yaratmanın olduğunu belirtmiştir. Neyse ki, bu çalışmada birinci durum sözkonusudur.

Tablo-1

Çoklu metot yaklaşımı için olası kombinasyonlar

Paradigma	Yöntem	Teknik	Sembolik Biçim
Tek	Tek	Tek	A
		Karma	B
	Karma	Tek	C
		Karma	D
Karma	Tek	Tek	E
		Karma	F
	Karma	Tek	G
		Karma	H

Bu çalışmada, A biçimindeki yaklaşım hariç tablodaki tüm yaklaşımların çoklu metot yaklaşımı olduğu kabul edilmektedir. Dolayısıyla, çoklu metot yaklaşımı, nispeten daha ünlü olan karma yöntem yaklaşımını ("mixed method") kapsamaktadır. Karma yöntem yaklaşımı için nitel ve nicel yöntem veya tekniklerin bir arada kullanılması söz konusudur. Çoklu yöntem yaklaşımı ise, örneğin, iki nitel yöntemin aynı çalışmada birlikte kullanıldığı durumları da kapsar.

Pratikte, birden fazla yöntemin kullanıldığının sıklıkla görülmesinin bir sebebi, bir çalışmada genelde birden fazla araştırma sorusunun bulunması ve sorulardan biri için uygun olan bir yöntemin diğer soru için uygun olmayabileceğidir (Gray, 2004). Bu çalışma için de bu durum geçerlidir. Kısaca özetlemek gerekirse, çoklu yöntem yaklaşımı bu araştırma için gerekli zemini sağlamaktadır.

3.2 Sistematik Tarama

Araştırmanın ilk alt problemine çözüm bulabilmek için, ilgili literatürün detaylı bir şekilde incelenmesinin gerektiği düşünülmekteydi. Bu düşünce doğrultusunda, literatür taramasının yapıldığı tarih itibariyle, mobil cihazlara gömülü hangi sensorların fizik deneylerinde kullanıldığı ve alınan ölçümler neticesinde hangi fiziksel büyüklüklerin hesaplandığı sistematik bir şekilde belirlendi. Elde edilen bu bulgular ışığında, bu konudaki ihtiyacın geliştirilen özgün bir mobil uygulama ile karşılanabilmesi için, uygulamanın sahip olacağı bazı özellikler belirlendi.

Bahsi geçen bu aşamada, sistematik literatür taraması yöntemi (SLTY, systematic review) kullanıldı. Sistematik taramanın amacı, belli bir soruyu yanıtlamak için ilgili en iyi araştırmaları bir araya getirmektir (The Campbell Collaboration, 2016). Sistematik taramayı, geleneksel literatür taramasından ayıran özellik, uygulanan yaklaşımın açık seçik ve sistematik olmasıdır (Khan ve diğer., 2003). Geleneksel literatür taraması kapsamında yürütülen bir çalışma başkaları tarafından çoğunlukla tekrarlanamaz ve araştırmacının inançlarının çalışma üzerinde etkisinin olup olmadığı ve araştırmacının araştırmaya dahil edilen yayınları seçmedeki yansızlığı okuyucu tarafından değerlendirilemez (Hemingway & Brereton, 2009). Bu durum, SLTY için geçerli değildir.

Sistematik taramanın, sağlık bilimleri alanında uygulanan haliyle, karakteristik özellikleri,

- açık seçik, tekrar edilebilir bir metodoloji ve açık bir şekilde belirtilmiş hedefler,

- belirli kriterlere uyan tüm çalışmaları tespit etmek için sistematik tarama,
- incelemeye dahil edilen çalışmaların bulgularının geçerliğinin, örneğin yanlılık riskinin, değerlendirilmesi,
- incelemeye dahil edilen çalışmaların bulgularının ve özelliklerinin sistematik bir şekilde sunumu ve sentezi,

şeklinde sıralanabilir (Liberati ve diğer., 2009). Sistematik tarama yöntemi, sağlık bilimleri alanında doğan ihtiyaçları karşılamak için ortaya çıkmış olsa da, zamanla diğer alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen küçük çaplı sistematik tarama ile aşağıda belirtilen üç soruya yanıt aranmıştır.

Taramanın yapıldığı tarih itibariyle, fizik deneylerinde

- kullanılan gömülü sensorlar nelerdir?
- ölçülen fiziksel büyüklükler nelerdir?
- hesaplanan fiziksel büyüklükler nelerdir?

Bu soruların cevapları göz önünde bulundurularak, araştırmanın ilk alt problemine çözüm aranmıştır.

Taramaya, kalite standardı yüksek, dünyanın dört bir yanında yaygın olarak takip edilen ve mobil cihazlardaki sensorların kullanıldığı fizik deneylerini içerdikleri bilinen Physics Education, Physics Teacher, European Journal of Physics ve American Journal of Physics dergileri dahil edilmiştir. Tarama, 1 Mart 2016 tarihinde güncellenmiştir.

Çalışma kapsamında, *Physics Education* ile *European Journal of Physics* dergilerinin indekslendiği IOPscience (Institute of Physics) elektronik veri tabanı ve Physics Teacher ile American Journal of Physics dergilerinin indekslendiği AIP (American Institute of Physics) elektronik veri tabanı taranmıştır. Fakat, tarama esnasında, IOPscience veri tabanının arama motorunun düzgün çalışmadığı tespit edilmiştir. Yalnızca makale başlıkları ve özet bölümleri için tarama yapılmasının seçilmesine rağmen, tam metinlerin de tarandığı fark edilmiştir. Bu sebeple, ilgili iki dergi, Scopus elektronik veri tabanı aracılığı ile taranmıştır.

Scopus veri tabanında yapılan taramada, *mobile, phone, tablet, iPad* ve *iPod* kelimeleri kullanılmıştır. Bu veri tabanında, 57 yayın listelenmiş ve tarama şekline dair aşağıdaki bilgi notu verilmiştir.

> (TITLE-ABS- KEY (mobile* OR *phone* OR tablet* OR ipad* OR ipod*) AND ISSN (1361-6552 OR 1361-6404)) AND PUBYEAR > 2004)

Buna göre, yayınların başlıkları, özetleri ve anahtar kelimeleri taranmıştır. Tarama, 1 Ocak 2005 - 1 Mart 2016 tarihleri; 1361-6552 ve 1361-6404 numaralı dergiler ile sınırlandırılmıştır.

AIP veri tabanında yapılan taramada, *mobile, phone, smartphone, tablet, iPad* ve *iPod* kelimeleri kullanılmıştır. Bu veri tabanında 104 yayın listelenmiş ve tarama şekline dair aşağıdaki bilgi notu verilmiştir.

> (Title contains 'mobile OR phone OR phone* OR smartphone OR smartphone* OR tablet OR tablet* OR iPad OR iPad* OR iPod OR iPod*') OR (Abstract contains 'mobile OR phone OR phone* OR smartphone OR smartphone* OR tablet OR tablet* OR iPad OR iPad* OR iPod OR iPod*') AND (Publication contains 'The Physics Teacher' OR 'American Journal of Physics') (Content contains 'Research Publications') published between 2005-01-01 and 2016-03-01

Buna göre, yayınların başlıkları ve özetleri taranmıştır. Tarama, 1 Ocak 2005 - 1 Mart 2016 tarihleri, The Physics Teacher ve American Journal of Physics adlı dergiler ve araştırma yayınları ile sınırlandırılmıştır. İki veri tabanında kullanılan tarama şekilleri, bu veri tabanlarının arama motorlarının çalışma biçimleri farklı olduğu için farklılık göstermektedir.

Arama motoruna girilen tarih ve dergi isimleri gibi yukarıdaki sınırlamalara ek olarak, bu çalışmaya dahil edilecek yayınların, "fiziksel büyüklüklerin mobil cihazlarda gömülü bulunan sensorlarla ölçülmesi ve elde edilen nicel değerlerin sayı,

grafik veya başka bir biçimde okuyucuya sunulması" kriterini sağlaması gerekmekteydi.

İki veri tabanında listelenen tüm yayınlar birleştirilmiş ve ilk aşamada, elde edilen toplam 161 yayının sadece başlıkları ve özetleri incelenmiştir. İncelenen bu yayınlardan, bu çalışmanın kriterlerine kesin olarak uymadığı tespit edilebilenler çalışmadan ihraç edilmiştir. Özeti bulunmayan yayınlar ise, bunların sadece başlığına bakarak hakkında kesin kanaate varmak mümkün olmadığından, ilk aşama sonunda, çalışmaya dahil edilmiştir. İlk eleme aşamasından sonra elde kalan tüm yayınların tam metinleri incelenmiş ve bu inceleme doğrultusunda ikinci eleme gerçekleştirilmiştir. İkinci eleme aşamasından sonra elde kalan tüm yayınlar, bu çalışmanın yayın seçme kriterlerini sağlamaktadır.

Yanıtı aranan sorular doğrultusunda, tüm çalışmalar için, çalışmaların yapıldığı tarih, yazar(lar), kullanılan sensor(lar), ölçülen fiziksel büyüklük(ler) ve eğer mevcutsa hesaplanan fiziksel büyüklük(ler) belirlenmiş ve tablolaştırılmıştır. Bu veri özütleme (data extraction) işlemi, verilerin somut olduğunun ve yoruma açık olmadığının düşünülmesinden dolayı tek araştırmacı tarafından yapılmıştır. Sentez, basit betimsel istatistiklerin de kullanılması ile okuyucuya anlatı şeklinde sunulmuştur.

3.3 Deney

Araştırmanın ikinci alt problemine çözüm bulmak için deney yöntemine başvurulmuştur. Hansson (2015), deney kavramını, bir sonucun veya en azından bu sonucun bir özelliğinin tahmin edilebilmesi için, üzerinde çalışılan bir objenin manipüle edilmesini içeren bir prosedür olarak tanımlamıştır. Deneysel yöntemin, hipotez kurma, model oluşturma, tahminde bulunma, deney tasarlama, veri toplama ve sonuçları analiz etme gibi haddinden fazla basitleştirilmiş süreçler listesine indirgenmesini uygun bulmayan Schiaffonati ve Verdicchio (2014), deney kavramını daha iyi bir biçimde şekillendirmek için tanım yapmak yerine bu kavrama ait özelliklerin belirtilmesinin daha uygun olacağını belirtmişlerdir. Buna göre,

- deneylerde, incelenen olgunun sayısal olarak betimlenmesi için *hassas bir şekilde ölçüm yapılması*;
- deneylerin, sonuçların geçerlilik ve evrenselliğinin denetlenebilmesi için farklı yer ve farklı zamanlarda *tekrarlanabilir* olması;
- deney sonuçlarının, deneyin belirli detaylarından bağımsız olduğunun teyit edilebilmesi için, deneyin diğer bilim insanlarınca *yeniden üretilebilir* olması;
- deneylerin, farklı deneylerin sonuçlarıyla mukayese edilebilir olması için *kıyaslanabilir* olması;
- deneylerin, deneysel verilerin hassaslık ve kesinliği için, *titiz bir dil* ile tarif edilmiş olması;
- deneylerde, insan kabiliyetini geliştirmek için, mümkün ise *ölçme aletlerinin* kullanılması;

gerekir.

Deney yöntemi, rakip iki teoriden bir tanesinde karar kılınması, yeni bir teorinin gerekli olduğunun gösterilmesi, bir teorinin teyit edilmesi, bir teorinin çürütülmesi, bir teorinin matematiksel biçiminin belirlenmesi aşamasında delil sağlanması ve bir deney aparatının düzgün çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi için kullanılabilir (Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2015). Fizik alanında, çoğu kez, hipotezler, matematiksel bir bağıntı şeklinde ortaya çıkar (Wolfs, 2013).

Bu çalışma kapsamında yapılan deneyde kullanılan bağıntı, $y = \frac{1}{2}\, g\, (\frac{X}{V_x})^2$ şeklindedir. Yatay atış hareketi yapan bir cismin hareketine dair teorik bir bağıntı olan bu eşitlikte, g yerçekimi ivmesinin büyüklüğü, x cismin yatayda aldığı yol, v_x yatay atış sürati ve y düşeyde alınan yoldur. Yatayda alınan yol şerit metre ile, yatay atış sürati ise bu çalışma kapsamında geliştirilen Konum isimli mobil uygulamanın kullanılmasıyla ölçüldü ve düşeyde alınan yol için sayısal değerler bulundu. Konum' a dair ayrıntılara, Bulgular ve Yorumlar bölümünün incelenmesiyle ulaşılabilir.

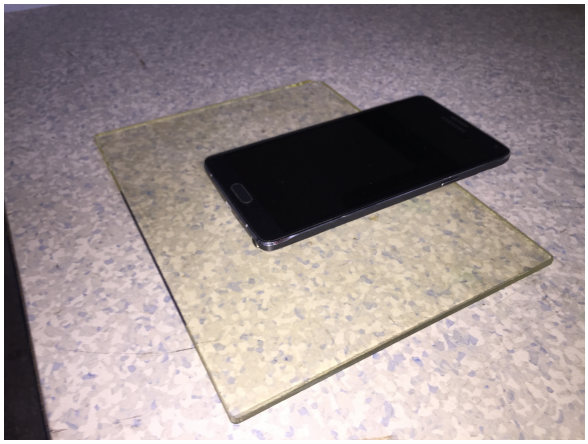
Deneyde, Android 5.1.1 işletim sisteminin yüklü olduğu Samsung Galaxy Note IV isimli akıllı telefona yüklü olan Konum adlı uygulama kullanıldı. Öncelikle,

uygulama, deney boyunca çeşitli ölçümlerin alındığı bir şerit metrenin kullanılmasıyla kalibre edildi. Yatay düzlemde sabitlenmiş olan telefonun ekranında çelik bir bilyenin, elle ilk hareket verilerek yuvarlanması sağlanmış ve bilyenin telefonun üst yüzeyini terk ederek yatay atış hareketi yapması sağlanmıştır. Bilye, telefonun dokunmatik ekranının üstünde yuvarlanırken, çeşitli anlardaki konum değerleri kaydedilmiş ve elde edilen zaman-konum veri çiftlerinin kullanılmasıyla yapılan basit regresyon analizi ile bilyenin telefonun üst yüzeyini terk ettiği andaki sürati tahmin edilmiştir.

Telefon, yatay düzlemde sabit kalabilmesi için, Şekil-2'de gösterilen, eni 16.0cm, boyu 21.0cm ve kalınlığı 0.5cm olan dikdörtgen biçimli bir cam levhaya, kuvvetli bir yapıştırıcının kullanılmasıyla yapıştırılmıştır. Bunun sebebi, telefonun arka yüzeyinin kenarlara yakın kısımlarının eğri olması ve yine arka yüzeyde bulunan kameranın objektifinin kare şeklinde bir çıkıntılığa sebep olmasıdır. Bu işlemden önce, çeşitli telefon koruyucu kılıflar denendi fakat verim alınamadı. Deney, böyle bir sabitleme işlemi olmaksızın da yapılabilirdi fakat olabildiğince iyi sonuçlar elde edebilmek için, telefon, levhaya sabitlenerek bu fizik deneyine adandı.

Şekil-2

Cam levhaya sabitlenmiş telefon



Havadaki yatay atış hareketi incelenecek olan çelik bilyenin kütlesi 65.9g, çapı ise 2.54cm olarak ölçüldü. Bu bilyenin yüzeyi çok sert ve çok pürüzsüzdü. Benzer şekilde, telefonun ekranı da oldukça sert ve çok pürüzsüz olduğundan dolayı, bilyenin, ekranın üzerindeki hareketi boyunca kimi zaman tam yuvarlanma hareketi

yapabileceği kimi zamansa kayma ve yuvarlanma hareketini aynı anda yapabileceği tecrübe edildi. Böyle bir durumun gerçekleşmesi sonucunda, bilyenin ekran üzerindeki hareketi sabit hızlı hareketten sapacaktır. Bu durumun, bilye ve ekran arasındaki yuvarlanma sürtünme katsayısının çok küçük olmasından kaynaklandığı düşünüldü. Bunu durumu düzeltmek için, Şekil-3'te gösterilen malzemeler kullanıldı.

Şekil-3

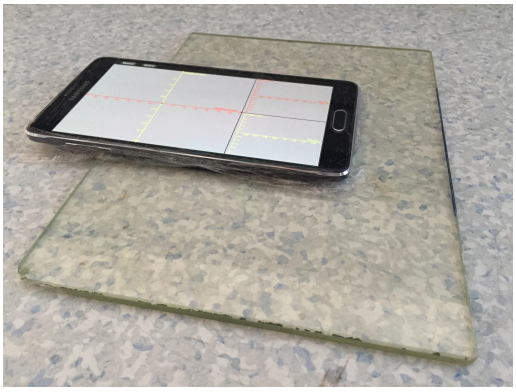
Telefon yüzeyinin streç film ile kaplanması



Telefonun, ekran tarafındaki yüzeyi mutfaklarda kullanılan streç film ile kaplandı. Böylece, ekran ile bilye arasındaki yuvarlanma sürtünme katsayısının arttığı tecrübeyle gözlendi. Streç film ile ekran arasında hapsolan hava kabarcıkları, parmak uçları ile ekranın dışına itildi ve böylece olabildiğince pürüzsüz bir film tabakası elde edildi. Bu işlemin ardından, bir bıçağın ucu çakmak ile ısıtıldı ve filmin ekranın dışına taşan kısımları bıçakla ayrıldı. Bu işlem sonrası deney düzeneğinin bu kısmının durumu Şekil-4'te gösterilmiştir.

