T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTA ÖĞRETİM ÖĞRENCİLERİNİN FİZİK EĞİTİMİNDE KULLANMAK AMACIYLA SANAL GERÇEKLİK ORTAMINDA KUVVET GERİBESLEMELİ HAPTİK UYGULAMALAR GELİŞTİRİLMESİ

TURHAN CİVELEK

DOKTORA TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: DOÇ. DR. ERDEM UÇAR

EDİRNE-2014

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erdem UÇAR
Tez Danışmanı

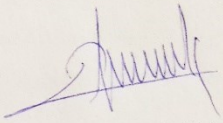
Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında bir doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN	
Prof. Dr. Hasan Hüseyin BALIK	
Prof. Dr. Yılmaz ÇAN	
Doç. Dr. Erdem UÇAR	
Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT	

Tarih: 26/06/2014

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.



26/06/2014

Turhan CİVELEK

Doktora Tezi
TURHAN CİVELEK
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu tez çalışmasında, bilgisayar mühendisliği alanında yaygın kullanım alanı bulmaya başlayan sanal gerçeklik (virtual reality) ortamlarında duyusal tepki oluşturan haptik uygulamalar tasarlandı. Uygulamalar için çeşitli algoritma adımları belirlendi. Algoritma adımlarına göre ilgili yazılım ve donanım araçlarını içeren sanal gerçeklik ortamında fizik eğitimine yönelik kuvvet geribeslemeli (force feedback) haptik uygulamalar geliştirildi. Yazılım mühendisliğini içeren uygulama geliştirme sürecinde algoritma adımları ve matematiksel özellikler kodlandı. İnsan-makine etkileşimini sağlayan çevresel birimlerin ortama katılımı sağlandı.

Gezegenler arası kütle çekimi konusu, planlanan algoritma adımlarına göre visual studio 2010 C++ yazılım platformu üzerinde OpenGL tabanlı OpenHaptics kütüphaneleri kullanılarak tasarlandı. Uygulama, gezegenlerin büyüklükleri, yörüngeleri, yörünge hızları, kendi etrafındaki dönme hızları ve çekimi kuvvetini hesaplayacak şekilde kodlandı. Kodlama sonucunda oluşturulan yazılım araçları, bilgisayar, görüntü birimleri ve haptik cihaz birbirlerine katılımları sağlanarak yazılım ve donanım mühendisliği araçlarını içeren sanal gerçeklik laboratuvarı kuruldu.

Çalışmada, 106 öğrenciye tasarlanan sanal gerçeklik laboratuvarında, 109 öğrenciye geleneksel yöntemlerle sınıfta 15 gün boyunca aynı fizik konuları anlatıldı. Ders anlatımları sonunda gruplara ayrı ayrı 38 sorudan oluşan iki anket uygulandı ve 8 soruluk sınav yapıldı. Anket verilerinin ve sınav sonuçlarının istatistiksel çözümlemesi yapıldı. Verilerin istatistiksel analizinde sonucunda, sanal gerçeklik ortamında kuvvet geri beslemeli haptik uygulamalı ders anlatımı, geleneksel ders anlatımına göre daha verimli olduğu belirlendi.

Yıl : 2014
Sayfa Sayısı : 90
Anahtar Kelimeler : Sanal geçeklik, Haptik, yazılım, 3D modelleme, fizik öğretimi, bilgisayar destekli öğretim, istatistik, insan-makine etkileşimi.

Doctoral Thesis
TURHAN CİVELEK
Trakya University Institute of Natural Sciences
Department of Computer Engineering

ABSTRACT

In this study, the researcher desiged haptic applications for emotional response in a virtual reality environment which is becoming widely applied in computer engineering. Various blocks of algorithms are identified for the applications. According to these algorithms blocks, force feedback haptic applications for physics education by using some virtual reality software and hardware tools are designed. At the time of the application development process of software engineering, algorithm blocks and mathematical properties are coded before the peripheral units are integrated.

The subject of planetary gravitational attraction is designed by using OpenGL based OpenHaptics libraries on Visual Studio 2010 C++ , according to the planned algorith blocks. The coding process allowed the end-user to calculate, manipulate the masses, orbital speed, rotation period and gravitational force of the planets. At the end of the coding process, the software tools, computer, monitors and haptic tools are integrated to build a virtual reality laboratory which includes various software and hardware engineering tools.

Two-group posttest-only randomised experimental design was used in this study. 106 students received designated physics subjects in the mentioned virtual reality laboratory while 109 students received the same subject in conventional ways in a classroom. The course took 15 days after which the students in both groups received a questioneer of 38 questions and an exam of 8 questions. Data from both sourses are analysed and results show that teaching physics by using the force feedback haptic applications is better than conventional methods in virtual reality environment.

Year : 2014
Number of Pages : 90
Keywords : Virtual reality, haptics, software, 3D modeling, physical education, computer-aided instruction, statistics, human-machine interaction.

ÖNSÖZ

Bilgisayar teknolojilerinde sanan laboratuvar ve haptik teknolojilerin kullanılması yaygınlık kazanmaktadır. Daha çok askeri, tıp ve oyun alanında kullanılan bu teknolojilerin eğitim alanında da kullanımı artmaktadır. Buna bağlı olarak öğretim ortama ve araçlarımızı tekrar gözden geçirmemiz gerekmektedir. Özellikle teknoloji alanında öne geçmek isteyen ülkeler bu teknolojileri hayatın bütün alanları ile bütünleştirilmektedir. Gelişmiş ülkeler diğer ülkelere göre fark atmış durumdalar.

Bu süreç bizimde bu teknolojileri kullanmamızı zorunlu kılmaktadır. Teknoloji, eğitim ve toplum arasında olmazsa-olmaz seviyesinde yakın bir ilişki bulunmaktadır kaynaklanmaktadır. Teknolojinin değişimine bağlı olarak beceri düzeyleri değişmekte yapılan çalışmaların ürüne dönüşüm süresi azalmakta ve yeni eğitim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle eğitim öğretim niteliğinin artırılmasında, soyut kavramların somutlaştırılmasında teknolojinin etkin kullanımı öğrencilere büyük faydalar sağladığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Özellikle sanal laboratuvarlarla beraber haptik cihazların kullanılması daha fazla duyu organına hitap etmekte, öğrenme düzeyi ve kalıcılığını artırmaktadır. Günümüzde, bilgisayarların ve bilgisayar teknolojilerinin, eğitim ve öğretimde kullanılması eğitim ve öğretim beklentilerini büyük ölçüde karşılayacaktır.

Bu araştırmada, fizik eğitimine yönelik sanal gerçeklik ortamında kuvvet geri beslemeli haptik uygulama geliştirilmiştir. Bu sayede geleneksel ders anlatımı ve geleneksel laboratuvar ortamlarında yapılamayacak deneylerin öğrencilerle gerçekleştirilebileceği, öğrencilerin kavramları ve kavramlar arası ilişkileri yaparak öğrenebilecekleri düşünülmektedir. Bu uygulamalarla zaman ve malzeme problemi giderilerek aynı deneyi öğrencinin istediği kadar tekrar etmesi sağlanmış olacaktır. Uygulama ve cihazların kullanım kolaylığı ve rahatlığı bireysel uygulamaya fırsat verdiğinden öğretmen üzerindeki yükü azaltacaktır.

Yapılan çalışma sonucunda hazırlanan fizik eğitimine yönelik sanal gerçeklik ortamında kuvvet geri beslemeli haptik uygulamaları, geleneksel ders anlatımlarına göre öğrenci başarısını ve fiziğe karsı ilgiyi daha çok arttırdığı görülmüştür. Bu sonuç fizik eğitimine yönelik sanal gerçeklik ortamında kuvvet geri beslemeli haptik uygulamalarını ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada bilimsel öneri ve katkılarıyla bana rehberlik yapan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Erdem Uçar'a ve değerli tez izleme komitesi hocalarım Prof. Dr. Hasan Hüseyin Balık ve Doç. Dr. Yılmaz Kılıçaslan Beylere içtenlikle teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Araştırma sırasında bana yardımcı olan doktora öğrencisi Hakan Üstünel Beye, eleştiri ve fikirlerine başvurduğum değerli hocalarıma, teze emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Araştırmam boyunca maddi manevi her zaman yanımda olan çocuklarım Rukiye, Nilüfer ve Semih Burhan'a, çalışmalarımda beni teşvik eden sevgili eşim Hatice hanımefendiye şükranlarımı ve sevgilerimi sunuyorum.