Şekil-4

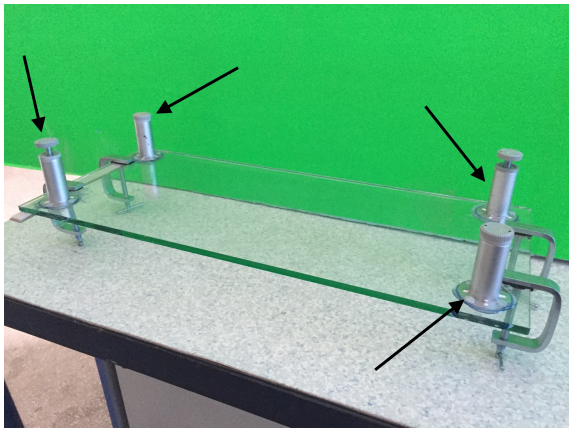
Streç filmle kaplı telefon yüzeyi



Telefonun yatay düzlemde hareket etmeden durabilmesi için arka yüzeyi cam levhaya sabitlendi; fakat, bu camın üzerine koyulacağı yüzey, kusursuz bir şekilde, yatay bir düzlemde bulunmuyor olabilir. Bu durum, telefon yüzeyini terk ettiği anda, bilyenin yatayla yaptığı açının 0 dereceden sapmasına sebep olabilir. Böyle bir durumda, topun havada yaptığı hareket, yatay atış hareketi olmaktan çıkacak ve yerçekimi kuvveti sebebiyle, bilyenin ekran üzerinde sabit hızla yuvarlanması sağlanamayacaktı. Bu duruma engel olmak için bir platformun tasarlanmasına karar verildi. Platformun gövdesini, eni 25.0cm, boyu 60.0cm ve kalınlığı 0.8cm olan bir cam levha oluşturmaktadır. Ayrıca, çapı 2.5cm, en kısa haldeki yüksekliği 7.0cm ve maksimum uzama miktarı 1.5cm olan, boyu değiştirilebilir silindirik 4 mobilya ayağı kullanıldı. Mobilya ayakları, cam levhaya, ayakların dairesel tabanlarının merkezlerinin cam levhanın en yakındaki köşelerine olan uzaklıkları yaklaşık olarak 5cm olacak şekilde, kuvvetli bir yapıştırıcıyla yapıştırıldı. Platformun ters duran hali Şekil-5'te gösterilmiştir. Yapıştırılan mobilya ayakları siyah oklarla gösterilmiştir.

Şekil-5

Ters duran deney platformu



Kalın bir cam levhanın seçilmesinin sebebi, kütlesinin fazla olmasının istenmesinden kaynaklanmaktadır. Mobilya ayağının boyu uzatıldıktan sonra, ayağın gövdesi ile uzayan kısmının birbirlerine göre hareket ettiği tespit edildi. Cam levhanın kütlesinin fazla olmasının istenmesinin sebebi, deney esnasında, platformun kolayca kıpırdamamasının sağlanmasıdır. Buna ek olarak, cam levhanın esnemesi ve dolayısıyla düzlemsel olma özelliğini kaybetmesi de kalın olması sebebiyle zorlaşmıştır. Platformun uzun olmasının sebebi ise, bu platformun ileride tasarlanabilecek eğik düzlem deneylerinde de kullanılabilmesini sağlamaktır. Ayrıca, ahşap değil de cam malzemelerin seçilmesi ile amaçlanan, nem, sıcaklık gibi çevresel faktörler sebebiyle levhaların şekillerini zamanla kaybetmelerinin önüne geçmektir. Ayrıca, cam levhaların kenarlarının kesici olma özelliklerini ortadan kaldırmak için, kenarları zımparalanmıştır.

Şekil-6'da, telefonun yatayda sabitlendiği deney düzeneğinin bir bölümü iki farklı açıdan gösterilmektedir. Cam levhanın kısa kenarlarından birine sabitlenen, kırmızı oklarla gösterilen iki mengene sayesinde, telefonun yapıştırıldığı cam levhanın diğer cam levhanın kısa kenarından dışarı doğru kayması engellenmektedir. Bu olası kayma doğrultusu, yaklaşık olarak, çelik bilyenin ekran üzerindeki hareket doğrultusudur. Yine cam levhanın kaymasına engel olmak için, mavi oklarla gösterilen, aslen kapı takozu olan iki ağır kütle, cam levhanın üstüne şekildeki gibi koyulmuştur. Ardından, telefonun ekranının yatay düzlemde bulunup bulunmadığını anlamak için, bilye ekranın üstüne bırakıldı ve bilyenin yerçekimi etkisiyle ivmelendiği doğrultu dikkate alınarak, platformun ayaklarının uzunlukları ayarlandı. Bu ayarlama işlemi, bilye ekranın üstüne bırakıldığında bilyenin hareket etmediğinin gözlendiği ana kadar devam etti. Ekranın yatayla yaptığı açının 0^o olduğundan emin olmak için, bilyeye, çeşitli yönlerde, parmak ucuyla küçük hızlar verildi ve bilyenin belli bir tarafa yönelme eğiliminin olup olmadığı gözlendi. Bu yöntemle, ince ayar yapılmış oldu.

Şekil-6

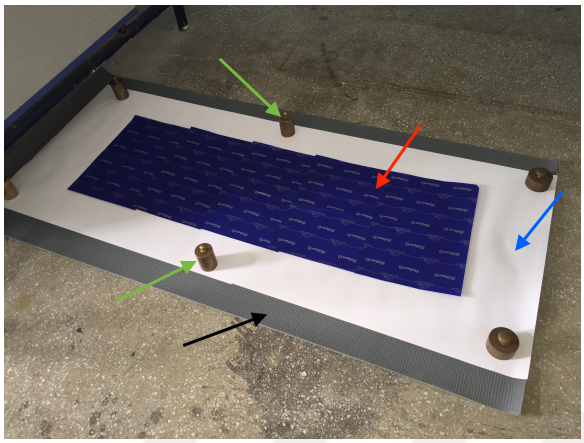
Telefonun yatay düzlemde sabitlenmesi



Bilyenin zemine çarptığı noktanın tespiti için kullanılan malzemeler Şekil-7'de gösterilmektedir. Zemine, ilk önce, takribi kalınlığı 3.5mm olan esnek jimnastik minderi serilmiştir. Bu minder, şekilde siyah ok ile gösterilmiştir. Esnek minder sayesinde, bilyenin kinetik enerjisinin bir kısmı absorbe edilmiş; böylece, bilyenin yüzeyinin zarar görmesi ve minderin sınırlarını aşıp yuvarlanarak kaybolması engellenmiştir. Minderin üstüne, mavi okla gösterilen, olabildiğince büyük, beyaz kağıtlar serildi. Kağıdın kenarlara yakın kısımlarının üstüne, iki tanesi şekildeki yeşil oklarla gösterilen kütleler koyuldu. Kullanılmadan önce, kağıt ve minderler rulo halinde saklandığı için, minder ve kağıtların kıvrılmadan durmasını sağlamak maksadıyla kullanılan bu kütleler, bilyenin çarpma etkisiyle beyaz kağıtları kaydırma ihtimalini de engellemiş oldu. Kırmızı okla gösterilen karbon kağıtları sayesinde, bilye, zemine çarptığı noktada, beyaz kağıdın üstünde mavi bir iz bırakmaktadır. Böylece, bilyenin zemine çarptığı nokta tespit edilmiştir.

Şekil-7

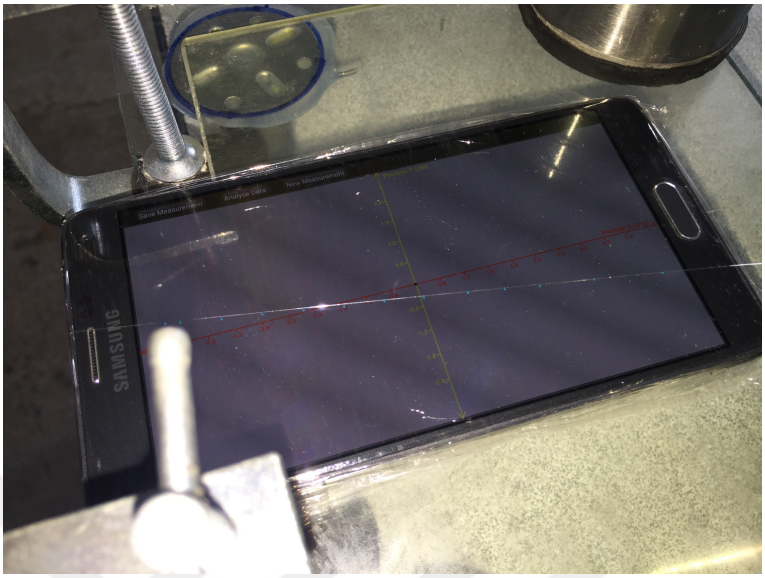
Bilyenin zemine çarptığı noktanın tespiti



Olabildiğince hassas bir şekilde tespit edilmesi gereken bir diğer nokta ise bilyenin yatay atış hareketine başladığı konumun, bir başka ifadeyle, telefonun üst yüzeyini terk ettiği konumun yatay bileşenidir. Bilye, havadaki yatay atış hareketine başlamadan önce telefonun üst yüzeyinde yuvarlanmakta ve ekranda, Şekil-8'de gösterildiği gibi nokta biçiminde izler bırakmaktadır. Yassı bir makaraya sarılı ince bir misinanın ucu, bir kanca vidaya bağlanmıştır. Makara, cam platform üzerindeki uygun bir noktaya, üzerine bir kütle koyularak sabitlenmiştir. Şekil-8'de gösterildiği gibi, misinanın makaraya sarılı olmayan kısmının, bilyenin bıraktığı izlerin üzerinden geçmesi sağlanmıştır. Misinanın ucuna bağlı kanca vida ise, zemine çok yakın bir yükseklikte, havada asılı durmaktadır. Bu haliyle, misinanın, bilyenin yatay atış hareketine başladığı nokta ile kanca vidaya bağlı olduğu nokta arasındaki kısmı düşey doğrultuda uzanmaktadır. Bu sebeple, kanca vidanın ucu, beyaz kağıt üzerinde bulunan ve bilyenin yatay atış hareketine başladığı konumun yatay bileşeni olan noktayı işaret etmektedir.

Şekil-8

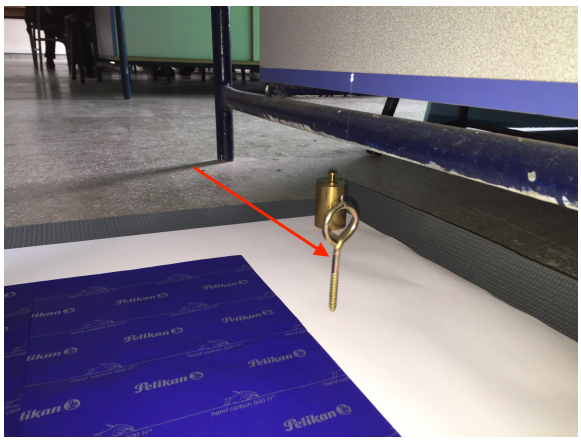
Misinanın bilyenin bıraktığı izlerin üstünden geçmesi



Havada asılı duran kanca vida, Şekil-9'daki kırmızı okla gösterilmiştir.

Şekil-9

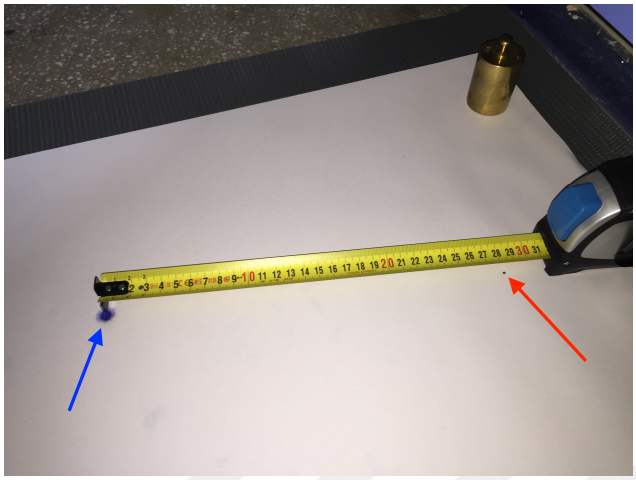
Havada asılı duran kanca vida



Beyaz kağıt üzerinde kanca vidanın işaret ettiği nokta, bir kurşun kalemle işaretlenmiştir. Şekil-10'daki mavi ok, bilyenin kağıtta bıraktığı izi, kırmızı ok ise kurşun kalemle işaretlenen noktayı göstermektedir. Bilyenin, havadayken yatayda aldığı yol, bu iki nokta arasındaki mesafenin bir şerit metreyle ölçülmesiyle belirlenebilir.

Şekil-10

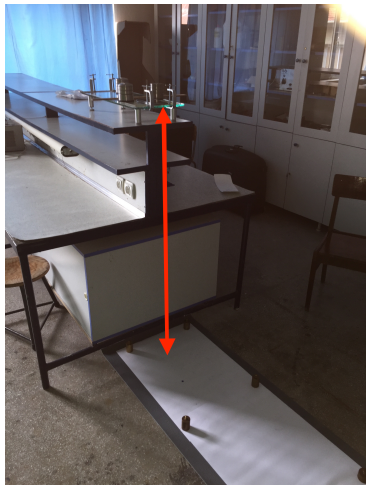
Yatayda alınan mesafenin ölçülmesi



Bu ölçümden sonra, bilyenin, hem yatayda aldığı yol hem de, Konum sayesinde, atış hızı bilinmektedir. Çalışmanın bu kısmının başında verilen matematiksel bağıntının kullanılmasıyla, bilyenin düşeyde aldığı yol hesaplanabilir. Düşeyde alınan yol, Şekil-11'de gösterilmektedir.

Şekil-11

Hesaplanan yükseklik



BÖLÜM IV

BULGULAR VE YORUMLAR

4.1 Sistematik Tarama Bulguları ve Geliştirilen Uygulama

İki elektronik veri tabanının listelediği yayınlar birleştirildiğinde, toplam 161 yayın elde edilmiştir. Bu yayınların başlık ve özetleri incelenmiş ve 49 tane yayında, bu çalışmada yapılan tanım kapsamında herhangi bir mobil cihazın kullanılmadığı belirlenmiştir. Yayınlardan 3 tanesinde ise bir mobil cihazdan bahsedilmesine rağmen, bu yayınların bu araştırmayla kesin olarak ilgisiz olduğu tespit edilebilmiş ve bunlar hariç bırakılmıştır. Yayınlardan 21 tanesi ise özetleri bulunmadığı için elemeye tabi tutulmamıştır. Sonuç olarak, tam metin taraması için toplam 109 yayın kalmıştır.

Kalan 109 yayının tam metinleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda, yayınlardan 5 tanesi herhangi bir mobil cihaz içermediği için; 27 tanesi gömülü bir sensorla ölçüm alınmadığı için; 4 tanesi ölçüm sonuçları nicel olarak verilmediği için; 7 tanesi web sitesi, mobil uygulama ve benzeri şeylere dair inceleme yazısı (review) olduğu için; 6 tanesi yapılan bir başka çalışmayla ilgili yorum olduğu için; bir tanesi, literatürde yapılan bir yorum göz önünde bulundurulduğunda, yapılan deney problemli olduğu için ihraç edilmiştir. İki yayın ise, bir tanesi, aynı yazarlar tarafından yapılmış ve bu çalışmaya dahil edilmiş bir başka deneyin bir parçası olduğu için; bir tanesi, deneyde, telefona takılabilen ticari bir parçaya gerek duyulduğu için ihraç edilmiştir. Sonuç olarak, toplam 57 yayın kalmıştır. Bu yayınlar Tablo-2'de yayın yıllarına göre sıralanmıştır. Çalışmaya dahil edilen bu 57 yayın, "fiziksel büyüklüklerin mobil cihazlarda gömülü bulunan sensorlarla ölçülmesi ve

elde edilen nicel değerlerin sayı, grafik veya başka bir biçimde okuyucuya sunulması" kriterini sağlamaktadır.

Tablo-2

Çalışmaya dahil edilen yayınlar

Makale No	Kullanılan Sensor	Ölçülen Büyüklük	Hesaplanan Büyüklük	Yıl	Yazar
1	kamera	konum	eğik atış için i) atış açısı ii) atış sürati	2009	Falcão Jr ve diğer.
2	kamera	konum	hız	2011	da Rocha ve diğer.
3	akselerometre ve jiroskop	ivme ve açısal sürat	sarkaç hareketi için i) periyot ii) açısal yerdeğiştirme iii) birleşik hareket için yataydaki toplam açısal hız	2011	Pendrill & Rohlén
4	akselerometre	ivme	i) periyot ii) yay sabiti	2012	Kuhn & Vogt
5	akselerometre	ivme	bir basit sarkacın periyodu	2012	Vogt & Kuhn
6	manyetometre	manyetik alan şiddeti	manyetik alan ile bobinlerin sarım sayısı arasındaki ilişki	2012	Silva
7	kamera	konum	karakteristik zamanın i) özdirence ii) levhanın kalınlığına iii) mıknatıs ile iletken levha arasındaki mesafeye bağlılığı	2012	Tomasel & Marconi
8	akselerometre	ivme	---	2012	Nadji
9	akselerometre	ivme	i) serbest düşme süresi ii) yerçekimi ivmesi	2012	Vogt & Kuhn
10	kamera	saçak	ışınımın dalga	2012	Kuhn & Vogt

		aralığı	boyu		
11	jiroskop	açısal hız	açısal momentumun korunumu	2013	Shakur & Sinatra
12	mikrofon	?	gazlarda ses hızı	2013	Parolin & Pezzi
13	kamera	konum	---	2013	Hechter
14	akselerometre	ivme	basit harmonik salınım için i) periyot ii) yay sabiti sönümlü harmonik salınım için iii) açısal hız iv) gevşeme süresi	2013	Castro-Palacio ve diğer.
15	GPS alıcısı	dünya üzerindeki konum	sürat	2013	Gabriel & Backhaus
16	akselerometre	ivme	---	2013	Vogt & Kuhn
17	mikrofon	ton frekansı	---	2013	Kuhn & Vogt
18	akselerometre	ivme	impuls	2013	Streepey
19	ışık sensoru	ışık şiddeti	basit harmonik harekette i) frekans ii) periyot iii) yay sabiti sönümlü titreşim hareketinde iv) frekans v) sönüm katsayısı vi) sönüm süresi vii) yay sabiti	2013	Sans ve diğer.
20	akselerometre	ivme	basit sarkacın periyodu	2013	Briggle
21	akselerometre	ivme	i) çiftlenmiş salınımın periyodu ii) yay sabiti	2013	Castro-Palacio ve diğer.
22	akselerometre	ivme	---	2014	Tornaría, Monteiro & Marti
23	akselerometre	ivme	i) dönme hareketinin periyodu ii) merkezcil ivme ile yarıçap	2014	Kuhn ve diğer.

			arasındaki ilişki		
24	mikrofon	voltaj sinyali	cisimlerin ortalama hızı	2014	Vogt, Kuhn & Neuschwander
25	Akselerometre ve jiroskop	ivme ve açısal hız	merkezcil ivme ile açısal hız arasındaki ilişki	2014	Monteiro ve diğer.
26	mikrofon	voltaj sinyali	i) vuru frekansı ii) algılanan ton frekansı	2014	Kuhn, Vogt & Hirth
27	akselerometre	g-kuvveti	Normal kuvvet	2014	Vieyra & Vieyra
28	akselerometre	ivme	hız	2014	Vogt & Kuhn
29	akselerometre	ivme	bir asansör kabininin halat uzunluğu ile titreşim frekansı arasındaki ilişki	2014	Kuhn, Vogt & Müller
30	mikrofon	ses basıncı ve frekans	ses hızı	2014	Klein ve diğer.
	ışık sensoru	ışık akı yoğunluğu	bir ışık kaynağının ışık akı yoğunluğunun mesafeye bağlılığı		
31	mikrofon	ses frekansı	bir boyutta hareket eden bir cismin i) hızı ii) ivmesi titreşim hareketinin iii) periyodu iv) sönümlü frekansı	2014	Gómez-Tejedor, Castro-Palacio & Monsoriu
32	kamera	konum	i) eğik atışta hız ii) yerçekimi ivmesi	2014	Klein ve diğer.
33	kamera	radyoaktif bozunma	β^- spektrumunun maksimum kinetik enerjisi	2014	Gröber, Molz & Kuhn
34	akselerometre ve jiroskop	ivme ve açısal hız	i) açısal yer değiştirme ii) kinetik enerji iii) bir fiziksel sarkacın potansiyel enerji değişimi	2014	Monteiro, Cabeza & Martí

35	manyetometre	manyetik alan şiddeti	i) bir bobin için manyetik alanın akıma bağlılığı ii) bir bobin ve bir mıknatıs için manyetik alanın mesafeye bağlılığı iii) havanın manyetik geçirgenliği	2014	Lara ve diğer.
36	akselerometre	ivme	i) merkezcil ivmenin yarıçapa bağlılığı ii) dönme hareketi yapan bir diskin periyodu	2014	Hochberg ve diğer.
37	jiroskop	açısal hız	i) açısal ivme ii) eylemsizlik momenti	2015	Patrinopoulos & Kefalis
38	mikrofon	ses frekansı ve ses şiddeti	Hum frekansı ile çan yarıçapı arasındaki ilişki	2015	Vogt, Kasper & Burde
39	akselerometre	ivme	Atwood aletinde kütle	2015	Monteiro ve diğer.
40	mikrofon	voltaj sinyali	i) ses frekansı ii) bir sıvıdaki gaz kabarcıklarının yarıçapı	2015	Müller ve diğer.
41	akselerometre	ivme	i) hız ii) yerdeğiştirme	2015	Kinser
42	mikrofon	ses frekansı ve ses şiddeti	ses hızı	2015	Monteiro ve diğer.
43	akselerometre	ivme	i) yay sabiti ii) yuvarlanma direnci için katsayı	2015	Egri & Szabó
44	ışık sensoru	ışık akısı	model gezegenlerin yarıçapı	2015	Barrera-Garrido
45	mikrofon	ses frekansı ve ses şiddeti	ses hızı	2015	Hirth, Kuhn & Müller
46	mikrofon	voltaj sinyali	i) ses hızı ii) tüp uzunluğu	2015	Kasper, Vogt & Strohmeyer
47	manyetometre	manyetik	mıknatısların	2015	Arribas ve

		alan şiddeti	i) manyetik alanlarının mesafeye bağlılığı ii) manyetik momenti		diğer.
48	kamera	dalgaboyu	bir sıvının yüzey gerilim katsayısı	2015	Wei ve diğer.
49	mikrofon	voltaj sinyali	ses hızı	2015	Parolin & Pezzi
50	mikrofon	ses şiddeti	ses hızı	2015	Yavuz
51	klinometre	güneşin açısı	güneşin güneş paneline göre açısı ile üretilen akım miktarı arasındaki ilişki	2015	Igoe & Parisi
52	akselerometre	ivme	yaya sabitlenmiş bir kütlenin salınım periyodu	2015	Tuset-Sanchis ve diğer.
53	mikrofon	ses basıncı, frekans ve voltaj sinyali	metal çubuk için i) rezonans frekansı ii) ses hızı	2016	Hirth ve diğer.
54	basınç sensoru	basınç	i) tren hızı ii) tünel uzunluğu	2016	Müller, Hirth & Kuhn
55	mikrofon	ses şiddeti	ses hızı	2016	Yavuz & Temiz
56	manyetometre	manyetik alan şiddeti	i) bir cismin ivmesi ii) yerçekimi ivmesi	2016	Temiz & Yavuz
57	kamera	ışık şiddeti ve konum	i) emisyon pik konumu ii) çizgi genişliği	2016	Onorato, Malgieri & De Ambrosis

İncelenen toplam 57 yayın bulunmaktadır; fakat, 30 numaralı yayın iki farklı deneyi ihtiva ettiği için toplam deney sayısı 58 olarak alınacaktır. Bu yayında, mikrofon ve ışık sensoru olmak üzere iki sensor bulunmaktadır ve bu sensorların bir tanesi bir deneyde, diğeri tamamen farklı bir başka deneyde kullanılmıştır. Birden fazla sensorun kullanıldığı ama tek bir deney içerdiği kabul edilmiş başka yayınlar da bulunmaktadır fakat 30 numaralı yayındaki iki deney birbirinden tamamen farklıdır. Deneyler incelendiğinde, 58 deneyden 3 tanesinde (%5.2) iki sensor, 55 tanesinde (%94.8) bir sensorun kullanıldığı tespit edilmiştir. Üç deneyde birlikte kullanılan

sensorlar akselerometre ve jiroskoptur. Tablo-3'te deneylerde kullanılan sensorlar verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, en çok kullanılan sensorların, sırasıyla, akselerometre, mikrofon ve kamera olduğu görülmektedir. Akselerometre, neredeyse, her 10 deneyden 4'ünde kullanılmıştır. Ayrıca, klinometrenin yapay bir sensor olduğu, bir başka ifadeyle, birden fazla başka sensorlardan gelen verilerin birlikte yorumlanması ile veri sağladığı düşünülmektedir.

Tablo-3

Deneylerde kullanılan sensorlar

Sensor	Kullanıldığı Deney Sayısı	Toplam Deney Sayısına Oranı (%)
akselerometre	22	37.9
mikrofon	15	25.9
kamera	9	15.5
jiroskop	5	8.62
manyetometre	4	6.90
ışık sensoru	3	5.17
GPS alıcısı	1	1.72
basınç sensoru	1	1.72
klinometre	1	1.72

Tablo-4'te, deneylerde ölçülen fiziksel büyüklükler gösterilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, en çok ölçülen fiziksel büyüklüğün ivme olduğu görülmektedir. İvmeden sonra, en çok ölçülen fiziksel büyüklükler konum ve ses-ton frekansıdır. Bu sonuç, Tablo-3'teki sonuçlarla uyumludur; çünkü tüm ivme ölçümleri akselerometre ile, biri hariç tüm konum ölçümleri kamera ile ve tüm ses-ton frekansı ölçümleri mikrofonla yapılmıştır.

Tablo-4

Deneylerde ölçülen fiziksel büyüklükler

Ölçülen Büyüklükler	Ölçülen deney sayısı	Toplam Deney Sayısına Oranı (%)
ivme	21	36.2
konum	7	12.1

ses-ton frekansı	7	12.1
voltaj sinyali (ses)	6	10.3
açısal hız-sürat	5	8.62
ses şiddeti	5	8.62
manyetik alan şiddeti	4	6.90
ışık şiddeti	2	3.45
ses basıncı	2	3.45
saçak aralığı	1	1.72
g-kuvveti	1	1.72
basınç	1	1.72
açı	1	1.72
dalgaboyu	1	1.72
ışık akı yoğunluğu	1	1.72
ışık akısı	1	1.72
sayım (radyoaktivite)	1	1.72

Hesaplanan fiziksel büyüklüklerin çok fazla çeşitlilik göstermesinden dolayı, bu büyüklüklere dair nicel betimleyiciler hesaplanmamış ve sonuçlar, Tablo-2'deki haliyle, okuyucuya bırakılmıştır. Tablo-3'teki sensorlar incelendiğinde, tüm yeni nesil mobil cihazlarda bulunan ve modern bir toplumda yaşayan herkesin yakından tanıdığı bir sensorun hiç kullanılmadığı belirlenmiştir. Bu sensor, dokunmatik ekrandır (touchscreen).

Dokunmatik ekran, ekranda tanımlanan bir referans noktasına göre, ekran üzerinde elle dokunulan noktanın konumunu vermektedir. Farklı dokunmatik ekran türlerinin, farklı prensiplere dayanarak çalıştığı göz önünde bulundurulunca, bazı ekranlar yardımıyla ekrana değen, el dışındaki, hareket halindeki bazı cisimlerin konumunu belirlemek de mümkün olabilir. Yukarıda, tüm konum ölçümlerinin, bir tanesi hariç, kamera ile yapıldığı belirtilmişti. Bir ölçüm ise, GPS alıcısı ile yapılmıştır fakat bu yolla yapılan ölçümlerde hata payı 10 metreyi bulabilmektedir ve GPS alıcısının kullanılabilmesi için uzun mesafeler boyunca hareket edilmesi gerekmektedir; bu sensor aracılığı ile, kısa mesafelerde, hassasiyetle ölçüm alınamaz.

Dolayısıyla, dokunmatik ekran, konum ölçümü için, kamera sensorunun alternatifi olabilir. Bu çalışmayla, fizik deneylerinde kullanımına daha önce hiç rastlanmamış olan dokunmatik ekran, yeni bir sensor olarak, fizik eğitimi ve belki fizik alanına kazandırılabilir.

Konum ölçümünün yapıldığı deneyler (deney numarası: 1, 2, 32) Tablo-2 aracılığı ile incelendiğinde, ivme, hız ve hareket doğrultusu gibi değişkenlerin hesaplanan değişkenler arasında oldukları görülmüştür. Benzer şekilde, dokunmatik ekran aracılığı ile, konum ölçümü dışında, insan elinin veya bir cismin yaptığı harekete dair hız, ivme, hareket doğrultusu gibi nicelikler hesaplanabilir. Sonuç olarak, "Bu çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan mobil uygulamanın, fizik eğitimi alanına katkı sağlayabilmesi için sahip olabileceği özellikler neler olabilir?" sorusuna verilen cevap, "geliştirilen uygulama aracılığı ile

- mobil cihazlardaki dokunmatik ekranın, el ve/veya başka bir cismin hareketine dair konum tespiti için kullanılması;
- konum tespitine müteakip, hız, ivme, hareket doğrultusu gibi değişkenlerin kolaylıkla hesaplanabilmesi"

şeklindedir.

Yukarıda bahsi geçen özelliklere sahip olan, Android işletim sistemini kullanan mobil cihazlarda çalışabilecek bir uygulama araştırmacı tarafından geliştirildi ve uygulamaya "Konum" adı verildi. Uygulamanın geliştirilmesine, Android Studio 1.2.2 programının kullanılmasıyla başlandı ve geliştirme sürecinde Android Studio için güncellemeler piyasaya sürüldükçe daha üst sürümlere geçiş yapıldı. Tezin yazıldığı an itibariyle, minimum uygulama geliştirme arayüzü (UGA) için 16. sürüm ve hedef UGA için 23. sürüm uygun görüldü. Bahsi geçen zaman zarfında, seçilen UGA aralığına bağlı olarak, uygulamanın, dünya çapında piyasada bulunan telefonların %94.8'inde çalışacağına dair bilgi notu Android Studio aracılığı ile elde edildi. Bir başka ifadeyle, Konum, Android 4.1 (Jelly Bean) ve üst versiyonların yüklü bulunduğu akıllı telefon ve tabletlerde çalışmaktadır.

Konum, Java programlama dili ve XML biçimleme dili ile yazıldı. Android Studio ile sunulan standart kütüphanelerin dışında, istatistiksel hesaplamalarda kullanılmak üzere Apache Commons Mathematics kütüphanesinden yararlanıldı. Geliştirme aşamasında, araştırmacı tarafından, 71 özel (custom) Java sınıfı ve 43 XML dokümanı yazıldı. Konum, otomatik olarak, dil ayarı Türkçe olan mobil cihazlarda Türkçeyi, dil ayarı Türkçe olmayan cihazlarda ise İngilizceyi kullanmaktadır. Örnek kodlar ekte verilmiştir.

Konum' un ölçüm ekranının yaklaşık üçte ikisi, ekrana dokunan nesnelerin konumlarını algılamak için ayrılmıştır. Bu alan, Şekil-12' de görüldüğü üzere, "Ölç" düğmesine basıldıktan sonra, yeşil bir dikdörtgen ile işaretlenmektedir. Geriye kalan alan ise, algılanan yatay ve düşey konumların zamana göre grafiğini göstermek için ayrılmıştır. İhtiyaca göre, "Seçenekler" düğmesine basılarak, konum zaman grafikleri ekrandan kaldırılabilir ve ekranın neredeyse tamamı konum tespitine ayrılabilir. Kullanıcı, seçenekler menüsüne girerek, başka tercihlerde de bulunabilir. Menüde gösterilen tercihlerden ilki boyuttur. Kullanıcı, algılanan konumu iki boyutta tespit etmek yerine, konumun sadece düşey veya sadece yatay bileşenine dair verileri toplayabilir. Seçenekler menüsünün ikinci kısmı ise, konum-zaman grafiğinin/grafiklerinin zaman ekseninin ölçeklendirilmesine dair tercihleri içermektedir. Menünün üçüncü kısmında, orijinin konumuna dair tercihler sunulmaktadır. Şekil-12'deki ekranda orijin merkezde bulunmaktadır. Son kısımda ise elde edilen konum verilerinin birimi seçilebilir. Eğer daha önce hiç kalibrasyon yapılmadıysa, konum zorunlu olarak piksel biriminde sunulur. Aksi durumda, santimetre veya inç de seçilebilir.