Turhan CİVELEK

İÇİNDEKİLER

ÖZET ……i
ABSTRACT ……ii
ÖNSÖZ ……...iii
İÇİNDEKİLER ……v
TABLOLAR ……..vii
ŞEKİLLER ……...viii
KISALTMALAR ……...ix
1 GİRİŞ ……...1
1.1 Çalışmanın Yol Haritası 1
1.2 Haptik Uygulamalı Sanal Gerçeklik ve Kullanıldığı Alanlar 2
1.3 Eğitimde Sanal Gerçeklik 2
1.4 Sanal Gerçeklik ve Haptik Cihazlar Alanında Yapılan Çalışmalar 3
1.5 Öğretim Alanında Literatür Özeti 7
1.6 Konu 9
1.7 Amaç 9
1.8 Kapsam 9
1.9 Araştırmanın Önemi 10
2 SANAL GERÇEKLİK ORTAMI ……..12
2.1 Sanal Gerçeklik Ortamı 12
2.2 Phantom Omni 13
2.3 3D Görüntü Birimi 14
2.4 Haptik Kanvas Uygulama Yapısı 14
2.5 OpenHaptics Programı Mantık Döngüsü 18
2.6 QuickHaptics Micro API Sınıfları 18
3 MATERYAL VE METOD ……23
3.1 Problem 23
3.2 Alt Problemler 23
3.3 Varsayımlar 24
3.4 Sınırlılıklar 24
3.5 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler 24
3.6 Araştırma Yöntemi 25

3.7 Çalışma Grubu 26
3.8 Örneklem Seçimi 26
3.9 Veri Toplama Yöntemi 26
3.10 Kullanılan İstatistiksel Yöntemler ve Tanımlar 27
3.11 Sanal uygulamanın tasarlanması 27
3.12 Gezegenler Arası Kütle Çekimi Yazılımı 28
3.13 Yazılımın Genel Akış Şeması 39
3.14 Öğrencilere Anket Uygularken Ders Yapılış Detayları 40
3.15 Güneş Sistemi 40
3.16 Öğrencilere anlatılan konular 41
3.17 Geleneksel Yöntemlerle Sınıf Ortamında Fizik Dersi anlatımı Şekli 42
3.18 SGO'nda KGB HDlı Fizik Dersi Anlatım Şekli 42
3.19 Geliştirilen Uygulamaların Kullanım Şekilleri ve Öğrenci Kazanımları 42
3.20 Verileri Çözümleme Yöntemi 44
4 ARAŞTIRMA SONUÇLAR1 VE TARTIŞMA 46
4.1 Araştırma Sonuçları 46
4.2 Sınıf Ortamına Taşınamayacak Materyalleri Görmesi 46
4.3 Dersin Sevdirilmesi, Çekiciliğinin Artırılması 47
4.4 Öğrencilerin Öğrenmelerine Etkisi 49
4.5 Ders Anlatım Şekli ve İçerikleri 50
4.6 Öğrencilerin Bilgiye Ulaşımı 52
4.7 Öğrencilerin Ufuklarının Açılması 54
4.8 Öğrencilerin Dokunma ve Ortamda Bulunma Hissini Algılaması 55
4.9 Sınav Sorularına Verilen Cevaplar 56
4.10 Tartışma 57
4.11 Sonuç 62
4.12 Öneriler 65
5 KAYNAKÇA 67
6 EKLER 72
ÖZGEÇMİŞ 79
TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER 81

TABLOLAR

Tablo 3-1 Anket maddeleri. 25
Tablo 4-1 Materyal tablosu 46
Tablo 4-2 Dersin sevdirilmesi 48
Tablo 4-3 Öğrencilerin öğrenimleri 49
Tablo 4-4 Ders içerikleri 51
Tablo 4-5 Bilgiye ulaşım 53
Tablo 4-6 Öğrencilerin ufuklarının açılması 54
Tablo 4-7 Kullanılan cihazlarla etkileşim 55
Tablo 4-8 öğrencilere yapılan sınav değerlendirmesi 57

ŞEKİLLER

Şekil 2-1 Haptik uygulamalı sanal gerçeklik ortamı 12
Şekil 2-2 Phantomun konum ve yönelimleri 13
Şekil 2-3 Haptik cihaz hareketleri 13
Şekil 2-4 3D görüntü aracı 14
Şekil 2-5 Haptik kanvas uygulama mimarisi 15
Şekil 2-6 OpenHaptics'e göre QuickHaptics micro işlevselliği 17
Şekil 2-7 OpenHaptics programın mantıksal şeması 18
Şekil 2-8 Haptik arayüz noktası 19
Şekil 2-9 Çalışma alanı için yazılımla gelen düzlem 20
Şekil 2-10 Cursor sınıfın diğer sınıflarla ilişkisi 22
Şekil 2-11 QuickHaptics micro API program akışı 22
Şekil 3-1 Veri sınıfı algoritma adımları akış diyagramı 28
Şekil 3-2 Hız fonksiyonu algoritma adımları 29
Şekil 3-3 Gezegenlerin hız değişkenlerine ait algoritma adımları 30
Şekil 3-4 Küre nesnelerin özelliklerini tanımlayan fonksiyon 31
Şekil 3-5 Kamera ayarları için kamera fonksiyonu 33
Şekil 3-6 Grafik GeriCagır fonksiyonu algoritma adımları 34
Şekil 3-7 kuvvetHesapla fonksiyonu algoritma adımları 35
Şekil 3-8 kuvvetEtki fonksiyonuna ait algoritma adımları 37
Şekil 3-9 Ekran koordinatları 38
Şekil 3-10 Yazılımın genel akış şeması 39
Şekil 3-11 güneş sistemi 40
Şekil 3-12 Güneş dünya etkileşimi 41
Şekil 3-13 HD'lar ve görüntü birimleri ile ders anlatımı 42
Şekil 3-14 Güneş ile dünya arasındaki kütle çekimi kuvveti simülasyonu 43
Şekil 3-15 Güneş sistemi simülasyonu 43
Şekil 3-16 HO hipotezinin kabul ve ret bölgelerini gösteren grafik 45

KISALTMALAR

H	:Hipotez
SD	:Serbestlik Derecesi
$\dot{X}$	:Ortalama
S	.Standart sapma
X	:Örneklem
$S\dot{x}_1\text{-}\dot{x}_2$	:Standart hata
T	:t-istatistiksel değeri
sd	:Serbestlik derecesi
P	:Olasılık değeri
SGO	:Sanal gerçeklik ortamı
HU	:Haptik uygulama
KGB	:Kuvvet geri besleme
GDA	:Geleneksel ders anlatımı
HD	:Haptik cihaz (Haptic device)
IDE	:Tümleşik geliştirme ortamı (Integrated development environment)
GUI	:Grafik kullanıcı arayüzü (Graphical user ınterface)
HHD	:Haptik cihaz kolu (Hatic device handle)
HHLRC	:Haptik sahneleme içeriği (Haptic rendering context)
HL	:Haptik kütüphane (Haptic library)
DOF	:Serbestlik derrecesi (Degrees of freedom)
API	:Uygulama programlama arayüzü (Application Programming Interface)
openGL	:Açık grafik kütüphanesi
D	:Boyut (Dimension)
PDD	:Phanton cihaz sürücüsü (Phantom device drivers)
HIP	:Haptik arayüz noktası (Haptic interface point)
MSSCCI	:Microsoft kaynak kod kontrol arayüzü
QHWİN32	:Microsoft Win32 uygulama programlama arayüzü
QHGLUT	: Açık grafik kütüphanesi araç takımı.

1 GİRİŞ

Bilgisayar mühendisliği alanındaki çalışmalar çağdaş makine ve mühendislik anlamında 1940'den itibaren gelişmeye başladı [1]. Çeşitli alanlarda karşılaşılan problemlere çözüm getirmek amacıyla yazılım ve donanım bazında çözümler geliştirmek için kullanılır. Bilgisayar mühendisliği temel olarak donanım, yazılım, programlana ve algoritmalarla ilgilenir. Diğer disiplinlerin tasarım, işletme ve performansları üzerinde önemli rol oynar. Sistem kullanıcılarına daha hızlı, güçlü ve ucuz çözümler sunar [2]. Ayrıca hedeflenen çalışmalara yönelik tasarımların bireylerin hizmetine sunulmasıyla birçok sektörün gelişiminde önemli katkı sağlar.

Bilgi iletişim teknolojilerinin gelişiminde bilgisayar mühendisliği önemli rol oynamaktadır. Verilerin nasıl işleneceği bilgisayar bilimi, süreci belirlenmiş bir işin tasarım ve gerçekleştirilmesi yazılım mühendisliği, donanım ve yazılımı gerektiren bilgi sistemlerinin tasarım ve işletilmesi sistem mühendisliği ana dallarında irdelenmektedir [3].

Bilgisayar bilimleri algoritmik süreçlerle çalışır. Problem çözümüne yönelik geliştirilecek uygulamaların algoritmik süreçlerinin biçimsel ve matematiksel özelliklerini tanımlar. Tanımlanan özelliklere göre gerekli donanım ve programlama dilleri belirlenir. Algoritma, problemi basit adımlarla çözme yöntemidir. Çalışma mantığı istenilen verileri girdi olarak alır ve sonucu çıktı olarak verir. Algoritma belirgin, yürütülebilir, anlaşılabilir, sıralı ve gerektiğinde tekrarlanabilir olmalıdır. Algoritmik süreçte problemin sunum ve sonucu birbiri ile ilişkilidir [4].

1.1 Çalışmanın Yol Haritası

Birinci bölümünde araştırmanın amacı, sanal gerçeklik ve öğretim alanında literatür taraması, tez konusu, kapsamı ve araştırmanın önemi tanımlanacaktır. İkinci bölümde sanal gerçeklik ortamları, haptik cihaz ve yazılım geliştirme araç ve ortamları tanımlanacaktır. Üçüncü bölümde problemler, araştırma yöntemi, istatistiksel yöntemler, uygulanmanın tasarlanması, ders anlatım şekilleri ve verilerin çözümleme yöntemleri anlatılacaktır. Dördüncü bölümde istatistiksel analiz sonuçları, tartışma, sonuçlar ve öneriler verilecektir. Beş ve altıncı bölümde kaynakça ve eklerle çalışma sonlandırılacaktır.

1.2 Haptik Uygulamalı Sanal Gerçeklik ve Kullanıldığı Alanlar

Sanal gerçeklik ilk olarak 1965 yılında Ivan Sutherland tarafından başlatıldı. Sanal gerçeklik tamamen duyusal, çok yönlü etkileşimli, çoklu algılama öğeleri içeren, gözlemci merkezli üç boyutlu bilgisayar tarafından oluşturulur [5]. Sanal gerçeklik ortamları, bilgisayarlarla gerçeğe yakın benzetilmiş dünyayı vücuda giyilen veya elle kullanılan özel donanımlarla insan beyninin algılaması ve bu sanal dünya ile etkileşim halinde bulunmasıdır. Bu dünyanın tasarlanması için OpenGL, OpenHaptics, VPython, ve X3D grafik programlama dilleri ile bilgisayarlar, haptik cihazlar, 3-D sensörler, aynalar ve 3-D ses üretici donanımlar kullanılır [6]. Günümüzde sanal gerçeklik ortamları ve haptik cihazlar aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır.