Şekil-12

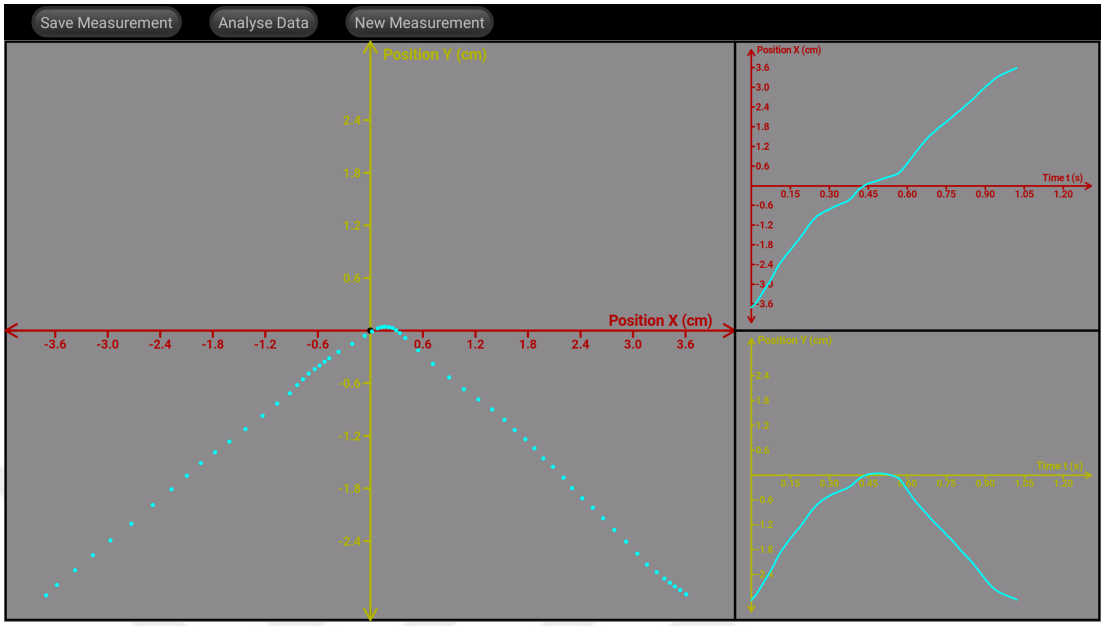
Konum tespiti için hazır durumundaki ölçüm ekranı



Konum' un ölçüm ekranı konum tespiti için hazır beklerken, yeşil dikdörtgen ile çevrelenmiş bölgede ilk konum tespiti yapıldığı an (ilk dokunuş anı), otomatik olarak, t = 0s olarak alınmakta ve zaman akmaya başlamaktadır. Bu andan itibaren, konum tespitinin yapıldığı noktalar ve bu noktaların konumlarının ölçülmesiyle elde edilen konum-zaman grafikleri gerçek zamanlı olarak (in real time) ekrana yansımaktadır. Bu özelliği ile Konum, "artırılmış gerçeklik" (augmented reality) şemsiyesinin altında bulunmaktadır. Konum' da, çoklu dokunmatik ekran (multi-touch) teknolojisi de kullanılmaktadır: Aynı anda 3 farklı cismin konumu tespit edilebilir. Böylece, hareket halindeki ve birbiriyle etkileşebilecek üç farklı cismin konum ve zaman verileri, cisimlerin özelliklerine bağlı bazı durumlarda, elde edilebilir. Son cisim yeşil dikdörtgen ile çevrelenmiş konum algılama bölgesini terk ettiği anda, otomatik olarak, zaman durur ve konum algılama işlemi sona erer. Şekil-13' de, konum tespiti bittikten sonra, ölçme ekranının tipik durumu örnek olarak gösterilmiştir.

Şekil-13

Konum tespiti sona erdikten sonra ölçüm ekranı



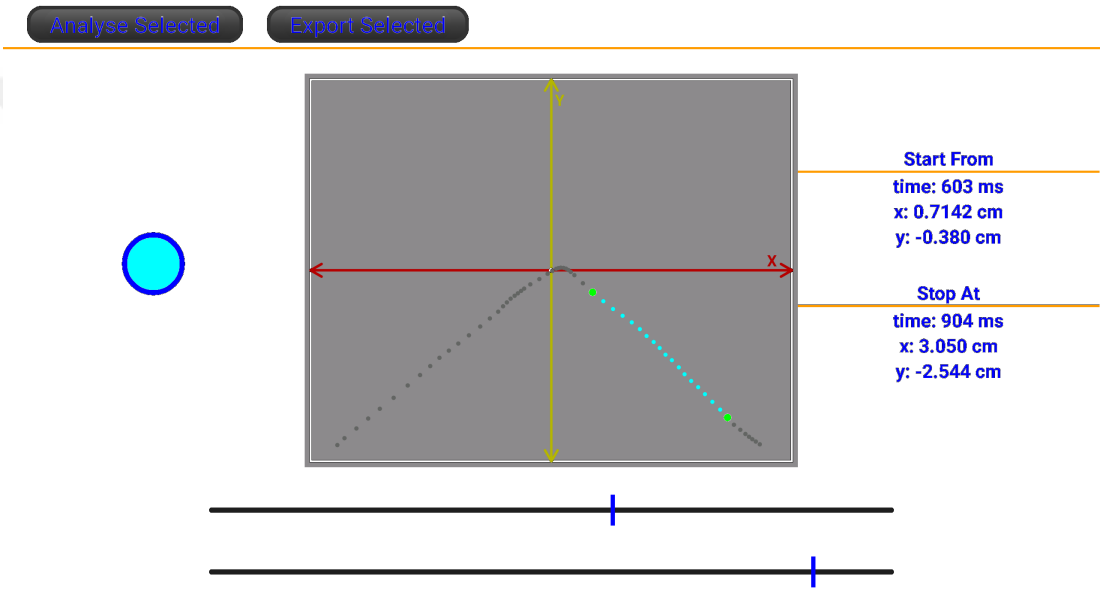
Ölçüm bittikten sonra, kullanıcıya üç seçenek sunulmaktadır. Eğer kullanıcı yaptığı son ölçümden daha fazla yararlanmak istemezse, "Yeni Ölçüm" düğmesine basarak ölçüm ekranının başlangıçtaki haline dönmesini sağlayabilir ve bu durumda son alınan ölçümler silinir. "Verileri İncele" düğmesine basarsa, Şekil-14' de gösterilen ekrana yönlendirilir. Bu iki düğmeden bir tanesine basmadan önce, "Verileri Kaydet" düğmesine basılırsa, alınan ölçüm, mobil cihazın hafızasına kaydedilir. Şekil-14'deki ekran görüntüsünün renkleri GIMP paket programıyla değiştirilmiş ve bunun sonucunda görüntü kalitesi bozulmuştur. Bu değişikliğin sebebi, gerçekte, arka plan renginin siyah olması ve resmin bu orijinal halinin kağıda basılmasının toner israfına neden olacak olmasıdır. Aynı renk değişikliği, bundan sonra verilecek olan, uygulama ekranına ait diğer şekillerde de yapılmıştır.

Şekil-14'de gösterilen iki kaydırıcının kullanılmasıyla, verilerin istenen bölümleri seçilebilir ve istenmeyen bölümleri hariç bırakılabilir. Bu işlemin ardından, "Seçileni İncele" düğmesine basılırsa, seçilen veriler regresyon analizine tabi tutulabilir. Eğer kullanıcı, Konum' da sunulan basit ve kuadratik regresyon

analizlerinden daha karmaşık başka analizler yapmayı isterse, “Seçileni Gönder” düğmesine basabilir. Bu düğmeye basılınca, kullanıcı, telefonda yüklü bulunan bir elektronik posta uygulamasına yönlendirilir ve postanın metin kısmına seçilen veriler otomatik olarak yazılır. Bu yolla, veriler dışarıya aktarılmış olur.

Şekil-14

Deneysel verilerin ayıklandığı ekran



Şekil-15’de, “Seçileni İncele” düğmesine basıldıktan sonra kullanıcının yönlendirildiği sayfanın üst bölümü gösterilmektedir. Bu bölümde, zaman ve konum verilerinden oluşan tablo bulunmaktadır. Aynı sayfa yukarı doğru kaydırılırsa, Şekil-16 ve Şekil-17’de gösterilen bölümlere ulaşılabilir. Bu örnekte, kuadratik regresyon analizi yapılmıştır. Kullanıcı, yaptığı deneyin doğasına bağlı olarak, basit regresyon analizi yapmayı da seçebilir.

Şekil-15

Toplanan verilerin bulunduğu tablo

SAVE ANALYSIS

X

Position - Time	
Time t (s)	Position x (m)
0.603	0.007142
0.620	0.008997
0.636	0.01068
0.653	0.01234
0.670	0.01392
0.686	0.01532
0.703	0.01648
0.720	0.01771
0.737	0.01875

Position - Time	
Time t (s)	Position x (m)
0.753	0.01976
0.770	0.02086
0.787	0.02206
0.803	0.02305
0.820	0.02421
0.837	0.02541
0.854	0.02658
0.870	0.02787
0.887	0.02922
0.904	0.03050

Şekil-16

Kuadratik regresyon analizi ile elde edilen sonuçlar

SAVE ANALYSIS

Regression Equation:
x = a + b*t + c*t^2

Coefficient	Estimate	StdDev	t	p
a	-0.0613919	0.0067627	-9.078	0.0000
b	0.1422091	0.0181375	7.841	0.0000
c	-0.0455272	0.0120196	-3.788	0.0016

s = 0.0003910 R-sq = 99.718% R-sq(adj) = 99.683%

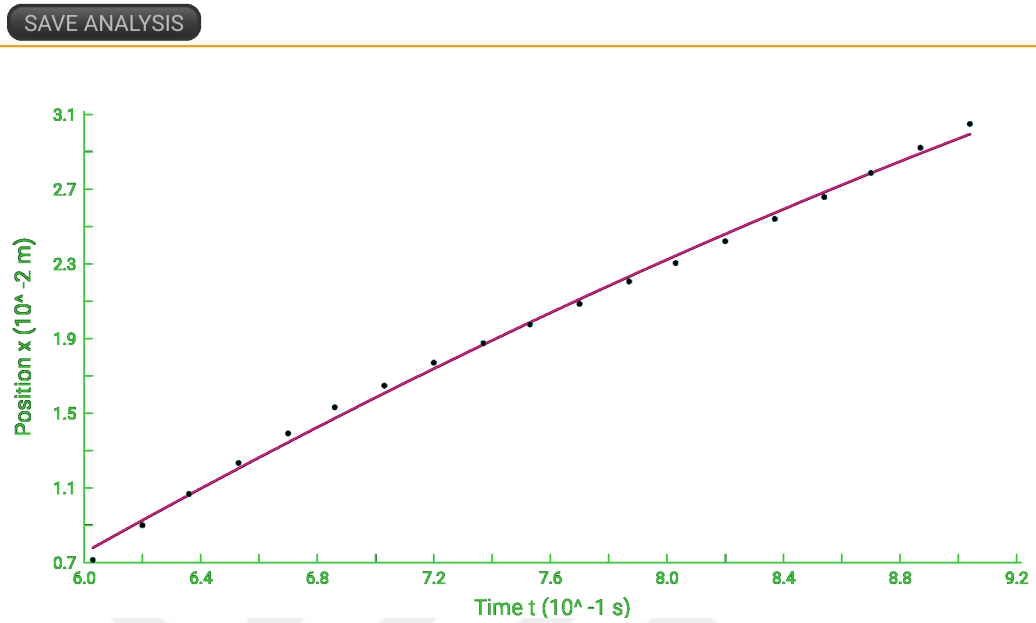
Analysis of Variance:

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	0.0008650	0.0004325	2828.591	0.0000
Error	16	0.0000024	0.0000002		
Total	18	0.0008674			

3.1

Şekil-17

Regresyon analizi ile elde edilen grafik ve deneysel veriler



4.2 Fizik Deneyi ile Ulaşılan Bulgular

Bu kısımda Konum ile elde edilen deneysel değerler sunulacak ve bulgular paylaşılacak. Yöntem kısmında tarif edildiği şekilde, bilinmeyen bir yükseklikten başlayan yatay atış hareketine dair 10 ölçüm alındı.. Deneyin on defa tekrarlanmasının sebebi, elde edilen sonucun standart hatasını düşürmekti. Standart hatanın hesaplanması için kullanılan formülde,

$$s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N} (y_i - \bar{y})^2}$$

N ölçüm sayısını, x_i i. ölçümde elde edilen değeri ve $\bar{x}$ elde edilen değerlerin ortalamasını temsil etmektedir. Burada, rastlantısal hatalardan kaynaklanan deneysel belirsizliğin tahmini için standart hata kullanılmaktadır.

Atış süratleri, Konum ile toplanan deneysel değerlerin, yine Konum' da bulunan basit regresyon analizi fonksiyonu ile analiz edilmesiyle elde edilmiştir.

Örneğin, deneysel verilerin kullanılmasıyla, bilyenin ekran üzerindeki hareketinin x bileşenine dair x = a + bt denklemi kullanılmakta ve Konum a ile b katsayıları için sayısal değerler vermektedir. Burada, a ile bilyenin ilk konumunun x bileşeni ve b ile bilyenin hızının x bileşeninin büyüklüğü tahmin edilmektedir. Aynı hesaplamalar, y bileşenleri için de yapılmış; dolayısıyla, toplamda 20 basit regresyon analizi Konum ile yapılmıştır. Analiz esnasında, dokunmatik ekran ile elde edilen ilk birkaç ve son birkaç konum değerinin, diğer verilerin oluşturduğu trendden saptığı ve bu verilerin ihraç edilmesiyle analize ait R^2 değerlerinin arttığı Konum' un aracılığı ile gözlenmiştir. Bu iyileşme, hem deneysel değerlerin hem de elde edilen fonksiyonun birlikte yer aldığı, Konum aracılığı ile çizilen konum-zaman grafiğinin incelenmesiyle de fark edildi. Düzenli olarak tüm ölçümlerde gözlenen bu durum, dokunmatik ekranın, ekranın kenarlarına yakın bölgelerde verdiği konum değerlerinin, gerçek değerden sapma miktarının nispeten daha fazla olabileceği ihtimalini güçlendirdi. Bahsi geçen veriler ihraç edildikten sonra, 20 regresyon analizinden 18 tanesi için hesaplanan R^2 değeri 0.999'dan büyük çıktı. Bir analizde 0.99855 değeri ve diğerinde ise 0.99069 değeri elde edildi. Bir değerine çok yakın olan bu değerler, regresyon sonucu elde edilen matematiksel fonksiyon ile deneysel değerlerin çok uyumlu olduğunu göstermektedir.

Bahsi geçen yirmi veri kümesi için kuadratik regresyon analizi de yapıldı. Bir başka ifadeyle, örneğin, bilyenin hareketinin, $x = a + bt + ct^2$ fonksiyonu ile ifade edilip edilemeyeceği denendi. Tümü x bileşenleri için, burada a ilk konumu, b ilk hızı temsil etmektedir ve c bilyenin ivmesinin büyüklüğünün iki katına eşittir. Konum' un verdiği, c çarpanının manidarlığının göstergesi olan p değerlerinin tümü $\alpha = 0.05$ değerinden fazlasıyla yüksek çıktı. Bu durum ve elde edilen R^2 değerleri göstermektedir ki bilyenin telefonun üst yüzeyinde yaptığı öteleme hareketinin sabit hızlı hareket olduğu yani bilyenin ivmesinin sıfıra eşit olduğu varsayılabilir.

Tablo-5'te, on deneye ait, ölçülen ve hesaplanan değerler verilmiştir. Burada, V_x ve V_y değerleri bilyenin süratinin bileşenleridir ve Konum' da bulunan basit regresyon analizi fonksiyonunun kullanılmasıyla elde edilmiştir. Yatay atış sürati, V_0 , $\sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ formülünün kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Bilyenin yatayda aldığı

mesafe, x, şerit metreyle ölçmüş ve yerçekimi ivmesinin de, g = 9.81m/s^2, kullanılmasıyla bilyenin düşeyde aldığı yol, y, hesaplanmıştır. On deneyin sonucunda bulunan y değerlerinin her biri için, daha sonra bu değerlerin ortalaması inceleneceğinden, belirsizlik hesabı yapılmamıştır. Düşeyde alınan yol, bir kere de şerit metreyle ölçülmüş ve y = (1.0060 ± 0.0005)m değeri elde edilmiştir. Tablonun son sütununda bulunan yüzde fark, deneyle hesaplanan düşeyde alınan yol ile şerit metreyle ölçülen düşeyde alınan yol arasındaki farkın mutlak değerinin, bu iki alınan yolun ortalamasına bölümünü ile hesaplanmıştır. Sekizinci deney hariç tüm deneyler için bulunan yüzde fark, %1.0 değerinin altındadır.

Tablo-5

Deneysel ve Hesaplanan Veriler

Deney No	V_x (m/s)	V_y (m/s)	V_o (m/s)	x (m)	y (m)	Yüzde fark (%)
1	0.4867	0.1315	0.5042	0.2300	1.021	0.37
2	0.6904	0.1532	0.7072	0.3190	0.9980	0.20
3	0.7537	0.1046	0.7609	0.3450	1.008	0.050
4	0.7978	0.1461	0.8111	0.3630	0.9825	0.59
5	0.5282	0.08033	0.5343	0.2400	0.9898	0.41
6	0.6258	0.2012	0.6574	0.3010	1.028	0.54
7	0.6472	0.1169	0.6577	0.2930	0.9735	0.82
8	0.7757	0.06662	0.7785	0.3620	1.060	1.3
9	0.4812	0.01205	0.4814	0.2160	0.9876	0.46
10	0.4960	0.1324	0.5133	0.2300	0.9847	0.53

On deneyin sonucunda hesaplanan y değerlerinin kullanılmasıyla bulunan düşeyde alınan yolun ortalaması için (1.003 ± 0.008)m değeri bulunmuştur. Burada, 0.008 değeri standart hata formülünün kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Buna göre, bağıl deneysel belirsizlik, % 0.8 olur. On deneyin ortalamasının ve şerit metreyle ölçülen değerin kullanılmasıyla bulunan yüzde fark için, % 0.075 değeri bulunmuştur. Eğer, şerit metreyle ölçülen değerin gerçek değer olduğu varsayılırsa, bağıl hata için % 0.30 değeri bulunur.