- Tıpta, ameliyatlarla ilgili kadavra eğitimi, doku dikimleri, doku kesimleri, kemiklerle ilgili deformedeler, dişle ilgili çalışmalar ve ameliyat öncesi hazırlık ve planlamalarda [7] [8],
- Askeri alanda, pilotların eğitimi, operasyon öncesi hazırlıklarda, yakın dövüş ve atış eğitimlerinde [7] [8]
- Oyunlarda, sanal karakter ve cihazlarla gerçek yaşamdaki gibi etkileşimde [7] [8],
- Planlamada, bilimsel çalışmalar için çeşitli modellemeler tasarlanarak ön hazırlık aşamalarında [7] [8],
- Mimari çalışmalarda, proje uygulama sürecinde oluşabilecek riskleri minimize etmek için proje öncesinde bir kısım testler yapılarak sonrasında gerçekleştirme aşamasına geçmek için kullanılmaktadır [7] [8].

1.3 Eğitimde Sanal Gerçeklik

Dokunma bireylerin bebeklik dönemlerinden itibaren çevrelerini tanımak için kullandıkları duyu organlarından bir tanesidir. Bireylerin dünyayı anlama ve anlamlandırma süreçlerinde önemli bir yere sahiptir. Öğrenme ortamları incelendiğinde daha çok görme ve duyma duyularına hitap edildiği görülmektedir. Son araştırmalarda farklı duyuların uyarılmasının öğrencilerin kavram ya da olayları algılamasında destekleyici rol üstleneceği düşüncesi ön plana çıkmaktadır [9]. Görsel ortamlarda gelişen aşinalık hissi ortamdaki bir değişikliğe odaklanma süresini anlamlı bir şekilde artırmaktadır. Sanal gerçeklik ortamı

(SGO) görsel dikkatlerin bilişsel ajandalarda bilinç üstü bir şekilde tutulmayan objeler veya olaylar üzerine çekilmesine olanak sağlamaktadır [10].

Günümüzde grafiksel çizimler boya, fırça ve tuval yerine bilişim teknolojileri araçları tarafından sunulan güçlü bilgisayar destekli ortamlarla oluşturulmaktadır [11]. Yeni teknolojilerin kullanıldığı SGO'da tasarlanan objelerle bu ortamları kullanan kullanıcılar etkileşirler. Sanal objelere dokunma anında dokunma hissinin alınabilmesi için veri eldivenleri, phantom omni ve novint falcon gibi farklı türde Haptik cihazlar (HD) kullanılır. Cihazların genel konsepti bilgisayar grafiklerindeki sanal objelere dokunma hissini ve sanal dünyadaki fiziksel özellikleri algılama ve anlamaktır. Giriş çıkışlara bağlı HD'lar çok değişik şekiller alır. Fiziksel sınırlara sahiptirler. Kullanıcıya direnç ve ani hareket engeli gösterebilir. Haptik alanla sınırlı olan HD belirli yönlerde hareket akışını durdurabilir. Sanal nesnelerle etkileşim anında cihazlarda üretilen mekanik direnç kullanıcıya iletilir [12].

Eğitimde SGO ve HD'lar gelişmiş ülkelerde tıp ve dişçilik eğitimi veren üniversitelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde üniversitelerde bu ortam ve cihazlar üzerinde yapılan araştırmalar yenidir. Lise ve ilköğretim seviyesinde kullanımı bulunmamaktadır. Eğitim alanında bilgisayarlar bilgisayar öğretimi, hesaplamalar, araştırmalar, eğitim hizmetleri, rehberlik, laboratuvar aktiviteleri ve ölçme değerlendirme gibi alanlarda kullanılmaktadır.

1.4 Sanal Gerçeklik ve Haptik Cihazlar Alanında Yapılan Çalışmalar

Karacan, yaptığı çalışmada SGO'nı kullanıcıların etkileşim halinde olduğu sanal dünya ile fiziksel olarak kuşatılması olarak tanımladı. SGO uygulamalarında kullanıcılar iki fiziksel ortamı aynı anda algılamaktadır. Bunlardan ilki kişinin gerçekten var olduğu fiziksel dünya, diğeri ise iletişim kanalından kullanıcıya aktarılan dünyadır. Sanal ortamlarda kişide oluşturulan bulunma hissi, kişinin kendisini kanaldan iletilen dünyada hissetmesi ve iletilen dünyada bulunduğuna inanmasıdır [10].

Feyzabadi ve diğerleri, Bilek, dirsek ve omuz dış kuvvetlerin algılandığı insan kolunun üç ana noktası olduğunu belirtti. Kuvvet algısı etkileşime katılan kasların sayısından etkilenebilir. Bu kaslar tarafından en az algılanabilir kuvvet ortalama 0.04 Newton'dur [13]. SGO'nda kullanılan HD omni 3,3 newton kuvveti kola aktarabilmektedir. HD'lar gerçek dünyanın simule edilmesiyle oluşturulan SG uygulamaları ile etkileşimde kullanılır. Haptik

sistemler kullanıcıya sanal nesnelere dokunma anında mekanik kol titreşimi veya hareketleri ile haptik kuvvet geribildirimi veren teknolojilerdir [14].

Ralstone ve Reily, Sanal tasarımların sağladığı interaktif ortamların öğrencilerin keşif ve gözlem yapmasına fırsat vererek öğretime teşvik ettiğini belirtti [15]. Quintas ve diğerleri, sanal nesnelere etkileşen HD'lar kola geri bildirim vererek kullanıcıların gerçeklik ve derinlik algısını artırdığını belirtmiştir. Böylece gerçek bilginin geliştirilmesine katkıda bulunulur [16].

Santos ve Carvalho yaptıkları çalışmada deneyimsel öğrenmenin, deneyim, duygu ve duyumlara neden olan kullanıcı ve çevre arasındaki etkileşim sonucunda oluşan davranış değişikliğinden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Çalışmada haptik uygulamalar (HU) öğrencilerin teorik kavramlar ile pratik uygulama arasında ilişkiyi anlamalarına yardımcı olmak için tasarlanmış ve geliştirilmiştir. HU'lar öğrencilerin daha çok motive olmasını sağlamaktadır. HD'ların kullanılması ilgiyi artırmakta ve öğretime sürükleyicilik katmaktadır. Fizik Kuvvetleri 'sürtünme, aerodinamik, coulomb ve yerçekimii kuvveti gibi' ile ilgili deneyim fırsatları sunmaktadır [17].

Gosselin ve diğerleri, ağız ve çene cerrahisi bölümlerinde sonda becerileri için uzman cerrahlara yönelik geliştirdikleri HU, kuvvet, sertlik, bant genişliği ve hedeflenen görevler açısından mükemmel bir ortam sunmuştur. Yapılan uygulama sensorimotor kabiliyetlerin geliştirmesinde yardımcı olduğu görülmüştür. Uzman cerrahlar sistemi çok gerçekçi olarak değerlendirmiştir. HD'larla yapılan eğitimin acemi ve orta seviyedeki stajyerlerin öğretiminde üç hafta içerisinde ilerleme sağlayarak bu uygulamanın etkinliği ortaya konulmuştur [18].

Atomik kuvvet mikroskobu platformunda yaklaşım ve geri çekme öyküsü için tasarlanan mıknatıs-yay simülasyonu ve kuvvet geribildirimi kullanıcılar tarafından uygulanabilir bulunmuştur. Kullanıcıların yayın yaklaştırılması ve geri çekilmesi ilgili algılarına olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Özellikle haptik geribildirimin tasarlanan ortama eklenmesi fiziksel parametrelerin etkisini artırarak ilginin artmasına neden olmuştur [19].

Chen, SG uygulaması geliştirmiş ve çalışması sonucunda SG alanındaki gelişmelerin öğrencilerin teknoloji bilgisi ve yeteneğini artırdığını savunmuştur. Ders içeriklerine, öğrenmeyi daha anlamlı kılacak ve bireylerin ilgilerini geliştirecek SG uygulamalarını eklenmesinin olumlu katkı sağlayacağı belirtilmektedir [20].

Amditis ve diğerleri yaptıkları çalışmalarla SG teknolojileri, duyusal gösterim, etkileşim ve ortamda bulunmayı gerçek zamanlı simülasyon teknikleri ile sanal çevrelerin yüksek seviye yönetimi ile yaptıklarını ortaya koymuşlardır. SG ortamları, teknolojiyi kolaylaştırıcı ve sağlayıcı teknolojiler olarak tanımlamışlardır [21].

Bostan, SGO'ların tasarımında, tasarım süreci içerisinde kullanılan donanımların ve yazılımların tüm niteliklerinin yanında etkileşim seviyeleri ile aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi gerektiğini belirtmişledir. Tüm bu cihazlar birbirleri ile de etkileşime girdikleri için, hangi tür görsel ve dokunsal cihazlar ile kullanılmasının daha uygun olduğu, görsel ve dokunsal ipuçları arasında tutarlılığın nasıl sağlanacağı önceden belirlenmelidir [22].

Toyran, İnsan davranışlarının sayısal ortamda taklit edilebilmesinin tasarım aşamasını ve mimarlık eğitimine etkisi ile ilgili literatür temelli çalışmasında gerçeğe en yakın anlamda mekânı benzetebilmemiz için davranış tepkisi verebilen modeller geliştirilmesi gerektiği sonucuna vardı. Gerçekleştirilecek davranışların algoritmasının çıkarılması, yazılan program parçacıkları yardımıyla uygulanması sonucunda üç boyutlu sayısal ortamlar tasarlanması gerektiğini belirtti. Günümüzdeki paket programların bu anlamda eksikleri bulunmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesinde SG yazılımları ihtiyaç duyduğumuz önemli program parçalarından birisidir [23].

Dalaba, SGO'nda HU'lar, araştırmacılar için son 15 yılda çok aktif bir alan haline geldiğini belirtti. Uygulamalardaki nesne geometrisi, materyalleri, dokuları, kuvvetleri ve diğer ilişkili fiziksel özellikler gibi tüm kurulum araçlarını kapsar. Görselleştirme ve haptik yöntemler, tüm sistemin temel araştırma ve geliştirme bileşeni içine katılımları sağlanır. Haptik için geliştirilen yeni teknolojilerden kuvvet geri bildirim alma çok modelli etkileşim alanındaki çalışmalar bu tür arayüzlerin canlılığı göstermektedir. Dünya çapındaki bu araştırma çabalarının en önemli hedefi SG uygulamalarını kolaylaştırmaktır. Yazılım araçları, görsel görüntü ve haptik geribesleme sistemi arasında çevre birimleri ve senkronizasyon için gereklidir [24].

Koçak, bilgisayar, monitör, haptic cihaz, özel gözlük enstrümanı ve 3D görüntü, kullanılarak diş hekimliği eğitimine yönelik bir benzetim yazılımı geliştirdi. Sanal ortamda tüm çene modeli, sağlam ve çürük dişler taklit edilmiştir. Bu sistemle çürük tanısı yapılabilmekte ve ardından çürük bölge temizlenebilmektedir. Uygulamada, sanal dünyadaki objeler ile HD'ı temsil eden imleç arasındaki etkileşim karmaşık zincirleme reaksiyonlara

neden olduğunu tespit etmiştir. Geliştirilen sistem sayesinde diş hekimliği klinik eğitiminin çok daha gerçekçi ve etkili olmasını, öğrencilerin kliniğe daha hazır olarak çıkmaları sağladı. Geliştirilen uygulama ile hata yapma korkusu olmayan, zorlanılan uygulamaların tekrarlanabildiği, öğrenci performanslarının nicel olarak değerlendirilebildiği, gözetmen gerektirmeyen daha hızlı bir öğrenme ortamı kazanılmış ve eğitim masraflarının azaltılması sağlandı [25].

Dereli, inme sonrası üst ekstremite rehabilitasyonunda, sanal ortamda bilgisayarlı sistem ve cihazların kullanımı ile gerçek dünya ortamında gerçekleştirilen fonksiyonel, göreve yönlendirilmiş egzersiz tedavisi alanında hastaların tedavi olurken eğlenmesinden yola çıkılarak tekrar ve yorgunluk gerektiren rehabilitasyon uygulamalarının sıkıcılığı ile ilgili çalışma yapıldı. Çalışma sonucunda hastaların motivasyonları özellikle önceki seanslarda beceremedikleri ya da çok zorlandıkları aktiviteleri yapar hale geldiklerinde görülmüştür. Hasta su dolu bir bardağı taşımak istediğinde gerçek ortamda düşürme ve etrafı ıslatma korkusu nedeni ile aktivite performansı azalmaktadır. Oysa tasarlanan sanal ortam, içerisinde bu işlem endişe duyulmadan gerçekleştirilmiştir. Hastanın sanal ortamda gösterdiği başarıyı gerçek ortama aktarmada da başarılı olduğu saptandı [26].

Üner, SGO'nda diş üzerinde haptik sahneleme, grafik sahneleme, çarpışma algılaması ve kuvvet geri besleme metotları geliştirdi. Tanımlanan çalışmada haptik kesme işleminde kuvvet gerçekleştirmesi modeli, kesme kuvvetleri ve momentleri ile gerçek yaşamdaki uygulamalara göre daha hızlı ve ucuz uygulama sağlandı. HU'la sanal nesnelerle kesme işlemi ve dokunma etkileşimi ile gerçekliği artırıldı. Uygulamada haptik cihazlar iyi bir gerçeklik sağladı. Sanal nesneler hissedilmiş ve bunlara uygulanan itmeler algılandı [27].

Seymour ve diğerleri, Boston Dynamics İnc. Cerrahi simülatör sistemleriyle dokunma duyusu sorunlarına yönelik çalışmalar yapıldı. Katılımcılara sanal dünyada ki cerrahi işlemlerde pratik yapmak için gerçek ameliyatlarda kullanılan tıbbi aletleri tutma olanağı verilmiştir. Simülatörde, öğrenciler maşalar ve iğne kullanımı ile yumuşak başlı kanallı organlara dokunma, tutma, uçtan uca dikme gibi farklı bakış açıları ile uygulama yapar. Gerçek tıp aletleri sanal dünya ara yüzüyle kullanıldı. Öğrencinin gerçek aleti kavrama olayı 3D modelleme ile gerçek bir serüven gibi sunulmuştur [28]

Christodoulou ve diğerleri, 3D-görüş, 3D-ses ve haptik geribeslemeyi bütünleştirmeyi amaçlayan çalışma yapıldı. Bu çalışmada kullanılan yazılımlar değişik yaştaki öğretmen ve

öğrenciler gerçekleştirilmiş ve haptik cihazlardan alınan geri bildirimlerle öğrencilerin eğitiminde önemli faydalar sağladığı belirlenmiştir. HD'ların sanal cisimlere elle dokunma özelliği sunması, kullanılan sanal cisimlere uygulanan kuvvetlerin değerlerini, şekillerini ve ağırlıklarını anlama kabiliyeti oluşturması ile oluşturulan ara yüzlerin eğitimdeki her geçen gün artmaktadır. İlk ve ortaokullarda doğal dokunma ve hissetme ortamlarına sahip fırsatlar öğretimi umut vermektedir [29].

Yannier, iklim görselleştirme yaklaşımında, görselleştirme yanında kişinin dokunma duyusunu devreye sokan HD ile iklim verilerinin sebep sonuç ilişkisinin daha iyi kavranmasına neden olduğunu gösterdi. Arazide, gerçek zamanda görülen iklim üzerinde işleme etkileri HD geribesleme ile manipüle edilebilir. İklim değişikliklerini daha yerel olarak araştırmak için yüksek çözünürlüklü modeller geliştirilebilir [30].

Uehara ve Hayashi, yaptıkları çalışma ile mikroskobik nesnelerdeki bozulmaları gerçekleştirmek için mikroskop, haptik cihaz ve simülasyonlarla tasarlanmış sistem kurmuşlardır. Mikroskop tarafından çeşitli noktalardan görülüp deforme edilebilecek kütle ve ağırlığı sahip katı bir nokta ile ağırlığı olamayan boyutu olan yay tanımladı. PC deki haptik cihazlara sanal objelere dokunma da kuvvet geribesleme olup olmadığını değerlendirmek için uygulamayı geliştirmişlerdir. Çalışma ile kuvvet hissedilmiş ama mikroskobik nesnelerin esnekliği hissedilmemiştir. Gelecekte gösterim ve araştırma için mikro nesnelerin esnekliğini hissedecek şekilde etkileşim kuvveti verecek sistemler tasarlanmalıdır [31].

1.5 Öğretim Alanında Literatür Özeti

Öğrenci bilgiyi kendisinin içinde olduğu, ilk öğrenmelerine dayalı ve sosyal çevresiyle etkileşerek etkin bir şekilde kendisi oluşturur [32]. Öğrenme, konuya ilişkin ön bilgi, zihinsel yapı ve çevreyi algılama biçimine göre şekillenir [33]. Öğrenci, problem hakkında düşünmeye, hipotez kurmaya ve bu hipotezleri test etmeye yönlendirilir. Bu süreç eleştirel düşünceyi besler, öğrencilerin aktif ve motive olasını sağlar [34].

Bilişsel kuramda, biliş, insanın kendini, çevresini ve dünyayı anlamak için yaptığı işlemler bütünüdür. Birey, bilişin devreye girmesiyle uygun verileri seçerek kendi dışındaki uyarıcıları içselleştirir ve yapılandırır [35]. Piaget, bilginin verilerek değil çeşitli etkinliklerle keşfedilip yapılandırılabileceğini belirtir [36].

Watson'a göre öğrenme ancak bireyde gözlenebilen davranış değişikliği ile ifade edilmektedir [37]. Thorndike, öğrenme seviyesine gelmiş bireyde, uyarıcı ve tepki arasında kurulan güçlü bağ davranışın kusursuz yapılmasına neden olmaktadır [38]. Gagne, öğrenmenin gerçekleşmesi için dikkatin öğrenilecek materyale çekilmesi gerektiğini belirtir. Öğrenme ortamı öğretilecek konuyla ilgili görsel, işitsel ve sözel uyarıcılarla zenginleştirilmelidir [35] [39]. Uyarıcı bu ortamların öğrencinin gelişim özellikleri, okul ve sınıf düzeylerine göre hazırlanmasına dikkat edilmelidir [40].

Glaser, öğrenme-öğretme süreciyle ilgili kavram, olgu, ilke ve sürecin basit olarak algılanmasını hedeflenmiştir. Skinner, bilginin bütün halinde değil parçalanarak küçük adımlar halinde verilmesi gerektiğini belirtti. Bundan dolayı öğrenme ortamları farklı bilişsel, duyuşsal ve psikomotor özelliklerden kaynaklanan öğrenme problemlerini azaltacak materyallerden oluşmalıdır [41].