Deney, bir kere de farklı bir yükseklik için yapıldı. Konum, atış süratinin x bileşeni için V_x = (0.5386 ± 0.0021)m/s değerini, y bileşeni içinse V_y = (0.08569 ± 0.00057)m/s değerini verdi. Burada, belirsizlik için verilen değerler, Konum ile

yapılan basit regresyon analizinin, regresyon denkleminin ilgili katsayıları için verdiği standart sapma değerleridir. Hata yayılması için,

$$(\Delta f(x_1, x_2, \dots, x_i, K))^2 = \sum(\frac{\partial f}{\partial x_i})^2 \ (\Delta x_i)^2$$

formülü kullanılırsa, V_o için (0.5454 ± 0.0021)m/s değeri bulunur. Şerit metre ile, yatayda alınan yol, x = (0.2850 ± 0.0005)m olarak ölçüldü. Aynı hata yayılması formülünün kullanılmasıyla, y = (1.339 ± 0.011)m bulundu. Düşeyde alınan yol, bir kere de şerit metreyle ölçüldü ve y = (1.3210 ± 0.0005)m değerine ulaşıldı. Bu sonuçlara göre, Konum' un kullanılmasıyla hesaplanan y değeri için, bağıl deneysel belirsizlik % 0.82 çıkmıştır. İki farklı yöntemle ölçülen y değeri için yüzde fark % 0.34 çıkmıştır. Eğer, şerit metreyle ölçülen değerin gerçek değer olduğu varsayılırsa, bağıl hata için % 1.4 değeri bulunur.

Literatürde, mobil cihazlardaki sensorların kullanılmasıyla yapılan deneylerin bulgularının nasıl değerlendirildiği incelendi. Bazı çalışmalarda, mobil cihazla yapılan ölçümlerin yanı sıra, farklı metotlarla da ölçüm yapıldığı ve elde edilen iki sonucun arasındaki uyumun değerlendirildiği görülmüştür. Örneğin, Vogt ve Kuhn (2013), %6 düzeyindeki uyumsuzluğun kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Sans ve arkadaşları (2013), yaptıkları deneyler sonucu ulaştıkları farkların çoğunun %1 seviyesinin altında olduğunu belirttikten sonra sonuçların uyumlarının iyi olduğunu belirtmişlerdir. Castro-Palacio ve arkadaşları (2013), %1 seviyesine ulaştıktan sonra, kullandıkları mobil cihazın güvenilir bir enstrüman olduğunu belirtmişlerdir. Gomez-Tejedor, Castro-Palacio ve Monsoriu (2014), %1.2 seviyesi için, uyumun güçlü olduğunu ifade etmişlerdir. Kimi çalışmalarda ise, yukarıdakilerden farklı olarak, elde edilen deneysel değerler, teorik değerlerle kıyaslanmıştır. Örneğin, Müller, Hirth, ve Kuhn (2016), %2 seviyesini, iyi uyumun göstergesi olarak sunmuşlardır. Hirth ve arkadaşları (2016), %4 seviyesine ulaştıktan sonra, deneylerin, öğretimde kullanılmak üzere, yeterince iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Son olarak, Onorato, Malgieri ve De Ambrosis (2016), deney sonuçlarının %1.5'ten düşük bir belirsizlikle bulunmasını, iyi bir sonuç olarak değerlendirmişlerdir.

Deney sonuçlarının literatürde nasıl değerlendirildiği ve bu çalışma ile elde edilen değerler göz önünde bulundurulduğunda, “Bu çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan mobil uygulama ile, eğitim amacıyla yapılan kinematik deneylerinde kullanılmaya elverişli olacak kadar az bir hata oranı ile ölçüm yapılabilir mi?” sorusuna, “evet” cevabının verilmesinin uygun olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla, “Üniversite düzeyinde, temel fizik dersleri kapsamında yapılan kinematik deneylerinde kullanılmak üzere, özgün bir mobil uygulama geliştirilebilir mi?” sorusunun cevabının da olumlu olduğu, geliştirilen uygulama aracılığı ile gösterilmiştir.

BÖLÜM V

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan küçük çaplı sistematik tarama sonucunda, yeni nesil akıllı mobil cihazlarda yaygın olarak kullanılan dokunmatik ekranların, fizik deneylerinde sensor olarak kullanımına hiç rastlanmadı. Bu tespit doğrultusunda, Android 4.1 (Jelly Bean) ve üst versiyonların yüklü bulunduğu akıllı telefon ve tabletlerde çalışan, Konum isimli uygulama geliştirildi. Konum' un yüklü olduğu mobil cihazın dokunmatik ekranının konum ölçümü için kullanılmasıyla yapılan yatay atış hareketi ile ilgili deneyde, Konum ile makul hata oranlarıyla ölçüm yapılabileceği gösterildi. Dolayısıyla, üniversite düzeyinde, temel fizik dersleri kapsamında yapılan kinematik deneylerinde kullanılmak üzere, özgün bir mobil uygulamanın geliştirilebileceği de gösterilmiş oldu.

Konum, bu çalışmada gösterilenin dışında, öğrencilerin parmaklarının hareketini ölçmek için de kullanılabilir. Parmağını ekranın konum algılama bölgesinde hareket ettiren kullanıcı, gerçek zamanlı olarak, parmağının dokunduğu noktaları ve parmağının yaptığı harekete dair konum - zaman grafiklerini görebilir. Dolayısıyla, Konum, konum-zaman grafiklerinin öğretiminde kullanılabilir. Bir öğrencinin, parmağının hareketine dair konum-zaman grafiğini anında görebilmesinin pedagojik değerinin olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, Konum ile elde edilen verilere dair basit ve kuadratik regresyon analizleri yine bu uygulama dahilinde çok kısa bir sürede yapılabildiği için, sabit hızlı ve sabit ivmeli hareketlere dair sayısal hız ve/veya ivme değerleri çok kısa sürede elde edilebilir. Örneğin, sınıfta, parmakla en iyi sabit hızlı hareket yapma yarışması düzenlenebilir. Yarışmada dereceye girenler, elde ettikleri regresyon analizine dair en yüksek R^2

değerlerine ulaşanlardan seçilebilir. Üstelik, öğrenciler, kalibrasyon yapılmışsa, parmaklarının hızını metre/saniye biriminde görebilir ve SI birim sisteminde hızın büyüklüğüne dair deneyim kazanabilirler.

Söz konusu elin konumunu algılamak değil de bu çalışmada yapılan deneydeki gibi iletken bir cismi algılamak ise, Konum, Android işletim sistemi ile çalışan ve dokunmatik ekrana sahip her mobil cihazda gerektiği şekilde çalışmamaktadır. Bu durumda, Konum'un çalışıp çalışmaması, mobil cihazın dokunmatik ekranının özelliklerine ya da cihazda yüklü ilgili yazılıma kuvvetli bir şekilde bağlı olmalıdır. Örneğin, iPhone 6 ve iPad Air 2 cihazları, bu deneyde kullanılan çelik bilyeyi algılayamamaktadır. Bu çalışmadaki deney, 5.7 inç büyüklüğünde Süper AMOLED ekrana sahip Samsung Note IV cep telefonunun kullanılmasıyla sorunsuz bir şekilde yapıldıysa da, sırasıyla 10.5 inç ve 9.7 inç büyüklüğünde Süper AMOLED ekrana sahip Samsung Tab S ve Samsung Tab S II tablet bilgisayarların kullanılmasıyla yapılamamaktadır. Nispeten daha büyük olan bu iki ekran ile çelik bilyenin konumu sorunsuz bir şekilde tespit edilememektedir.

Süper AMOLED ekranlar kapasitiftir. Kapasitif ekranlar, yüzeylerinin üzerinde bir elektrik alan oluşturur; insan parmağı gibi kapasitansı yüksek bir cisim ekranın üstüne yaklaşınca bu elektrik alan değişir ve ekran bu değişimi algılayarak konum tespiti yapar (Cherek ve diğ., 2015). Bu çalışma prensibini nispeten daha büyük ekranlarda kullanmaya çalışmak sorun yaratabilir (MacCann, 2012). Örneğin, ekran büyüdükçe, dokunmatik ekranlarda sıkça kullanılan indiyum kalay oksitten üretilen iletken kısımların direnci artar, elektronik sinyallerin gürültüye oranı düşer ve dolayısıyla, dokunmatik ekranın bir cismi algılama hassasiyeti de düşer (Crosby, 2011). Bu çalışmadaki deneyin, hepsinin ekran tipi Süper AMOLED olmasına rağmen, Note IV model telefonla yapılabilmesi fakat ekranları daha büyük olan Tab S ve Tab S II tablet bilgisayarlarla yapılamamasının sebebinin bu hassasiyet düşüşünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, insan parmağı dışında, sadece çelik bilye denenmiştir. Farklı özelliklere sahip malzemelerden yapılmış kürelerin kullanılmasıyla mevcut

kısıtlamanın ortadan kalkması, deneyin kapasitif ekrana sahip tüm cihazlarda yapılabilir hale gelmesi mümkün olabilir. Ayrıca, piyasada, en az bir düzine farklı dokunmatik ekran teknolojisi bulunmaktadır (Pedersen ve diğ., 2011) ve bunlardan bir kısmı ile ekran üzerinde bulunan yeterince büyük bir cisim, cismin yapıldığı malzemeden bağımsız olarak algılanabilmektedir.

Literatür incelendiğinde, yakın gelecekte, dokunmatik duvar (Westing ve diğ., 2011), dokunmatik masa (Ahn ve diğ., 2010) ve dokunmatik zeminlerin (Augsten ve diğ., 2010) dünya çapında yaygınlaşabileceği düşünülmektedir. Dokunmatik yüzeylere sahip masaların sınıflara girmesiyle, bu masaların konum tespit özelliğinin fizik derslerinde, bu çalışmada gösterilene benzer şekillerde kullanılması mümkün olabilir. Ayrıca, eğitim alanı dışında, fizik ve mühendislik alanlarında, dokunmatik yüzeylerin konum tespiti için kullanılması mümkün olabilir. Üstelik, böyle bir durumda, toplanan verilerin, konumların algılandığı aynı yüzeyde görselleştirilmesi şart değildir. Yani, veri toplamak için, ekransız bir yüzey amaca özel tasarlanabilir. Bu ise, dizayn aşamasında, belli sınırların ortadan kalkmasını ve daha ucuza daha hassas ölçüm alınmasını sağlayabilir. Bu yöntemin, diğer yöntemlerle kıyaslandığında, sağlayabileceği eşsiz avantajlar araştırılabilir ve bu doğrultuda fizibilite çalışması yapılabilir. Bunun dışında, öğrencilerin Konum' u kullanarak deney yaparken karşılaşabileceği problemler araştırılabilir, sonuçlar doğrultusunda Konum revize edilebilir ve/veya yeni deneyler dizayn edilebilir.

KAYNAKÇA

Achadinha, N. M. J., Jama, L., & Nel, P. (2014). The drivers of consumers' intention to redeem a push mobile coupon. *Behaviour & Information Technology*, *33*(12), 1306-1316.

Ahn, T. Y., & Lee, S.-M. (2015). User experience of a mobile speaking application with automatic speech recognition for EFL learning. *British Journal of Educational Technology*. doi: 10.1111/bjet.12354.

Ahn, Y., Kim, H., Lim, M., Lee, J., & Kim, J. I. (2010, November). A slim tabletop interface based on high resolution LCD screens with multiple cameras. In ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (pp. 241-242). ACM.

Anderson, G. (1998). *Fundamentals of Educational Research*. Philadelphia, PA: Falmer Press.

Arribas, E., Escobar, I., Suarez, C. P., Najera, A., & Beléndez, A. (2015). Measurement of the magnetic field of small magnets with a smartphone: a very economical laboratory practice for introductory physics courses. *European Journal of Physics*, *36*(6), 065002.

ASIS&T. (2013). Beyond the Cloud: Rethinking Information Boundaries. https://www.asis.org/asist2013/am13cfp.html. (8 Ocak 2016).

Augsten, T., Kaefer, K., Meusel, R., Fetzer, C., Kanitz, D., Stoff, T., ... & Baudisch, P. (2010, October). Multitoe: high-precision interaction with back-projected floors based on high-resolution multi-touch input. In Proceedings of the 23nd annual ACM symposium on User interface software and technology (pp. 209-218). ACM.

Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf. (26 Nisan 2016).

Baker, S., Warburton, J., Hodgkin, S., & Pascal, J. (2014). Reimagining the relationship between social work and information communication technology in the network society. *Australian Social Work*, *67*(4), 467-478.

Baran, E. (2014). A Review of Research on Mobile Learning in Teacher Education. *Journal of Educational Technology & Society*, *17*(4), 17-32.

Barrera-Garrido, A. (2015). Analyzing planetary transits with a smartphone. *The Physics Teacher*, *53*(3), 179-181.

Black, A. (2010). Gen Y: Who they are and how they learn. Educational Horizons, 88(2), 92–101.

Boticki, I., Barisic, A., Martin, S., & Drljevic, N. (2013). Teaching and learning computer science sorting algorithms with mobile devices: A case study. *Computer Applications in Engineering Education*, *21*(S1), E41-E50.

Brewer, J., & Hunter, A. (1989). *Multimethod research. A synthesis of styles*. Newbury Park, CA: SAGE Publications.

Briggle, J. (2013). Analysis of pendulum period with an iPod touch/iPhone. *Physics Education*, *48*(3), 285-288.

Brown, T. H., & Mbati, L. S. (2015). Mobile learning: Moving past the myths and embracing the opportunities. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *16*(2), 115-135.

Cao, Y., Lu, Y., Gupta, S., & Yang, S. (2014). The effects of differences between e–commerce and m–commerce on the consumers' usage transfer from online to mobile channel. *International Journal of Mobile Communications*, *13*(1), 51-70.

Castro-Palacio, J. C., Velázquez-Abad, L., Giménez, F., & Monsoriu, J. A. (2013a). A quantitative analysis of coupled oscillations using mobile accelerometer sensors. *European Journal of Physics*, *34*(3), 737-744.

Castro-Palacio, J. C., Velázquez-Abad, L., Giménez, M. H., & Monsoriu, J. A. (2013b). Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations. *American Journal of Physics*, *81*(6), 472-475.

Chen, C. H., Liu, G. Z., & Hwang, G. J. (2015). Interaction between gaming and multistage guiding strategies on students' field trip mobile learning

performance and motivation. *British Journal of Educational Technology*. doi:10.1111/bjet.12270.

Chen, C. M. (2013). An intelligent mobile location-aware book recommendation system that enhances problem-based learning in libraries. *Interactive Learning Environments*, *21*(5), 469-495.

Cherek, C., Voelker, S., Thar, J., Linden, R., Busch, F., & Borchers, J. (2015, November). PERCs Demo: Persistently Trackable Tangibles on Capacitive Multi-Touch Displays. In Proceedings of the 2015 International Conference on Interactive Tabletops & Surfaces (pp. 389-392). ACM.

Choe, P., Liao, C., & Sun, W. (2012). Providing customisation guidelines of mobile phones for manufacturers. *Behaviour & Information Technology*, *31*(10), 983-994.

Choe, P., & Schumacher, D. (2015). Influence of Different Types of Vibrations on Technical Acceptance of a Mobile Game Aiming for Hedonic Satisfaction. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *31*(1), 33-43.

Chu, H. C. (2014). Potential negative effects of mobile learning on students' learning achievement and cognitive load—a format assessment perspective. *Journal of Educational Technology & Society*, *17*(1), 332-344.

Chuang, Y. T. (2015). SSCLS: a smartphone-supported collaborative learning system. *Telematics and Informatics, 32*(3), 463-474.

Crosby, I. (2011). Self-Capacitive Sensing Brings Touch To Large Screens. http://electronicdesign.com/components/self-capacitive-sensing-brings-touch-large-screens. (5 Mayıs 2016).

Currie, J., & Eveline, J. (2011). E-technology and work/life balance for academics with young children. *Higher Education*, *62*(4), 533-550.

da Rocha, F. S., Fajardo, F., Grisolía, M., Benegas, J., Tchitnga, R., & Laws, P. (2011). Using “Student Technology” in Introductory Physics: A Comparison of Three Tools to Study Falling Objects. *The Physics Teacher*, *49*(3), 165-167.

Egri, S., & Szabó, L. (2015). Analyzing oscillations of a rolling cart using smartphones and tablets. *The Physics Teacher*, *53*(3), 162-164.

Ericksson. (2015). Ericsson Mobility Report: On the pulse of the networked society. http://www.ericsson.com/res/docs/2015/ericsson-mobility-report-june-2015.

pdf. (8 Ocak 2016).

Falcão Jr, A. E. G., Gomes, R. A., Pereira, J. M., Coelho, L. F. S., & Santos, A. C. F. (2009). Cellular phones helping to get a clearer picture of kinematics. *The Physics Teacher*, *47*(3), 167-168.

Forbes. (2012). 5 Eye-Opening Stats That Show The World Is Going Mobile. http://www.forbes.com/sites/parmyolson/2012/12/04/5-eye-opening-stats-that-show-the-world-is-going-mobile. (8 Ocak 2016).

Fuller, R., & Joynes, V. (2015). Should mobile learning be compulsory for preparing students for learning in the workplace?. *British Journal of Educational Technology*, *46*(1), 153-158.

Gabriel, P., & Backhaus, U. (2013). Kinematics with the assistance of smartphones: Measuring data via GPS - Visualizing data with Google Earth. *The Physics Teacher*, *51*(4), 246-247.