Carroll, okulda öğrenme modelinde öğrenme için en önemli faktörün zaman olduğunu belirtmiştir [42]. Bireyin öğrenme kabiliyetleri dikkate alınarak kendisine ihtiyaç duyduğu zamanı sağlayacak öğrenme ortamları hazırlanmalıdır. Slavin, Öğretimin niteliği, öğretim düzeyinin uygunluğu ve güdülenme düzeyinin yüksek olmasına bağlı olduğunu belirtti. Öğretim sunulma düzeyi öğrencinin duyuşsal özelliğini, bilgisini ve becerisini kolaylaştırıcı ve artırıcı nitelikte olmalıdır. [43].

Good, öğrenci öğrenme sürecinde aktif olduğunu belirtir. Öğrenci öğrenme süreçlerine katılarak ezberden ziyade öğrenme ve anlamlandırmayı geliştirecek şekilde bilişsel bir yol izler [44]. Öğrenci bilgiye ulaştığı öğrenme ortamında kendini güvende hisseder. Öğrenmeyi gerçekleştirecek şekilde sorumluluk alır, motive olur ve öğrenme kaynaklarına erişir [45].

Dewey, öğrenmenin yaparak, yaşayarak gerçekleştiğini belirtir [46]. Öğrenme gerçek durumlara göre gerçek problem çözümleri için hazırlanmış senaryo ve uygulamaları içeren ortamlarda gerçekleşir [47]. Piaget'in zihinsel gelişim kuramı alan 5E modelinde, öğrencilere kavramları ve olayları kolayca anlayabilecekleri ve kendilerinin keşfedebilecekleri öğrenme ortamları hazırlanır [48] [49] [50]. Öğrenme materyalleri yardımıyla, öğrencilere çalışmalarını sonuçlandırmada ve yeni kavramlar oluşturmada yönlendirici bilgilerle yardımcı olur [51].

1.6 Konu

Uygulama orta öğretim öğrencilerinin fizik eğitiminde kullanmak amacıyla sanal gerçeklik ortamında gezegenler arası kütle çekimi kuvvetini temsilen kuvvet geri beslemeli haptik tasarım tekniğidir. Bu çalışmada hedeflenen laboratuvar ortamına taşınamayan nesnelerle öğrencilerin laboratuvar ve sınıf ortamında uygulama yapabilmesi, nesnelerin kuvvet, hız gibi temel özelliklerini ve etkileşimlerini gerçek dünyaya yakın bir şekilde algılayabilmesidir. Bunu gerçekleştirmek içim donanım ve yazılım bazında tasarım gerçekleştirmektir.

1.7 Amaç

Bu araştırmanın amacı orta öğretim öğrencilerinin fizik eğitiminde kullanmak amacıyla sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar (SGO KGB HU) tasarlamaktır. Gezegenler arası kütle çekimiinin tasarlanması için matematiksel hesaplamalar içeren algoritmalar geliştirilecektir. Algoritma adımlarına göre gerekli yazılım ve donanım araçları belirlenecektir. Uygulamayı geliştirmek için belirlenen yazılım ve donanım araçlarının kurulumu ve birbirleriyle etkileşimi sağlanacaktır. Daha sonra sınıf ortamında tasarlanan bu ortamlarla öğrencilere ders anlatılacak ve makine-insan etkileşimi açısından etkileri araştırılacaktır. Yazılımın kodlanması, C++ üzerine inşa edilmiş openGL tabanlı QuickHaptics yazılım platformu ile yapılacaktır.

1.8 Kapsam

Orta öğretim öğrencilerinin fizik eğitiminde kullanılmak amacıyla sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar geliştirilmesi için aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilecektir.

- Gezegenlerin çekimi kuvveti etkileşimi, yörünge hızı, yörünge ve büyüklük gibi özelliklerini doğru tespit edecek algoritma geliştirmek ve matematiksel hesapları yapmak,
- Geliştirilen algoritmalara göre yazılım ve donanım araçlarını belirlemek.
- Sanal ortamda gezegenleri temsil edecek sanal nesneleri tasarlamak için uygulamanın kodlamasını yapmak,
- Tasarlanan uygulamalarla çalışacak donanımların entegrasyonunu yapmak,

- Derste öğrencilerle beraber, hazırlanan ortam ve uygulamalarla ilgili konuyu işlemek,
- Öğrencilere ders sonunda hazırlanan anketleri uygulamak,
- Anketlerden elde edilen verilerin uygun istatistiksel yöntemlerle istatistiksel analizini yapmak,
- Geleneksel ders anlatım yöntemi ile SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının verimliliğini karşılaştırmak

1.9 Araştırmanın Önemi

Fizik öğretimi, bilimsel becerileri geliştirmek için bir araçtır [52]. Fizik öğretiminde hedeflenen düzeyde başarı elde edilebilmesi için derslerin uygulamaya ve deneye dayalı olarak yürütülmesi gerekmektedir [53]. Fizik dersinin yapısı gereği geleneksel ezberci öğretim yöntemleri öğrenmede yetersiz kalmaktadır [54]. Fizik, kavramsal temeller üzerine oturtulmuş geniş spektrumlu bir bilim dalıdır. Bilgisayarların kullanıldığı interaktif etkileşimli öğrenme ortamları fizik başarısı için önemli bir araç durumundadır [55]. Öğrencilerle yapılan grup çalışmaların çoğunda fizik kavramlarının anlaşılmadığı görülmektedir. Birçok öğrencinin zor gibi görülen fizik problemleri karşısında öz güvenleri yeterli değildir [56].

Dünyada oldukça yeni bir çalışma alanı ve konusu olan ve halen gelişimini sürdürmekte olan SGO'da KGB HD'lar, araştırmacıların ulaştıkları sonuca göre Türkiye'de lise düzeyinde kullanılmamaktadır. Eğitim ortamlarının teknolojik yeniliklerle düzenlenmesinin öğrenme davranışındaki verimi arttırdığı literatürde birçok araştırma sonuçları ile desteklenmektedir. SGO'da KGB HU'lar ise yeni eğitim anlayışlarının ve modellerinin geliştirilmesi için çok yeni bir alandır. Günümüze kadar çoğunlukla tıp-diş uygulamaları ve askeri eğitim uçuş simülatörleri ile kendini gösteren HU'lar teçhizat fiyatlarının karşılanabilir düzeylere inmeye başlanmasıyla diğer ilk-orta ve üstü örgün eğitim kurumlarında öğrenmeyi ve kavranmayı hızlandırmak için kullanılabilir durumdadır. Görme ve dokunma duyusuna dayalı materyalleri içerisinde barındıran SGO'da KGB HU laboratuvarlarının öğrenci ve eğitimcilerin hizmetine sunulması fizik öğretiminin niteliğini mevcut durumdan daha öteye taşıyacaktır.

Bu çalışmanın, ülkemiz öğrencilerinin daha etkin ve verimli öğrenebilmeleri için gerekli olan bilgi erişim ve yönetim sistemlerinin geliştirilmesine yönelik e-öğrenme teknoloji

ve uygulamalarını içeriğinin zenginleştirilmesine katkıda bulunacak nitelikte olduğu düşünülmektedir. SGO'da KGB HU ve tasarlanacak haptik destekli 3D modellemeler fizik konuları ile ilgili deneyler özellikle sınıf ortamına taşınamayanlar öğrencilerin kullanımına sunulacaktır.

Bu uygulamaların klasik eğitim ve öğretim anlayışı yanında eğitim sürecinin niteliğinin artıracağı ve öğretim materyallerinin zenginleştireceği düşünülmektedir. Fen öğretimindeki soyut kavramlar bu modellemeler ile görselleştirilerek daha iyi kavratılır hale getirilecektir. Kullanılacak SGO'da KGB HD ile okullarımızın donanım ve yazılım altyapısının geliştirilecektir. Bu ortamlarda öğretim gören öğrencileri temel bilgi ve iletişim teknolojileri kullanım yetkinliklerine sahip olacaktır. Tekrar yapabilme fırsatı ile malzeme yetersizliğini ortadan kaldırılarak kalıcı öğrenmenin gerçekleştirilmesine neden olacaktır. Öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerinin gelişmesini sağlayarak öğrencilerin ezberden çok kavrayarak öğrenmesi sağlanacaktır.

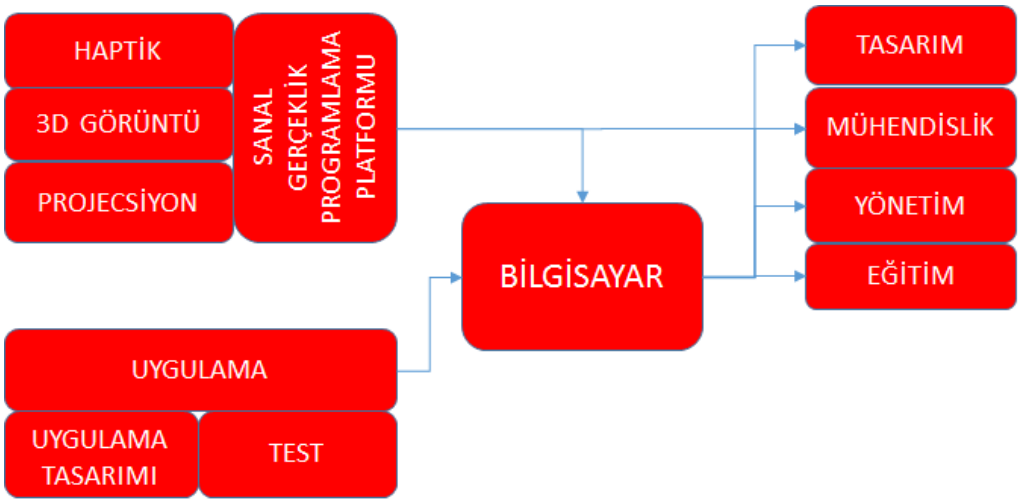
Ülkemizde orta öğrenim alanında haptik uygulamalı sanal gerçeklik ortamları bilgisayar mühendisleri için yeni bir alandır. Literatürde bu ortamların verimliliğine vurgu yapıldı. Haptik uygulamalı sanal gerçeklik ortamlarının, yazılım ve donanım bazında geliştirilmesi, bilgisayar bilimine algoritma tasarımı, donanım, grafik, görselleştirme, çoklu ortamlar ve bu ortamların entegrasyonu, insan-bilgisayar etkileşimi ve simülasyon alanlarında katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2 SANAL GERÇEKLİK ORTAMI

Bu bölümde sanal gerçeklik ortamı, phantom omni, görüntü birimi, haptik kanvas yapısı, OpenHaptics program mantık döngüsü ve QuickHaptics micro API sınıfları anlatıldı

2.1 Sanal Gerçeklik Ortamı

Sanal gerçeklik ortamları bilgisayar bilimi ve mühendisliğinin birçok alanını içerir. Şekil 2-1'deki alanlar bilgisayar mühendisliği temellerinden algoritma adımları, programlama dilleri programlama platformu ve matematiksel hesaplama, bilgisayar sistemlerinden bilgisayar donanımı, çevre birimleri ve mimarisi, bilgisayar uygulamalarından yazılım mühendisliği, grafik ve görselleştirme araçları, çoklu ortamlar, insan-bilgisayar etkileşimidir [6].



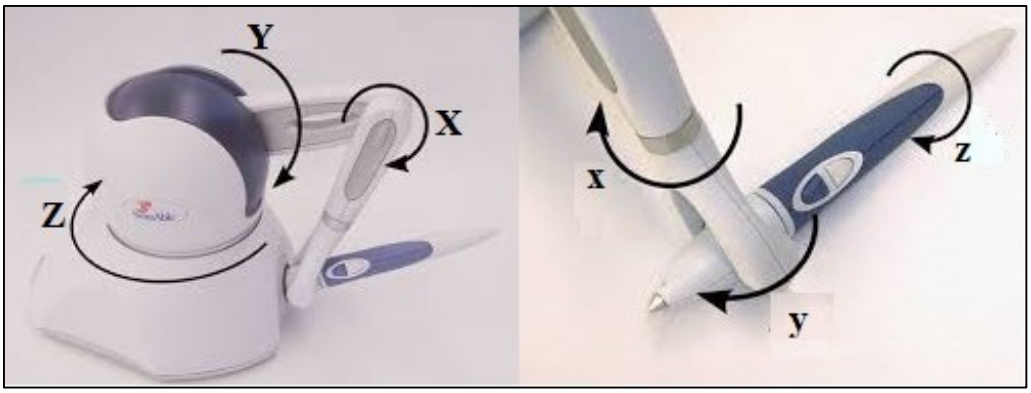
Şekil 2-1 Haptik uygulamalı sanal gerçeklik ortamı

Haptik uygulamalı sanal gerçeklik ortamı geliştirirken algoritma adımları belirlenir ve analizleri yapılır. Algoritma adımlarına göre uygulama geliştirmek için gerekli donanım ve yazılım araçları belirlenir. Uygulama geliştirmede Microsoft tarafından geliştirilen Microsoft Visual Studio tümleşik geliştirme ortamında c++ programlama dili seçilmiştir. C++ platformunda grafik uygulamaların tasarlanması için openGL tabanlı QuickHaptics arayüzü kullanıldı. Sanal ortam, insan-makine etkileşimini sağlamak için görüntü birimleri ve phantom omni ile katılımları sağlandı.

2.2 Phantom Omni

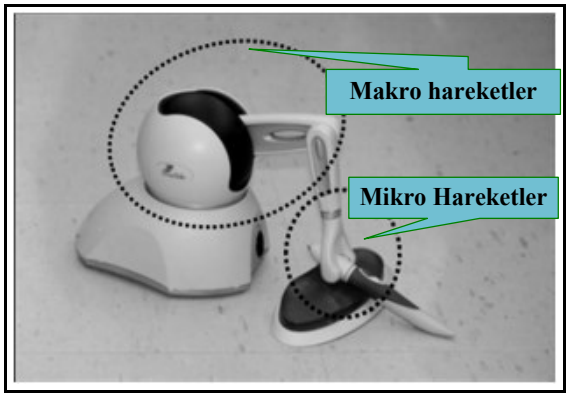
Üç boyutlu (3D) alanda farklı yönlerdeki mekanik kolların hareketi görülmektedir. Şekil 2-2Şekil 2-2'de ilk üç hareket 3D alanda aygıt stile konumunu sonrakiler sırasıyla x, y ve z eksen yönelimini temsil eder. Her bir serbestlik derecesi için cihazın güvenli ve düzgün bir şekilde çalıştığı sınırlı dönme parametrelerine sahiptir.

Phantom omninin giriş ve çıkışları cihazın durumuna göre 6 giriş okuma verir. Giriş okuma, zamanın herhangi bir noktasında aygıt stilesinin yönelimi ve konumudur. Aygıt belirli yöndeki kuvvet direnci ile ilgili olarak çıkış verdiği anda eylemsizlik kuvveti ile aygıt sitilesinin X, Y ve Z konumlarını ayarlar.



Şekil 2-2 Phantomun konum ve yönelimleri

Şekil 2-3'de aygıtın makro ve mikro hareketleri görülmektedir. Makro hareketler, aygıt stilesinin X, Y ve Z konumunu verir. Micro hareketler, sırasıyla aygıt stilesinin x, y ve z yönelimini verir. Phantom omni OpenHaptics toolkit ile desteklenmiştir.



Şekil 2-3 Haptik cihaz hareketleri

Phanthom omni uygulama geliştirmek için programlama arayüzüne sahip OpenHaptics araçları ile desteklendı. Uygulama programlama arayüzü (API), Haptik cihaz uygulama programlama arayüzü (HDAPI) ve Haptik kütüphane uygulama programlama arayüzünü (HLAPI) içerir. HDAPI haptik cihaza düşük seviyede erişim sağlar. HLAPI ise yüksek seviyede haptik işlem sağlar.

2.3 3D Görüntü Birimi

Tasarlanan sanal gerçeklik ortamında 3D görüntü verici araç kullanıldı. Görüntü aracı kullanıcının sanal gerçeklik ortamında olma hissini verir ve bilgisayara bağlanır. Her göz için görüntü veren ekran içerir. Kullanım alanına göre üzerinde kulaklık ve tracker de bulunabilir.

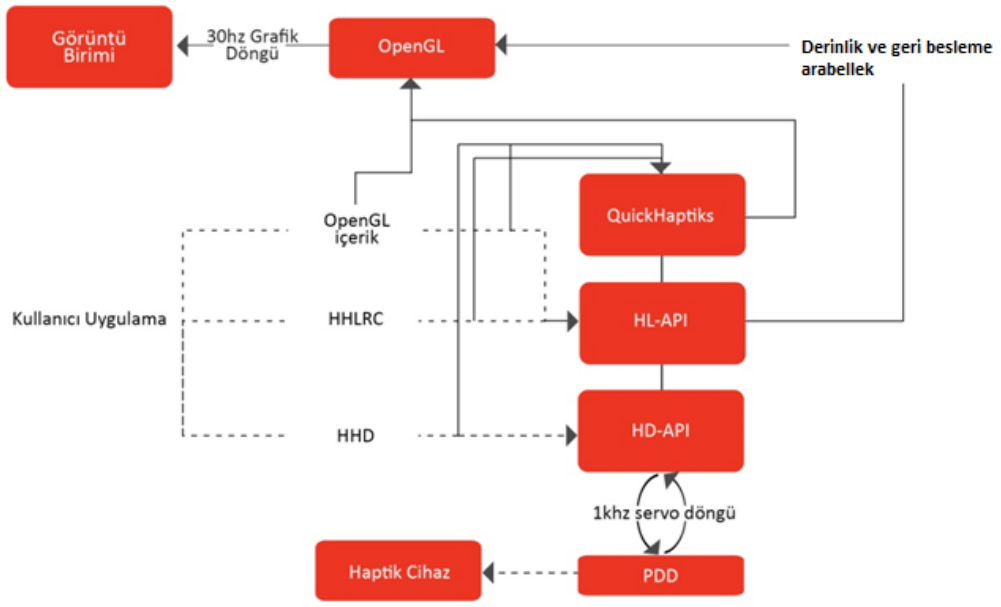


Şekil 2-4 3D görüntü aracı

Şekil 2-4'de bilgisayar görüntü aracında bulunan algılayıcılardan gelen bilgileri düzenleyerek, 3 boyutlu görüntü elde eder ve küçük televizyon ekranlarına yansıtır.

2.4 Haptik Kanvas Uygulama Yapısı

Şekil 2-5'deki haptik kanvas uygulama mimarisi, uygulama geliştirirken gerekli araç takımı ve döngüleri içerir.



Şekil 2-5 Haptik kanvas uygulama mimarisi [59]

OpenGL, açık grafik kütüphanesidir. Standart grafik uygulama programlama arayüzü Khronos grup tarafından yönetilmektedir [57]. Farklı platformlarda grafiksel uygulamalar geliştirmek için tasarlandı. Grafik, donanım ve işletim sistemi arasında standart grafik ara yüzüdür. OpenGL komutları çizgi, poligon, vertex gibi grafik tabanlı geometrik nesnelere bağımlı grafik uygulamalar tasarlamak için kullanılırlar.