Gómez-Tejedor, J. A., Castro-Palacio, J. C., & Monsoriu, J. A. (2014). The acoustic Doppler effect applied to the study of linear motions. *European Journal of Physics*, *35*(2), 025006.

Gray, D. E. (2004). *Doing research in the real world*. London: Sage.

Green, L. S., Hechter, R. P., Tysinger, P. D., & Chassereau, K. D. (2014). Mobile app selection for 5th through 12th grade science: The development of the MASS rubric. *Computers & Education*, *75*, 65-71.

Gröber, S., Molz, A., & Kuhn, J. (2014). Using smartphones and tablet PCs for β−-spectroscopy in an educational experimental setup. *European Journal of Physics*, *35*(6), 065001.

Ha, Y. W., Park, M. C., & Lee, E. (2014). A framework for mobile SNS advertising effectiveness: user perceptions and behaviour perspective. *Behaviour & Information Technology*, *33*(12), 1333-1346.

Hansson, S. O. (2015). Experiments: Why and How?. *Science and engineering ethics*, 1-20.

Hechter, R. P. (2013). Hockey, iPads, and projectile motion in a physics classroom. *The Physics Teacher*, *51*(6), 346-344.

Hemingway, P., & Brereton, N. (2009). What is a systematic review?. http://www.medicine.ox.ac.uk/bandolier/painres/download/whatis/syst-review.pdf. (8 Şubat 2016).

Hirth, M., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2016). Harmonic Resonances in Metal Rods–Easy Experimentation with a Smartphone and Tablet PC. *The Physics Teacher*, *54*(3), 163-167.

Hirth, M., Kuhn, J., & Müller, A. (2015). Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. *The Physics Teacher*, *53*(2), 120-121.

Hochberg, K., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). The spinning disc: studying radial acceleration and its damping process with smartphone acceleration sensors. *Physics Education*, *49*(2), 137-140.

Hsu, Y. C., & Ching, Y. H. (2012). Mobile microblogging: Using Twitter and mobile devices in an online course to promote learning in authentic contexts. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *13*(4), 211-227.

Hynes, M. (2012). The Practices of Technology: Putting Society and Technology in their Rightful Place. *International Journal of Technology, Knowledge & Society*, *8*(3), 27-44.

Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2011). Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, *42*(4), E65-E70.

Hwang, G. J., & Wong, L. H. (2014). Guest Editorial: Powering Up: Insights from Distinguished Mobile and Ubiquitous Learning Projects across the World. *Journal of Educational Technology & Society*, *17*(2), 1-3.

Hwang, G. J., Wu, P. H., Zhuang, Y. Y., & Huang, Y. M. (2013). Effects of the inquiry-based mobile learning model on the cognitive load and learning achievement of students. *Interactive Learning Environments*, *21*(4), 338-354.

Igoe, D. P., & Parisi, A. V. (2015). Solar current output as a function of sun elevation: students as toolmakers. *Physics Education*, *50*(6), 657.

Independent. (2014). There are officially more mobile devices than people in the world. http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/there-

are-officially-more-mobile-devices-than-people-in-the-world-9780518.html. (8 Ocak 2016).

Isci, T. G., & Demir, S. B. (2015). The Use of Tablets Distributed within the Scope of FATIH Project for Education in Turkey (Is FATIH Project a Fiasco or a Technological Revolution?). *Universal Journal of Educational Research*, *3*(7), 442-450.

Jantjies, M., & Joy, M. (2015). Mobile enhanced learning in a South African context. *Journal of Educational Technology & Society*, *18*(1), 308-320.

Kasper, L., Vogt, P., & Strohmeyer, C. (2015). Stationary waves in tubes and the speed of sound. *The Physics Teacher*, *53*(1), 52-53.

Kearney, M., Burden, K., & Rai, T. (2015). Investigating teachers' adoption of signature mobile pedagogies. *Computers & Education*, *80*, 48-57.

Kemp, N. (2011). Mobile technology and literacy: effects across cultures, abilities and the lifespan. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27, 1–3.

Khan, K. S., Kunz, R., Kleijnen, J., & Antes, G. (2003). Five steps to conducting a systematic review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *96*(3), 118-121.

Kilbourne, S., & Kilbourne, B. (2015). Psychroneity: The Interaction of Self with High-Tech Technology. *International Journal of Science in Society*, *7*(1), 17-30.

Kim, T. H., & Jin, S. H. (2015). Development of auditory design guidelines for improving learning on mobile phones. *Computers & Education*, *91*, 60-72.

Kinser, J. M. (2015). Relating time-dependent acceleration and height using an elevator. *The Physics Teacher*, *53*(4), 220-221.

Kinshuk, Huang, H. W., Sampson, D., & Chen, N. S. (2013). Trends in educational technology through the lens of the highly cited articles published in the journal of educational technology and society. *Journal of Educational Technology & Society*, *16*(2), 3-20.

Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Video analysis of projectile motion using tablet computers as experimental tools. *Physics Education*, *49*(1), 37-40.

Klein, P., Hirth, M., & Kuhn, J. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*, *49*(4), 412-418.

Kobus, M. B., Rietveld, P., & Van Ommeren, J. N. (2013). Ownership versus on-campus use of mobile IT devices by university students. *Computers & Education*, *68*, 29-41.

Kortum, P., & Sorber, M. (2015). Measuring the Usability of Mobile Applications for Phones and Tablets. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *31*(8), 518-529.

Kuhn, J., Molz, A., Gröber, S., & Frübis, J. (2014). iRadioactivity — Possibilities and Limitations for Using Smartphones and Tablet PCs as Radioactive Counters. *The Physics Teacher*, *52*(6), 351-356.

Kuhn, J., & Vogt, P. (2012a). Analyzing spring pendulum phenomena with a smart-phone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, *50*(8), 504-505.

Kuhn, J., & Vogt, P. (2012b). Diffraction experiments with infrared remote controls. *The Physics Teacher*, *50*(2), 118-119.

Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Analyzing acoustic phenomena with a smartphone microphone. *The Physics Teacher*, *51*(2), 118-119.

Kuhn, J., Vogt, P., & Hirth, M. (2014). Analyzing the acoustic beat with mobile devices. *The Physics Teacher*, *52*(4), 248-249.

Kuhn, J., Vogt, P., & Müller, A. (2014). Analyzing elevator oscillation with the smartphone acceleration sensors. *The Physics Teacher*, *52*(1), 55-56.

Lara, V. O. M., Amaral, D. F., Faria, D., & Vieira, L. P. (2014). Demonstrations of magnetic phenomena: measuring the air permeability using tablets. *Physics Education*, *49*(6), 658-662.

Lea, S., & Callaghan, L. (2011). Enhancing health and social care placement learning through mobile technology. *Journal of Educational Technology & Society*, *14*(1), 135-145.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., ... & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*, *151*(4), W-65.

Looi, C. K., Zhang, B., Chen, W., Seow, P., Chia, G., Norris, C., & Soloway, E. (2011). 1: 1 mobile inquiry learning experience for primary science students: A study of learning effectiveness. *Journal of Computer Assisted Learning*, *27*(3), 269-287.

Mac Callum, K., & Jeffrey, L. (2013). The influence of students' ICT skills and their adoption of mobile learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, *29*(3), 303-314.

MacCann, A. T. (2012). Okay, but how do touch screens actually work?. http://scienceline.org/2012/01/okay-but-how-do-touch-screens-actually-work/. (5 Mayıs 2016).

Martin, F., & Ertzberger, J. (2013). Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology. *Computers & Education*, *68*, 76-85.

Mediative. (2015). 49 Mobile Search Stats for 2015. http://www.mediative.com/mobile-stats-for-2015. (8 Ocak 2016).

Meißner, M., & Haertig, H. (2014). Smartphone astronomy. *The Physics Teacher*, *52*(7), 440-441.

Memmi, D. (2015). Information Technology as Social Phenomenon. *AI & Society: Knowledge, Culture and Communication*, *30*(2), 207-214.

Mifsud, L. (2014). Mobile learning and the socio-materiality of classroom practices. *Learning, Media and Technology*, *39*(1), 142-149.

Mingers, J. (2001). Chapter thirteen Multimethodology – Mixing and Matching Methods. In J. Rosenhead & J. Mingers (Eds.), Rational analysis for a problematic world revisited: Problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict (pp. 289–309). Chichester, New York: Wiley.

Mingers, J., & Gill, A. (1997). *Multimethodology: the theory and practice of integrating management science methodologies*. Chichester: John Wiley & Sons.

Monteiro, M., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2014). Exploring phase space using smartphone acceleration and rotation sensors simultaneously. *European Journal of Physics*, *35*(4), 045013.

Monteiro, M., Cabeza, C., Marti, A. C., Vogt, P., & Kuhn, J. (2014). Angular velocity and centripetal acceleration relationship. *The Physics Teacher*, *52*(5), 312-313.

Monteiro, M., Marti, A. C., Vogt, P., Kasper, L., & Quarthal, D. (2015b). Measuring the acoustic response of Helmholtz resonators. *The Physics Teacher*, *53*(4), 247-249.

Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2015a). The Atwood machine revisited using smartphones. *The Physics Teacher*, *53*(6), 373-374.

Mouza, C., & Barrett-Greenly, T. (2015). Bridging the app gap: An examination of a professional development initiative on mobile learning in urban schools. *Computers & Education*, *88*, 1-14.

Müller, A., Hirth, M., & Kuhn, J. (2016). Tunnel pressure waves–A smartphone inquiry on rail travel. *The Physics Teacher*, *54*(2), 118-119.

Müller, A., Vogt, P., Kuhn, J., & Müller, M. (2015). Cracking knuckles—A smartphone inquiry on bioacoustics. *The Physics Teacher*, *53*(5), 307-308.

Nadji, T. (2012). iPad & weightlessness. *The Physics Teacher*, *50*(5), 307.

Noguera, J. M., Jiménez, J. J., & Osuna-Pérez, M. C. (2013). Development and evaluation of a 3D mobile application for learning manual therapy in the physiotherapy laboratory. *Computers & Education*, *69*, 96-108.

Office for National Statistics. (2014). Internet Access – Households and Individuals 2014. http://www.ons.gov.uk/ons/dcp171778_373584.pdf. (8 Ocak 2016).

Onorato, P., Malgieri, M., & De Ambrosis, A. (2016). Quantitative analysis of transmittance and photoluminescence using a low cost apparatus. *European Journal of Physics*, *37*(1), 015301.

Ozcelik, E., & Acarturk, C. (2011). Reducing the spatial distance between printed and online information sources by means of mobile technology enhances learning: Using 2D barcodes. *Computers & Education*, *57*(3), 2077-2085.

Pamuk, S., Çakır, R., Ergun, M., Yılmaz, H. B., & Ayas, C. (2013). The use of tablet PC and interactive board from the perspectives of teachers and students: Evaluation of the FATİH Project. *Educational Sciences: Theory & Practice*, *13*(3), 1815-1822.

Park, S. Y., Nam, M. W., & Cha, S. B. (2012). University students' behavioral intention to use mobile learning: Evaluating the technology acceptance model. *British Journal of Educational Technology*, *43*(4), 592-605.

Park, T., & Salvendy, G. (2012). Emotional factors in advertising via mobile phones. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *28*(9), 597-612.

Park, Y. (2011). A pedagogical framework for mobile learning: Categorizing educational applications of mobile technologies into four types. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *12*(2), 78-102.

Parolin, S. O., & Pezzi, G. (2013). Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures. *The Physics Teacher*, *51*(8), 508-509.

Parolin, S. O., & Pezzi, G. (2015). Kundt's tube experiment using smartphones. *Physics Education*, *50*(4), 443-447.

Patrinopoulos, M., & Kefalis, C. (2015). Angular velocity direct measurement and moment of inertia calculation of a rigid body using a smartphone. *The Physics Teacher*, *53*(9), 564-565.

Pearson Group. (2014). Pearson survey: Students desire more classroom technology. http://www.educationnews.org/technology/pearson-survey-students desire-more-classroom-technology/. (2 Şubat 2016).

Pedersen, H. C., Jakobsen, M. L., Hanson, S. G., Mosgaard, M., Iversen, T., & Korsgaard, J. (2011). Optical touch screen based on waveguide sensing. Applied Physics Letters, 99(6), 061102.

Pegrum, M., Howitt, C., & Striepe, M. (2013). Learning to take the tablet: How pre-service teachers use iPads to facilitate their learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, *29*(4), 464-479.

Pegrum, M., Oakley, G., & Faulkner, R. (2013). Schools going mobile: A study of the adoption of mobile handheld technologies in Western Australian independent schools. *Australasian Journal of Educational Technology*, *29*(1), 66-81.

Pendrill, A. M., & Rohlén, J. (2011). Acceleration and rotation in a pendulum ride, measured using an iPhone 4. *Physics Education*, *46*(6), 676-681.

Reychav, I., Dunaway, M., & Kobayashi, M. (2015). Understanding mobile technology-fit behaviors outside the classroom. *Computers & Education*, *87*, 142-150.

Reychav, I., & Wu, D. (2014). Exploring mobile tablet training for road safety: A uses and gratifications perspective. *Computers & Education*, *71*, 43-55.

Rodríguez, D., Busco, C., & Flores, R. (2015). Information technology within society's evolution. *Technology in Society*, *40*, 64-72.

Sabah. (2016). Tabletler dağıtılmaya başlandı. http://www.sabah.com.tr/egitim/2014/02/17/tabletler-dagitilmaya-baslandi. (2 Şubat 2016).

Sabah. (2016). Fatih Projesi. http://www.sabah.com.tr/fatih-projesi. (2 Şubat 2016).

Sans, J. A., Pereira, A. L. J., Gomez-Tejedor, J. A., & Monsoriu, J. A. (2013). Oscillations studied with the smartphone ambient light sensor. *European Journal of Physics*, *34*(6), 1349-1354.

Schiaffonati, V., & Verdicchio, M. (2014). Computing and experiments : A methodological view on the debate on the scientific nature of computing. *Philosophy & Technology*, *27*(3), 359-376.

Schwarz, O., Vogt, P., & Kuhn, J. (2013). Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration. *The Physics Teacher*, *51*(5), 312-313.

Scott, D., & Morrison, M. (2005). *Key ideas in educational research*. New York, NY: Continuum.

Shakur, A., & Sinatra, T. (2013). Angular momentum. *The Physics Teacher*, *51*(9), 564-565.

Shin, W. S., & Kang, M. (2015). The use of a mobile learning management system at an online university and its effect on learning satisfaction and achievement. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *16*(3), 110-130.

Shuib, L., Shamshirband, S., & Ismail, M. H. (2015). A review of mobile pervasive learning: Applications and issues. *Computers in Human Behavior*, *46*, 239-244.

Silva, N. (2012). Magnetic field sensor. *The Physics Teacher*, *50*(6), 372-373.

Sohail, M. S., & Al-Jabri, I. M. (2014). Attitudes towards mobile banking: are there any differences between users and non-users?. *Behaviour & Information Technology*, *33*(4), 335-344.

Soikkeli, T., Karikoski, J., & Hämmäinen, H. (2013). Characterizing smartphone usage: diversity and end user context. *International Journal of Handheld Computing Research (IJHCR), 4*(1), 15-36.

Stanford Encyclopedia of Philosophy (2015). Experiment in Physics. http://plato.stanford.edu/entries/physics-experiment/. (8 Şubat 2016).

Stone, D. L., Deadrick, D. L., Lukaszewski, K. M., & Johnson, R. (2015). The influence of technology on the future of human resource management. *Human Resource Management Review*, *25*(2), 216-231.

Streepey, J. W. (2013). Using iPads to illustrate the impulse-momentum relationship. *The Physics Teacher*, *51*(1), 54-55.

Sung, H. Y., Hwang, G. J., Liu, S. Y., & Chiu, I. H. (2014). A prompt-based annotation approach to conducting mobile learning activities for architecture design courses. *Computers & Education*, *76*, 80-90.

Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, *94*, 252-275.

Taleb, Z., & Sohrabi, A. (2012). Learning on the move: The use of mobile technology to support learning for university students. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 69, 1102-1109.

Temiz, B. K., & Yavuz, A. (2015). Magnetogate: using an iPhone magnetometer for measuring kinematic variables. *Physics Education*, *51*(1), 015004.

Textmarketer. (2015). 10 Incredible Mobile Marketing Stats 2015. https://www.textmarketer.co.uk/blog/2015/01/mobile-marketing/10-incredible-mobile-marketing-stats-2015. (8 Ocak 2015).

The Campbell Collaboration (2016). What is a Systematic Review?. http://www.campbellcollaboration.org/what_is_a_systematic_review/index.php. (8 Şubat 2016).

The Economist. (2015). Planet of the phones. http://www.economist.com/news/

leaders/21645180-smartphone-ubiquitous-addictive-and-transformative-planet-phones. (8 Ocak 2016).

Tomasel, F. G., & Marconi, M. C. (2012). Rolling magnets down a conductive hill: Revisiting a classic demonstration of the effects of eddy currents. *American Journal of Physics*, *80*(9), 800-803.

Tornaría, F., Monteiro, M., & Marti, A. C. (2014). Understanding coffee spills using a smartphone. *The Physics Teacher*, *52*(8), 502-503.

Tuset-Sanchis, L., Castro-Palacio, J. C., Gómez-Tejedor, J. A., Manjón, F. J., & Monsoriu, J. A. (2015). The study of two-dimensional oscillations using a smartphone acceleration sensor: example of Lissajous curves. *Physics Education*, *50*(5), 580-586.