2D ve 3D grafik uygulamaları ilave donanım ve bilgisayar ağına ihtiyaç duymaksızın bağımsız olarak kullanılmaktadır. Geometrik ve görüntü ilkelleri ile görüntü listeleri, model dönüşümleri, aydınlatma, texture, gölgeleme, karıştırma gibi özellikler sunarak yazılım geliştirmeyi kolaylaştırır [58]. Bütün işletim sistemleri tarafından desteklenir. C, C++, fortran, python, perl ve java gibi yazılım platformlarında çalışır.

HDAPI, haptik uygulamalara (HU) aşina programcılara, haptik erişim, hata ayıklama araçları ve yardımcı program özellikleri sunar. Haptik cihaz (HD) sürücülerinin yapılandırılmasında gerçek zamanlı kontrol sağlar. Haptik kuvvetleri doğrudan işleme yönetim fırsatı verir. Cihaz motorunun dönme momenti değerleri gibi düşük düzeyde kontrol alanları için erişim sunar. Haptik cihaz işleme (HHD), HD'ı başlatmak ve yapılandırmak için kullanılır. HDAPI ile doğrudan kuvvet oluşturma, etkin kuvvet işleme/çarpışma algılama algoritmalarını ve veri yapılarını gerektirir. Yüksek frekanslı kuvvet yenilenmelerinin kontrolü haptik cihazın stabil kapalı çevrimini için gereklidir. HDAPI, giriş ve çıkış DOF,

nominal maksimum kuvveti, çalışma alanı boyutları gibi cihaz kabiliyetlerini sorgulamak ve servo döngü hızını değiştirmek için kullanılır.

Haptik sahneleme içeriği (HHLRC), programcılara haptik sahneleme kütüphanesi tarafından sunulan HD davranışlarını kontrol için izin verir. Örneğin HDEnable()-HDDisable() kuvvet çıkışı ve maksimum kuvvet sıkıştırması gibi HDAPI yeteneklerini açma kapama için kullanılır.

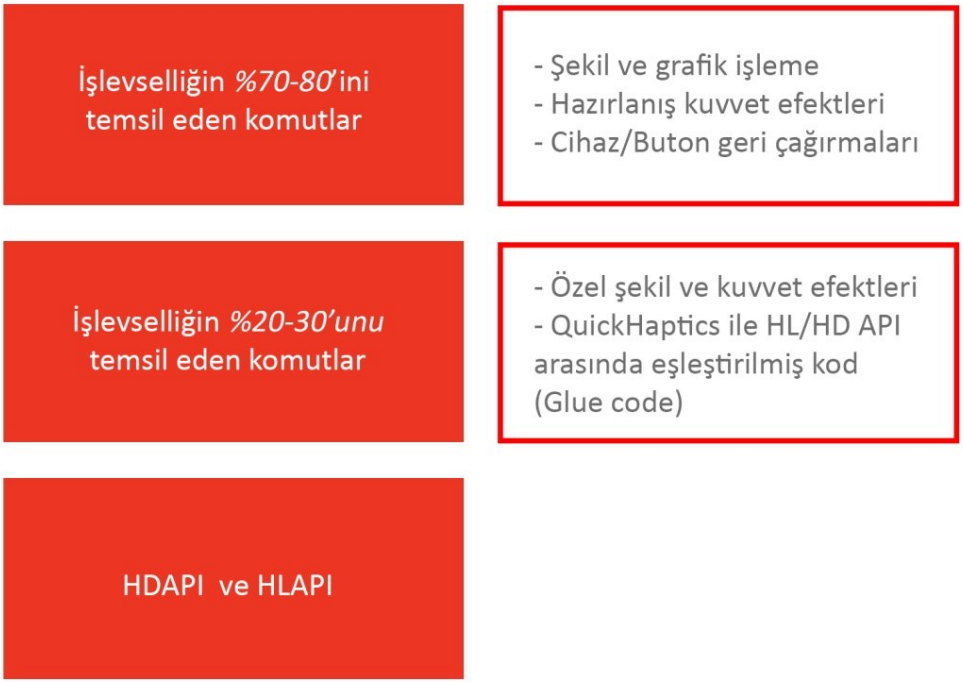
HLAPI, HDAPI'nin en üst yapısıdır. Daha yüksek düzeyde haptik kontrol ve işleme sağlar. Özellikle HD'a iletilen kuvveti değiştirme veya eklemeden sorumludur. Kuvvetler servo döngü kod parçacığı için hesaplanır. Programcıları kuvvet algoritmaları geliştirme zorunluluğundan korur. Onlara ön tanımlı grafik döngü odaklı uygulama için gerekli haptik tasarımla tanışma fırsatı sağlar. Olay (event) odaklı programlama modelini etkinleştirir. Dokunulan geometri, buton tıklama ve hareket gibi olaylarla (events) karmaşık haptik etkileşim gerçekleştirmeyi kolaylaştırır. OpenGL API programcılara tanıdık olacak şekilde tasarlandı. OpenGL kodlarının yeniden kullanımına, uygulamalar için haptiklerin hızlı ve kolay eklenmesine ve grafik kod parçacıklarının sekronize edilmesine izin verir [12]. OpenGL API de bulunan geleneksel grafik tekniklerine izin vererek kullanım kolaylığı sunar.

Haptik işleme (rendering) sanal nesnelerin geometrisini belirtmek için kullanılır. Geometrik primitifler, dönüşümler ve materyal özelliklerine dayalı haptik işlem hesaplamalarını yönetir. HDAPI ile beraber kuvvet işleme, etkin kuvvet çarpışma algılama algoritmaları ve veri yapılarını içerir. Aynı zamanda uygulamaları tamamlama kolaylığı için olay (event) sağlar. HDAPI kullanılırken, haptik/grafik küre oluşturulurken kod yazmak ve küre ile etkileşim kuvvetlerini yönetmek için callbacks fonksiyonları sunar.

Servo döngü, HD'a gönderilen kuvvetleri hesaplamak için kullanılan kontrol döngüsüdür. Cihaz ile doğrudan etkileşim için cihaz ile uygulama arasında kullanılır. Bu da phantom cihaz tarafından gerçekleştirilir. Kararlı (dengeli) haptik geribesleme oluşturmak amacıyla bu döngü 1 Khz gibi yüksek güncelleme hızında kuvvet işlemelerini sürdürmek için çalışır. Yüksek güncelleme hızı sağlamak amacıyla servo döngü genellikle ayrı, yüksek öncelikli iş parçacığı (thread) olarak çalıştırılır. Artan servo döngü hızı, kuvvetlerin artırılmış nominal maksimum sertliklerinde olduğu gibi cihaz duyarlılığı ve kararlılığına iyileştirilmiş faydalar sağlar. Grafik döngüsü, grafik görüntü ünitesi ile uygulama arasında kurulan servo döngüden daha düşük hızda çalışır.

OpenHaptics, Sensable tarafından geliştirilen HD ile etkileşim için gerekli uygulamaların tasarlandığı yazılım geliştirme araç takımıdır. Program geliştiricilere HU'ları hızlı ve kolay geliştirmek için önemli programlama arayüzü (API) sunar. Tüm haptik/grafik uygulamalar için ortak temel adımları basitçe sarmalayarak programlamaya çalışır. Bu sarmalama QuickHaptics micro API c++ sınıflarıyla gerçekleşir. Ön görülen tipik kullanım senaryo parametre ayarları haptikle ilgili verimli ve etkin uygulama kodlamaya izin verir.

QuickHaptics yazılımın kendisiyle gelen geometrik derleyici ve parametrelerle oluşturulan küçük kod parçacıkları ile haptik/grafik uygulamalar geliştirmek mümkündür. Şekil 2-6Şekil 2-6'daki diyagram OpenHaptics'de tanımlı HD ve haptik kütüphane (HL) ile QuickHaptics micro API arasındaki ilişkiyi gösterir.

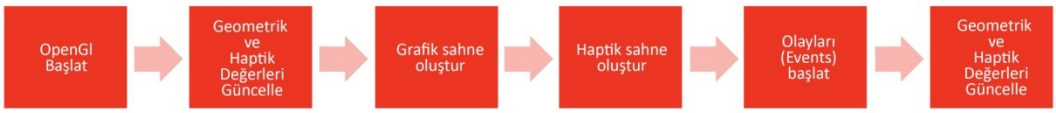


Şekil 2-6 OpenHaptics'e göre QuickHaptics micro işlevselliği [59]

Birinci seviye, şekil ve grafik işleme, kuvvet efektleri, cihaz üzerindeki butona tıklandığında gerçekleşecek olaylarla ilgili QuickHaptics c++ kod yapısıyla oluşturulacak fonksiyonlardır. İkinci seviye, QuickHaptics callbacks fonksiyonları, çok esnek model etkileşimleri ve özel kuvvet efektleri sağlayan QuickHaptics fonksiyonlardır. Üçüncü seviyesi, QuickHaptics, OpenHaptics 2.0 ve HD fonksiyonlar tarafından sağlanan altyapı üzerine inşa edildi.

2.5 OpenHaptics Programı Mantık Döngüsü

OpenHaptics araç takımın içeren OpenHaptics programın mantıksal şeması şekil 2-7Şekil 2-7'de verildi. OpenGL parametreleri olan aydınlatma, gölgelendirme, materyal gibi özellikler ilk adımda başlatılır. HD callbacks fonksiyonu ayrı yordamda hangi olayların (events) yürütülmesi gerektiğini belirtmenin yanında HD'ı başlatır. Bunu OpenGL görüntü listelerine bağlı ekran üzerinde grafik nesnesi oluşturma yordamı izler. Grafik nesneleri ve diğer geometrilerin materyal özelliklerini içeren haptik işleme yordamı belirlenir. Olaylar yürütülürler, uygulamada bir kez üretilirler ve ilgili callbacks fonksiyonu ile işleme tabi tutulurlar. Grafiksel nesnelerin geometrilerinin güncelleme işlemi, aygıtta meydana gelen kuvvet değerlerini güncellemek için gerekli bir işlemdir. Bu uygulama sonlanıncaya kadar döngüde çalışır.