Uluyol, Ç. (2013). ICT integration in Turkish schools: Recall where you are coming from to recognise where you are going to. *British Journal of Educational Technology*, *44*(1), E10-E13.

U.S. Department of Education. (2012). Understanding the Implications of Online Learning for Educational Productivity. http://tech.ed.gov/files/2013/10/ implications-online-learning.pdf. (4 Şubat 2016).

Vieyra, R. E., & Vieyra, C. (2014). Analyzing forces on amusement park rides with mobile devices. *The Physics Teacher*, *52*(3), 149-151.

Vogt, P., Kasper, L., & Burde, J. P. (2015). The sound of church bells: Tracking down the secret of a traditional arts and crafts trade. *The Physics Teacher*, *53*(7), 438-439.

Vogt, P., Kasper, L., & Burde, J. P. (2016). More sound of church bells: Authors' correction. *The Physics Teacher*, *54*(1), 52-53.

Vogt, P., & Kuhn, J. (2012a). Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, *50*(7), 439-440.

Vogt, P., & Kuhn, J. (2012b). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, *50*(3), 182-183.

Vogt, P., & Kuhn, J. (2013). Analyzing radial acceleration with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, *51*(3), 182-183.

Vogt, P., & Kuhn, J. (2014). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, *52*(2), 118-119.

Vogt, P., Kuhn, J., & Neuschwander, D. (2014). Determining ball velocities with smartphones. *The Physics Teacher*, *52*(6), 376-377.

Wang, M., Chen, Y., & Khan, M. J. (2014). Mobile cloud learning for higher education: A case study of Moodle in the cloud. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *15*(2), 254-267.

Wei, M., Huang, S., Wang, J., Li, H., Yang, H., & Wang, S. (2015). The study of liquid surface waves with a smartphone camera and an image recognition algorithm. *European Journal of Physics*, *36*(6), 065026.

Westing, B., Urick, B., Esteva, M., Rojas, F., & Xu, W. (2011, November). Integrating multi-touch in high-resolution display environments. In State of the Practice Reports (p. 8). ACM.

Wilhelm, T., Burde, J. P., & Lück, S. (2015). The direction of acceleration. *The Physics Teacher*, *53*(8), 500-501.

Wolfs, F. L. H. (2013). APPENDIX E: Introduction to the Scientific Method. http://teacher.nsrl.rochester.edu/phy_labs/appendixe/appendixe.html. (8 Şubat 2016).

Wu, W. H., Wu, Y. C. J., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., & Huang, S. H. (2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & Education*, *59*(2), 817-827.

Yavuz, A. (2015). Measuring the speed of sound in air using smartphone applications. *Physics Education*, *50*(3), 281.

Yavuz, A., & Temiz, B. K. (2016). Detecting interferences with iOS applications to measure speed of sound. *Physics Education*, *51*(1), 015009.

Zhou, T. (2013). The effect of flow experience on user adoption of mobile TV. *Behaviour & Information Technology*, *32*(3), 263-272.

Zimmerman, H. T., Land, S. M., McClain, L. R., Mohney, M. R., Choi, G. W., & Salman, F. H. (2015). Tree Investigators: Supporting families' scientific talk in an arboretum with mobile computers. *International Journal of Science Education, Part B, 5*(1), 44-67.

Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education*, *94*, 1-17.

EKLER

Ek-1 Araştırmacı Tarafından Yazılan Örnek Bir Java Sınıfı

```
package ufukdilek.konum.activities;

import android.app.Activity;
import android.content.Context;
import android.content.Intent;
import android.content.SharedPreferences;
import android.graphics.Color;
import android.graphics.Paint;
import android.os.Bundle;
import android.util.DisplayMetrics;
import android.view.Gravity;
import android.view.View;
import android.view.WindowManager;
import android.widget.Button;
import android.widget.LinearLayout;
import android.widget.Toast;
import java.math.BigDecimal;
import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;
import java.util.HashSet;
import ufukdilek.konum.R;
import ufukdilek.konum.data.DataFormatter;
import ufukdilek.konum.data.TouchData;
import ufukdilek.konum.data.TouchData2D;
import ufukdilek.konum.data.TouchDataStorageConcurrent;
import ufukdilek.konum.data.TouchDataStorageRealTime;
import ufukdilek.konum.listeners.ListenerDataCollector;
import ufukdilek.konum.listeners.ListenerOriginMover;
import ufukdilek.konum.misc.ColorGetter;
import ufukdilek.konum.misc.Dimension;
import ufukdilek.konum.misc.TextSizeAdjuster;
import ufukdilek.konum.misc.ThreadSynchronise;
import ufukdilek.konum.misc.UnitCalibration;
import ufukdilek.konum.misc.UnitHandler;
import ufukdilek.konum.misc.UnitPreferred;
import ufukdilek.konum.persistStore.MeasurementModel;
import ufukdilek.konum.persistStore.MeasurementModelBuilder;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.DashAndLabelTransmit;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.DashManager;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.SensorFrame;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.OriginPositionForSensing;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.TimeScale;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.TouchAxes;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.PositionPlotter;
import ufukdilek.konum.plotUtilities.PositionPlotterFrame;
import ufukdilek.konum.views.intro.TextViewFitText;
import ufukdilek.konum.views.sense.TouchDrawer;
```

```
public class SensingActivity extends Activity
                    implements View.OnClickListener,
                    DialogSave.OnSaveListener{


   private LinearLayout menuLayout;
   private Button buttonMeasure, buttonOptions, buttonSaveMeasurement,
                  buttonCropData, buttonNewMeasurement;
   private TouchDrawer touchDrawer;
   private View touchSensor;
   private PositionPlotterFrame positionPlotterFrameHorizontal;
   private PositionPlotterFrame positionPlotterFrameVertical;
   private SensorFrame sensorFrame;
   private TouchAxes touchAxes;
   private final ListenerOriginMover listenerOriginMover = new ListenerOriginMover();
   private PositionPlotter positionPlotterHorizontal, positionPlotterVertical;
   private int margin;
   private DialogOptionsSense dialogOptionsSense;
   private Dimension dimension = Dimension.TWO_DIMENSIONAL; // do not change
   private boolean showRealTimeGraphs = true; // do not change
   private boolean autoScaleTimeAxes;
   private OriginPositionForSensing originPositionForSensing =
           OriginPositionForSensing.CENTER; // do not change
   private ListenerDataCollector listenerDataCollector;
   private TextViewFitText tvActive;
   private TouchDataStorageConcurrent dataStorageConcurrent;
   private TouchDataStorageRealTime dataStorageRealTime;
   private int determinedTimeScaleKey;
   public TimeScale timeScale;
   private int windowWidth, frameHeight;
   private ThreadSynchronise threadSynchronise;
   private UnitCalibration unitCalibration = UnitCalibration.NOT_SET;
   private UnitPreferred unitPreferred = UnitPreferred.PIXEL;
   private BigDecimal perPixelValueBigCalibration = BigDecimal.ONE;
   private UnitHandler unitHandler;
   private DashManager dashManager;



   @Override
   protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {

      super.onCreate(savedInstanceState);

      getWindow().addFlags(
            WindowManager.LayoutParams.FLAG_KEEP_SCREEN_ON);
      getWindow().setFlags(
            WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN,
            WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN);

      setContentView(R.layout.sensing);

      DisplayMetrics displayMetrics = new DisplayMetrics();
      getWindowManager().getDefaultDisplay().getMetrics(displayMetrics);

      int windowHeight = displayMetrics.heightPixels;
      windowWidth = displayMetrics.widthPixels;
      @SuppressWarnings("SuspiciousNameCombination")
      int windowHypo = (int)Math.sqrt(Math.pow(windowHeight, 2) +
                           Math.pow(windowWidth, 2));

      int menuHeight = windowHeight / 17;
      frameHeight = 16 * windowHeight / 17;
```

```
timeScale = new TimeScale();
timeScale.setTimeConstants();
dataStorageRealTime = new TouchDataStorageRealTime();
dataStorageConcurrent = new TouchDataStorageConcurrent();
threadSynchronise = new ThreadSynchronise();

menuLayout = (LinearLayout)findViewById(R.id.menuLayout);
touchDrawer = (TouchDrawer)findViewById(R.id.touchDrawer);
touchSensor = findViewById(R.id.touchSensor);

HashSet<Button> buttonSet = new HashSet<>(0);
buttonMeasure = (Button)findViewById(R.id.buttonMeasure);
buttonOptions = (Button)findViewById(R.id.buttonOptions);
buttonSaveMeasurement = (Button)findViewById(R.id.buttonSaveMeasurement);
buttonCropData = (Button)findViewById(R.id.buttonAnalyzeMeasurement);
buttonNewMeasurement = (Button)findViewById(R.id.buttonNewMeasurement);
buttonSet.add(buttonMeasure);
buttonSet.add(buttonOptions);
buttonSet.add(buttonSaveMeasurement);
buttonSet.add(buttonCropData);
buttonSet.add(buttonNewMeasurement);

String[] buttonStrings = new String[5];

int i = 0;

for(Button b : buttonSet){

   buttonStrings[i++] = b.getText().toString();
}

TextSizeAdjuster tsa = new TextSizeAdjuster();
int textSizeButton = tsa.
      findMaxTextSizeFor_setTextSize(buttonStrings, 0, 6 * menuHeight / 10,
      TextSizeAdjuster.SizeLimiter.LIMIT_BY_HEIGHT,
      0.1f, 0.25f, this);

int pad = (int)(0.15f * menuHeight);

LinearLayout.LayoutParams lpButtons =
      (LinearLayout.LayoutParams)buttonMeasure.getLayoutParams();
lpButtons.leftMargin = windowWidth / 40;

for(Button b : buttonSet){

   b.setTextSize(textSizeButton);
   b.setPadding(pad,pad,pad,pad);
   b.setLayoutParams(lpButtons);
}


tvActive = new TextViewFitText(this);
tvActive.setText(R.string.active);
tvActive.setTextColor(Color.rgb(0, 255, 0));
LinearLayout.LayoutParams lpTvActive = new LinearLayout.LayoutParams(
      3 * windowWidth / 4, 7 * menuHeight / 10);
lpTvActive.gravity = Gravity.CENTER_VERTICAL;
tvActive.setLayoutParams(lpTvActive);
tvActive.setX(windowWidth / 2 - 3 * windowWidth / 8);
tvActive.setSizeLimiter(TextSizeAdjuster.SizeLimiter.LIMIT_BY_WIDTH_AND_HEIGHT);
tvActive.setPaddingFractions(0.1f, 0.25f);
```

```
margin = windowHypo / 592;

int sensorFramePadding = (int)(windowHypo / 55f);

sensorFrame = new SensorFrame(windowHypo);
sensorFrame.setPadding(sensorFramePadding);
sensorFrame.set(margin, margin, showRealTimeGraphs ?
        2 * windowWidth / 3 : // do not change
        windowWidth - margin, frameHeight - margin);

ColorGetter colGet = new ColorGetter(this);
int colorX = colGet.getColor(R.color.axisHorizontal);
int colorY = colGet.getColor(R.color.axisVertical);

touchAxes = new TouchAxes(this.originPositionForSensing , this.dimension,
        sensorFrame.getRectInner(), sensorFrame.getRectOuter(),
        windowHypo, colorX, colorY, getString(R.string.Position));



int padding = (int)(sensorFramePadding/2.66f);

positionPlotterFrameHorizontal = new PositionPlotterFrame(
        sensorFrame.getRectInner(), sensorFrame.getRectOuter(), true);
positionPlotterFrameHorizontal.setBorderPadding(padding);
positionPlotterFrameHorizontal.setSidePadding(padding);
positionPlotterFrameHorizontal.set(2 * windowWidth / 3, margin, // do not change
        windowWidth - margin, frameHeight / 2);


positionPlotterFrameVertical = new PositionPlotterFrame(
        sensorFrame.getRectInner(), sensorFrame.getRectOuter(), false);
positionPlotterFrameVertical.setBorderPadding(padding);
positionPlotterFrameVertical.setSidePadding(padding);
positionPlotterFrameVertical.set(2 * windowWidth / 3, frameHeight / 2, // do not change
        windowWidth - margin, frameHeight - margin);


DashAndLabelTransmit dashAndLabelTransmit = new DashAndLabelTransmit();

float f = windowHypo / 740.25f;

String Position = getString(R.string.Position);
String Time = getString(R.string.Time);

positionPlotterHorizontal = new PositionPlotter(sensorFrame,
        positionPlotterFrameHorizontal, originPositionForSensing, true,
        generatePaint(Color.rgb(180, 0, 0), f), windowHypo, Position, Time);


positionPlotterVertical = new PositionPlotter(sensorFrame,
        positionPlotterFrameVertical, originPositionForSensing, false,
        generatePaint(Color.rgb(180, 180, 0), f), windowHypo, Position, Time);


touchDrawer.set(touchAxes, sensorFrame, listenerOriginMover, dataStorageConcurrent,
        dataStorageRealTime, threadSynchronise, timeScale, windowHypo);
touchDrawer.setPositionPlotterFrameHorizontal(positionPlotterFrameHorizontal);
touchDrawer.setPositionPlotterFrameVertical(positionPlotterFrameVertical);
touchDrawer.setPositionPlotterHorizontal(positionPlotterHorizontal);
touchDrawer.setPositionPlotterVertical(positionPlotterVertical);

listenerOriginMover.setScale(windowHypo);
listenerOriginMover.setTouchAxes(touchAxes);
```

```
    listenerOriginMover.setSensingActivity(this);
    listenerOriginMover.setTouchDrawer(touchDrawer);
    listenerOriginMover.setSensorRectangles(sensorFrame.getRectInner(),
            sensorFrame.getRectOuter());


    buttonMeasure.setOnClickListener(this);
    buttonOptions.setOnClickListener(this);

    removeButton(buttonCropData);
    removeButton(buttonSaveMeasurement);
    removeButton(buttonNewMeasurement);

    getOptionsFromMemory();

    unitHandler = new UnitHandler(this.unitCalibration, this.perPixelValueBigCalibration);
    unitHandler.setPreferredUnit(this.unitPreferred);
    dashManager = new DashManager(unitHandler);
    float offeredDashInterval = (float)windowWidth / 25f;
    dashManager.setOfferedDashInterval(offeredDashInterval);
    dashManager.calculateDashRealValues();
    dashManager.calculateDashIntervalPixels();

    String unitAbbrv = unitHandler.getUnitAbbreviation().equals("px") ?
            getString(R.string.px) : unitHandler.getUnitAbbreviation();

    touchAxes.init(dashManager, unitAbbrv, dashAndLabelTransmit);

    positionPlotterHorizontal.init(timeScale, dashAndLabelTransmit, unitAbbrv);
    positionPlotterVertical.init(timeScale, dashAndLabelTransmit, unitAbbrv);

    setShowGraph(this.showRealTimeGraphs);
    setAutoScaleTimeAxis(this.autoScaleTimeAxes);
    setDimension(this.dimension);
    setOriginPosition(this.originPositionForSensing);
    setTimeInterval(this.timeScale.getCurrentKey());
    setUnitPreferred(this.unitPreferred);
}
//onCreate



private void getOptionsFromMemory(){

    SharedPreferences sharedPreferences = getPreferences(Context.MODE_PRIVATE);

    this.dimension  = Dimension.valueOf(sharedPreferences.getString(
            getString(R.string.konum_shared_preference_dimension),
            String.valueOf(Dimension.TWO_DIMENSIONAL)));

    this.showRealTimeGraphs = sharedPreferences.getBoolean(
            getString(R.string.konum_shared_preference_showRealTimeGraphs), true);

    timeScale.setCurrentKey(sharedPreferences.getInt(
            getString(R.string.konum_shared_preference_timeScaleKey), 42));
    determinedTimeScaleKey = timeScale.getCurrentKey();

    this.autoScaleTimeAxes = sharedPreferences.getBoolean(
            getString(R.string.konum_shared_preference_autoScaleTimeAxes), true);

    this.originPositionForSensing =
            OriginPositionForSensing.valueOf(sharedPreferences.getString(
            getString(R.string.konum_shared_preference_originPositionForSensing),
            String.valueOf(OriginPositionForSensing.CENTER)));
```

```
    this.unitPreferred = UnitPreferred.valueOf(sharedPreferences.getString(
            getString(R.string.konum_shared_preference_unit_preferred), UnitPreferred.PIXEL.name()));

    SharedPreferences sharedPreferences2 = getSharedPreferences(
            getString(R.string.konum_calibration), Context.MODE_PRIVATE);
    this.unitCalibration = UnitCalibration.valueOf(
            sharedPreferences2.getString(
                    getString(R.string.konum_calibration_unit_key), "NOT_SET"));
    this.perPixelValueBigCalibration = new BigDecimal(
            sharedPreferences2.getString(
            getString(R.string.konum_calibration_perPixelValue_key), "1"));
}
// getOptionsFromMemory



private void updatePositionPlottersForChangeUnit(){

    String unitAbbrv = unitHandler.getUnitAbbreviation().equals("px") ?
            getString(R.string.px) : unitHandler.getUnitAbbreviation();
    positionPlotterHorizontal.changeUnit(unitAbbrv);
    positionPlotterVertical.changeUnit(unitAbbrv);
}



private void updatePositionPlottersForShowGraph() {

    positionPlotterVertical.changeShowGraph();
    positionPlotterHorizontal.changeShowGraph();
}



private void updatePositionPlottersForTimeInterval(){

    positionPlotterHorizontal.changeTimeInterval();
    positionPlotterVertical.changeTimeInterval();
}



private void updatePositionPlottersForChangeDimension(){

    positionPlotterVertical.changeDimension(positionPlotterFrameVertical);
    touchDrawer.setPositionPlotterVertical(positionPlotterVertical);

    positionPlotterHorizontal.changeDimension(positionPlotterFrameHorizontal);
    touchDrawer.setPositionPlotterHorizontal(positionPlotterHorizontal);
}




private void updatePositionPlottersForChangeOrigin(){

    positionPlotterVertical.changeOrigin(originPositionForSensing);
    touchDrawer.setPositionPlotterVertical(positionPlotterVertical);

    positionPlotterHorizontal.changeOrigin(originPositionForSensing);
    touchDrawer.setPositionPlotterHorizontal(positionPlotterHorizontal);
}
```

```
private void updatePositionPlotterFrames(){

   switch (this.dimension){

      case TWO_DIMENSIONAL:

         positionPlotterFrameVertical.set(2 * windowWidth / 3, frameHeight / 2,
               windowWidth - margin, frameHeight - margin);
         touchDrawer.setPositionPlotterFrameVertical(positionPlotterFrameVertical);
         break;

      case VERTICAL_1D:

         positionPlotterFrameVertical.set(2 * windowWidth / 3, margin,
               windowWidth - margin, frameHeight / 2);
         touchDrawer.setPositionPlotterFrameVertical(positionPlotterFrameVertical);
         break;

      default:
         break;
   }
}



// dialogOptionsSense invokes
public void setDimension(Dimension dimension){

   this.dimension = dimension;
   touchDrawer.setTheDimension(dimension);
   touchAxes.changeDimension(dimension);
   touchAxes.updateDashesAndLabels();
   touchAxes.updateAxisIdentifiers();
   updatePositionPlotterFrames();
   updatePositionPlottersForChangeDimension();

}



// dialogOptionsSense invokes
public void setShowGraph(boolean show){

   this.showRealTimeGraphs = show;
   touchDrawer.setShowRealTimeGraphs(show);
   if( ! show){

      sensorFrame.set(margin, margin, windowWidth - margin, frameHeight - margin);
      touchAxes.changeSensorFrame(sensorFrame.getRectInner(), sensorFrame.getRectOuter());
   }
   else
   {
      sensorFrame.set(margin, margin, 2 * windowWidth / 3, frameHeight - margin);
      touchAxes.changeSensorFrame(sensorFrame.getRectInner(), sensorFrame.getRectOuter());

   }
```

```
    listenerOriginMover.setSensorRectangles(
                                            sensorFrame.getRectInner(),
                                            sensorFrame.getRectOuter());
    touchAxes.updateDashesAndLabels();
    touchAxes.updateAxisIdentifiers();
    updatePositionPlottersForShowGraph();
}



// dialogOptionsSense invokes
public void setAutoScaleTimeAxis(boolean autoScale){

    this.autoScaleTimeAxes = autoScale;
    touchDrawer.setAutoScaleTimeAxes(autoScale);
}



// dialogOptionsSense invokes
public void setTimeInterval(int key){

    timeScale.setCurrentKey(key);
    determinedTimeScaleKey = key;
    updatePositionPlottersForTimeInterval();
}



// dialogOptionsSense invokes
public void setUnitPreferred(UnitPreferred unit){

    this.unitPreferred = unit;
    unitHandler.setPreferredUnit(unit);
    dashManager.calculateDashRealValues();
    dashManager.calculateDashIntervalPixels();
    touchAxes.updateDashesAndLabels();
    String unitAbbrv = unitHandler.getUnitAbbreviation().equals("px") ?
          getString(R.string.px) : unitHandler.getUnitAbbreviation();
    touchAxes.setCurrentUnitAbbrv(unitAbbrv);
    touchAxes.updateAxisIdentifiers();
    updatePositionPlottersForChangeUnit();
}



// this, listenerOriginMover invokes
public void setOriginPosition(OriginPositionForSensing originPosition){

    this.originPositionForSensing = originPosition;
    touchAxes.changeOrigin(originPosition);
    touchAxes.updateDashesAndLabels();
    touchAxes.updateAxisIdentifiers();
    updatePositionPlottersForChangeOrigin();
}
```

```
@Override
public void onClick(View v) {

   if(v.equals(buttonMeasure))
   {
      removeButton(buttonOptions);
      removeButton(buttonCropData);
      removeButton(buttonSaveMeasurement);
      getReadyToSenseData();
      menuLayout.addView(tvActive, 0);
      removeButton(buttonMeasure);
   }
   else if(v.equals(buttonOptions))
   {
      launchDialogOptionsSense();
   }
   else if(v.equals(buttonCropData))
   {
      DataFormatter df = new DataFormatter(dataStorageRealTime.arrayListStorageX,
            dataStorageRealTime.arrayListStorageY);
      MeasurementModelBuilder mmb = new MeasurementModelBuilder(
            sensorFrame, touchAxes, dataStorageRealTime.data2DRawList,
            df.convertToRealValues(unitHandler, dimension), unitPreferred);

      Intent intent = new Intent(this, DataCropper.class);
      intent.putExtra("MEASUREMENT_MODEL", mmb.getMeasurementModel());
      startActivity(intent);
      finish();
   }
   else if(v.equals(buttonSaveMeasurement))
   {
      DataFormatter df = new DataFormatter(dataStorageRealTime.arrayListStorageX,
            dataStorageRealTime.arrayListStorageY);
      MeasurementModelBuilder mmb = new MeasurementModelBuilder(
            sensorFrame, touchAxes, dataStorageRealTime.data2DRawList,
            df.convertToRealValues(unitHandler, dimension), unitPreferred);
      MeasurementModel mm = mmb.getMeasurementModel();

      DialogSave<MeasurementModel> dialogSaveMeasurement = new DialogSave<>();
      dialogSaveMeasurement.setModel(mm, MeasurementModel.class, this);
      dialogSaveMeasurement.setTitle(getString(R.string.save_measurement_sense));
      dialogSaveMeasurement.show(getFragmentManager(), "dialogSaveMeasurement");
   }
   else if(v.equals(buttonNewMeasurement))
   {
      removeButton(buttonNewMeasurement);
      removeButton(buttonCropData);
      removeButton(buttonSaveMeasurement);
      addButton(buttonMeasure, 0);
      addButton(buttonOptions, 1);
      timeScale.setCurrentKey(determinedTimeScaleKey);
      clear();
      updatePositionPlottersForTimeInterval();
      touchDrawer.drawThemAllInactive();
   }
}
//onClick
```

```
private void launchDialogOptionsSense(){

   dialogOptionsSense = new DialogOptionsSense();
   dialogOptionsSense.setTouchDrawer(this.touchDrawer);
   dialogOptionsSense.setUnitCalibration(this.unitCalibration);
   dialogOptionsSense.setUnitPreferred(this.unitPreferred);
   dialogOptionsSense.setDimension(this.dimension);
   dialogOptionsSense.setShowGraph(this.showRealTimeGraphs);
   dialogOptionsSense.setOriginPosition(this.originPositionForSensing);
   dialogOptionsSense.setAutoScaleTimeAxis(this.autoScaleTimeAxes);
   dialogOptionsSense.setTimeScaleKey(determinedTimeScaleKey);
   dialogOptionsSense.show(getFragmentManager(), "dialogOptionsSense");
}



private void clear(){

   dataStorageConcurrent.data2DConcurrentLinkedQueue.clear();

   dataStorageRealTime.data2DRawList.clear();
   dataStorageRealTime.data2DRawList.trimToSize();

   dataStorageRealTime.arrayListStorageX.clear();
   dataStorageRealTime.arrayListStorageY.clear();

   touchDrawer.drawThemAllInactive();
}



// dialog invokes
public void startSettingOrigin() {
   removeButtonsForDialog();
   touchSensor.setOnTouchListener(listenerOriginMover);
   touchDrawer.drawCandidateOriginCircles = true;
   touchDrawer.drawForOriginMover();

}



// listenerOriginMover invokes
public void stopSettingOrigin(){

   touchSensor.setOnTouchListener(null);
   setOriginPosition(this.originPositionForSensing);
   try
   {
      Thread.sleep(500);
   }
   catch(InterruptedException e)
   {
      Toast.makeText(SensingActivity.this, R.string.error,
                                 Toast.LENGTH_LONG).show();
   }
   addButtonsAfterDialog();
   dialogOptionsSense.setOriginPositionToSend(this.originPositionForSensing);
   dialogOptionsSense.show(getFragmentManager(), "dialog11");
}
```

```
// this invokes
private void getReadyToSenseData(){

   if(touchDrawer.drawingThread == null ||
         touchDrawer.drawingThread.getState() == Thread.State.TERMINATED)
   {
      touchDrawer.drawThemAllActive();

      listenerDataCollector = new ListenerDataCollector();
      listenerDataCollector.initialize(this, threadSynchronise,
            sensorFrame.getRectInner(), dataStorageConcurrent);
      touchSensor.setOnTouchListener(listenerDataCollector);

      touchDrawer.origin_X = touchAxes.getOriginX();
      touchDrawer.origin_Y = touchAxes.getOriginY();

      threadSynchronise.threadIsRunning = true;

      touchDrawer.runThread();
   }
}
//getReadyToSenseData



// touchSensor invokes
public void endSensingData(){

   touchSensor.setOnTouchListener(null);
   listenerDataCollector = null;
   threadSynchronise.threadIsRunning = false;
   menuLayout.removeView(tvActive);

   boolean[] bools = checkGreaterThan3(dataStorageRealTime);

   if(bools[0])
   {
      addButton(buttonSaveMeasurement, 0);
      addButton(buttonCropData, 1);
      addButton(buttonNewMeasurement, 2);

      if( ! bools[1])
      {
         dataStorageRealTime = excludeLessThanSize4(dataStorageRealTime);
      }
   }
   else
   {
      addButton(buttonNewMeasurement, 0);
      Toast.makeText(SensingActivity.this, R.string.try_again_S,
                              Toast.LENGTH_SHORT).show();
   }
}




private boolean[] checkGreaterThan3(TouchDataStorageRealTime tds){
```

```
    boolean has = false;
    boolean allGreater = true;

    for(ArrayList<TouchData> list : tds.arrayListStorageX.values())
    {
        boolean greater = list.size() > 3;

        if( ! has && greater)
        {
            has = true;
        }
        if(allGreater && ! greater)
        {
            allGreater = false;
        }
    }
    return new boolean[]{has, allGreater};
}



private TouchDataStorageRealTime excludeLessThanSize4(TouchDataStorageRealTime tds){

    HashMap<Integer, ArrayList<TouchData>> mapX = tds.arrayListStorageX;
    HashMap<Integer, ArrayList<TouchData>> mapY = tds.arrayListStorageY;
    HashSet<Integer> excludedIDs = new HashSet<>(4,1);

    for(int i : mapX.keySet())
    {
        if(mapX.get(i).size() < 4)
        {
            excludedIDs.add(i);
        }
    }
    for(Integer i : excludedIDs)
    {
        mapX.remove(i);
        mapY.remove(i);
    }
    ArrayList<TouchData2D> listOld = tds.data2DRawList;
    ArrayList<TouchData2D> listNew = new ArrayList<>();

    for(TouchData2D td : listOld)
    {
        if( ! excludedIDs.contains(td.getPointerId()))
        {
            listNew.add(td);
        }
    }
    tds.data2DRawList = listNew;
    return tds;
}
```

```
    private static Paint generatePaint(int color, float strokeWidth) {

        Paint paint = new Paint();
        paint.setColor(color);
        paint.setAntiAlias(true);
        paint.setStrokeWidth(strokeWidth);
        paint.setStyle(Paint.Style.FILL);
        paint.setStrokeCap(Paint.Cap.ROUND);
        return paint;
    }



    private void removeButtonsForDialog(){

        removeButton(buttonMeasure);
        removeButton(buttonOptions);
    }


    private void addButtonsAfterDialog(){

        addButton(buttonMeasure, 0);
        addButton(buttonOptions, 1);
    }



    private void removeButton(Button button){

        button.setOnClickListener(null);
        menuLayout.removeView(button);
    }



    private void addButton(Button button, int index){

        if( ! button.hasOnClickListeners() && button.getParent() == null) {

            button.setOnClickListener(this);
            menuLayout.addView(button, index);
        }
    }



    @Override
    public void onSave(boolean saved, String name) {

        if(saved)
        {
            removeButton(buttonSaveMeasurement);
        }
    }


}//class SensingActivity
```

EK-2 Araştırmacı Tarafından Hazırlanan Örnek Bir XML Dokümanı

```
<LinearLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
              xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
              android:layout_width="match_parent"
              android:layout_height="match_parent"
              android:orientation="vertical"
              tools:context="ufukdilek.konum.activities.SavedMeasurements"
              android:background="@color/orange">

    <RelativeLayout
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1">

    <FrameLayout
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="2dp"
        android:background="#000000"
        android:layout_above="@+id/space"
        android:layout_alignParentTop="true">

        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:text="@string/saved_measurements_SM"
            android:id="@+id/tvSMTitle"
            android:layout_gravity="center"
            android:paddingRight="4dp"
            android:paddingLeft="4dp"
            android:textColor="@color/orange"/>

    </FrameLayout>

        <Space
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="2dp"
            android:layout_alignParentBottom="true"
            android:layout_centerHorizontal="true"
            android:id="@+id/space"
            android:clickable="true"/>

    </RelativeLayout>



    <LinearLayout
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="12"
        android:baselineAligned="false">

        <FrameLayout
            android:layout_width="0dp"
            android:layout_height="match_parent"
            android:layout_weight="1"
            android:background="#000000"
            android:padding="2dp"
            android:id="@+id/listViewFrame"
            tools:ignore="NestedWeights">


        <ListView
```

```
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/listView"
    android:background="@drawable/list_view_background"
    android:layout_gravity="center"
    android:choiceMode="singleChoice" />


</FrameLayout>

<RelativeLayout
    android:layout_width="0dp"
    android:layout_height="match_parent"
    android:layout_weight="2"
    android:background="@color/orange">

    <Space
        android:layout_width="2dp"
        android:layout_height="match_parent"
        android:id="@+id/space2"/>


    <!-- z order -->
    <FrameLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="match_parent"
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_toRightOf="@+id/space2"
        android:layout_alignParentRight="true"
        android:layout_alignParentEnd="true"
        android:layout_toEndOf="@id/space2"
        android:id="@+id/rightParent">



    <!-- area on right -->

            <!-- active details area -->
            <ScrollView
                android:layout_width="match_parent"
                android:layout_height="match_parent"
                android:background="#11ff31"
                android:fillViewport="true">

                <LinearLayout
                    android:layout_width="match_parent"
                    android:layout_height="wrap_content"
                    android:background="#000000"
                    android:orientation="vertical"
                    android:id="@+id/linearLayoutRightMain">


                    <TextView
                        android:layout_width="wrap_content"
                        android:layout_height="wrap_content"
                        android:paddingTop="10dp"
                        android:paddingBottom="10dp"
                        android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceMedium"
                        android:text="Ufuk"
                        android:textColor="@color/text_dim_white"
                        android:id="@+id/tvTitleRight"
                        android:layout_gravity="center_horizontal"
                        tools:ignore="HardcodedText"/>
```

```
            <ufukdilek.konum.views.savedMeasur.TraceView
                android:layout_width="match_parent"
                android:layout_height="300dp"
                android:layout_gravity="center_horizontal"
                android:id="@+id/traceView"/>


            <LinearLayout
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:orientation="horizontal"
                android:layout_gravity="center_horizontal"
                android:id="@+id/linLayButtonsSM">


                <Button
                    android:layout_width="wrap_content"
                    android:layout_height="wrap_content"
                    android:layout_gravity="center_vertical"
                    android:text="@string/analyse"
                    android:layout_margin="1dp"
                    android:id="@+id/buttonAnalyseSM"
                    tools:ignore="ButtonStyle"/>

                <Button
                    android:layout_width="wrap_content"
                    android:layout_height="wrap_content"
                    android:layout_gravity="center_vertical"
                    android:text="@string/export_data"
                    android:layout_margin="1dp"
                    android:id="@+id/buttonExportSM"
                    tools:ignore="ButtonStyle"/>

                <Button
                    android:layout_width="wrap_content"
                    android:layout_height="wrap_content"
                    android:layout_gravity="center_vertical"
                    android:text="@string/Delete_SM"
                    android:layout_margin="1dp"
                    android:id="@+id/buttonDeleteSM"
                    tools:ignore="ButtonStyle"/>

            </LinearLayout>

        </LinearLayout>
    <!-- active details area -->
    </ScrollView>
<!-- area on right -->


  <FrameLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:background="#ff000000"
    android:id="@+id/areaOnRightUnselected"
    >


    <TextView
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceLarge"
        android:text="@string/no_measurement"
```

```
                android:id="@+id/tvNoSelection"
                android:layout_gravity="center"
                android:textColor="@color/text_dim_white"/>
            </FrameLayout>
            <!-- area on right -->


        </FrameLayout>
        <!-- z order -->

    </RelativeLayout>
  </LinearLayout>

</LinearLayout>
```