Şekil 2-7 OpenHaptics programın mantıksal şeması [59]

2.6 QuickHaptics Micro API Sınıfları

QuickHaptics micro API, C++ de geliştirilmiş ve dört ana fonksiyonel sınıf tanımlar;

- Cihaz uzayı (DeviceSpace) sınıflar, HD'ın hareket edebileceği çalışma alanıdır.
- QHWin32 ve QHGLUT için QHRenderer—base sınıflar, ekran penceresi üzerinde konumlandırılmış kamera açısına göre sanal nesneleri gösterir. HD ile sanal nesnelerin etkileşimi anında oluşan etkiyi kullanıcının algılamasına izin verir.
- Bir veya daha fazla nesne için şekil tabanlı sınıflar, haptiksel ve grafiksel olarak gösterilebilirler.
- Cursor sınıfı, ekran üzerinde phantom cihazı temsil eder. Phantom cihaz üzerindeki ikinci eklem bitim noktasının grafiksel gösterimidir. Şekil 2-8'deki eklem noktalarından son nokta haptik arayüz noktası HIP olarak isimlendirilir.



Şekil 2-8 Haptik arayüz noktası

- DeviceSpace sınıfı, phantom cihaz için haptik çalışma alanında kullanıcı etkileşimli kuvvet özelliklerini tanımlar. DeviceSpace metotları yönetimi:

- Kuvvet etkileri, sürtünme, hareket anındaki zorluk derecesi ve sabit kuvvet.

- Kullanıcı callbacks, olaylar (event) sonucu ortaya çıkan fonksiyon çağrılarıdır. Hareket, haptik dokunma veya düğmeye basma olayları callback'i tetikleyebilirler.

Genelde haptik parametre ön tanımlamaları HD alan ortalamasına göre ayarlanır. Sahne içindeki nesneler için en azından minimum gerçeğe uygunluk hissi bildirir.

QHWİN32 veya QHGLUT sınıfı, sırasıyla Microsoft Win32 API ve OpenGL Utility Toolkit (GLUT) ile kullanıcı için belirli bir biçimde oluşturulan sınıflarıdır. Bu sınıflar QHRenderer sınıfından miras alındı.

- Haptik ve grafik için sade görüntü listeleri.

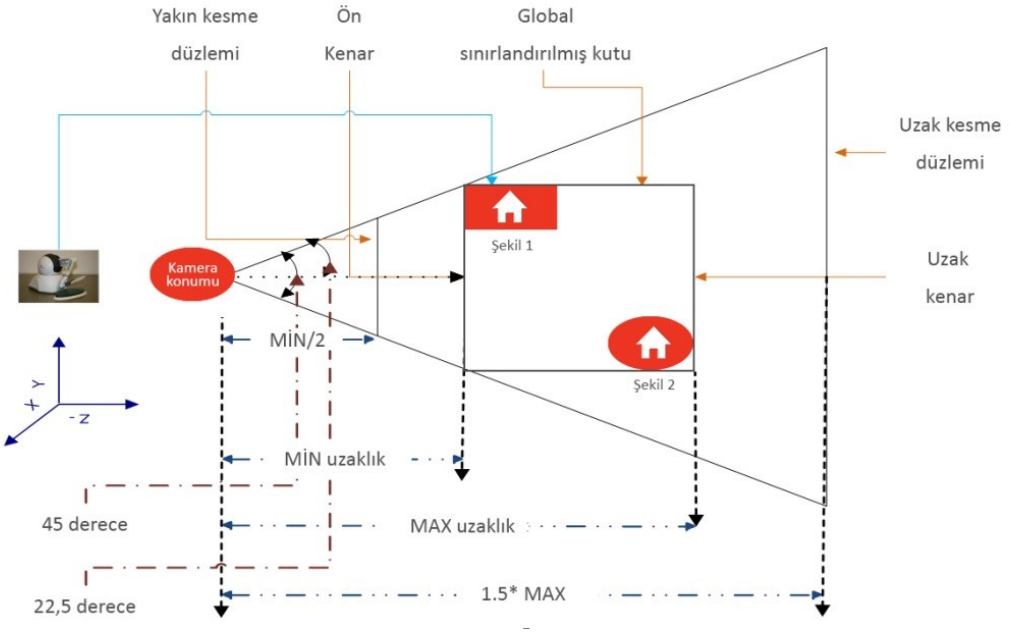
- Phantom cihaz uzayı dönüşümü için OpenGL evren uzayı.

- Kamera ve aydınlatma modelleri

OpenGL, 2D ve 3D bilgisayar grafikleriyle oluşturulan uygulamalar için tanımlanan cross-language cross-platform API türünden standarttır. OpenHaptics, OpenGL'i haptik sahneleme algoritmaları geliştirmek ve geometri tanımlamak için kullanır. OpenGL evren uzayı, iki boyutlu temsili bilgisayar ekran görüntüsüdür.

Her ne kadar fiziksel alan HD'ın (motor ve kodlanmış özellikleri) kısıtlamalarıyla sınırlandırılmış olsa da oluşturduğumuz evrende ilgili nesneleri işlemeyi ve görmeyi isteriz. Evren tasarlanırken HD alanı otomatik olarak evren uzayı üzerinde planlanır. Ön tanımlı QuickHaptics micro API uygulama tarafından cihaz alanı ve evren uzayı arasındaki eşleşme en yüksek değere çıkarılır. HD'ın en küçük hareketi büyütülebilir veya evren alanında daha geniş hareket için dönüştürülebilir.

Şekil 2-9'daki gibi kamera görüş noktası evren uzayı içine yerleştirilir. Programcılar, Kamera tarafından belirtilen evren uzayı sınırları içindeki nesnelerin QuickHaptics sahne içinde uyumlu konumlanmasını sağlar. QuickHaptics kamera için ön tanımlı şekil konum diyagramı görülmektedir.



Şekil 2-9 Çalışma alanı için yazılımla gelen düzlem [59]

Her bir şekil evren uzayı içinde şeklin etrafını saran dikdörtgenler prizması şeklinde örtük sınırlayıcı kutuya sahip alan içinde tanımlanır. Bütün sınırlayıcı kutular kombine edildiğinde içindeki tüm nesneleri kapsayan tek bir küresel sınırlayıcı kutuyu kapsar. Bu kutu, içindeki tüm nesneleri kapsar.

Ön tanımlı kamera yirmiikibuçuk derece açıya konumlandı. Global sınırlı kutunun ön kenarın her bir bitiş noktası arasında ve kameradan kenarın orta noktasına çizilen sanal çizgiler korunur. Ön tanımlı kamera görüş yönü -Z ekseni buyuncadır.

Evren uzayı iki sınırlı düzleme sahiptir. Ön kırpma (kesme) düzlemi ön sınırı ayarlar. Evren alanını görmek için kamaranın başladığı konuma yerleştirilir. Bu düzlemden daha yakın herhangi bir nesne kameraya görünür olmaz. Arka kırpma (kesme) düzlemi arka sınırı ayarlar. O düzlemden daha uzak her hangi bir şekil görünmez.

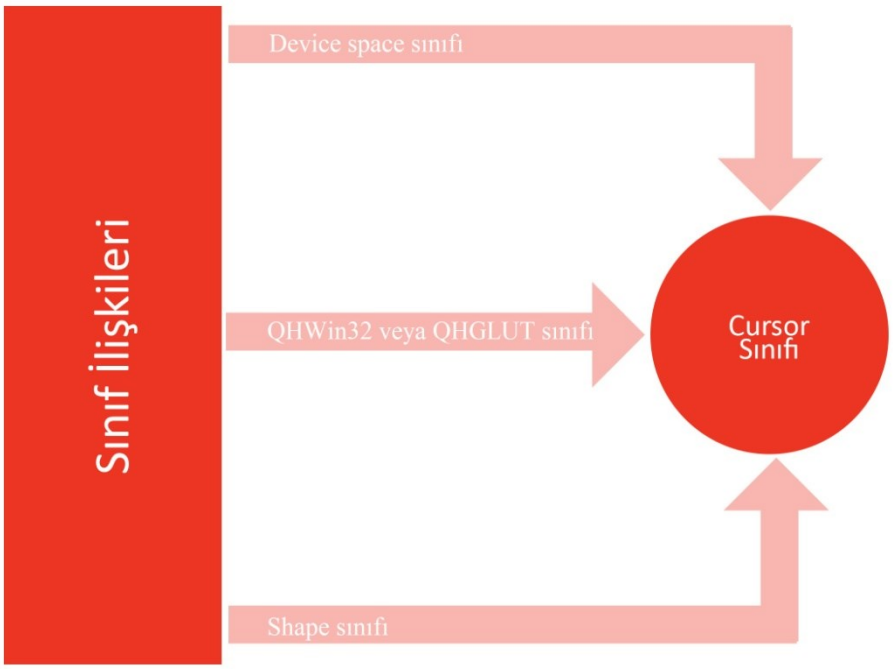
Kırpılan yakın düzlem, kamera konumu ile şekli çevreleyen küresel kutunun ön kenarına kadar olan mesafenin yarısına yerleştirilmiştir. Kırpılan arka düzlem, kamera konumu ile şekli çevreleyen küresel kutunun arka kenarı arasındaki mesafenin birbuçuk katına yerleştirilmiştir.

Kamera doğrudan cihaz alanını etkilemez. Kamera haptik çalışma alanı ve evren uzayının kullanılabilir sınırlarını tanımlar. QuickHaptics de ön tanımlı haptik çalışma alanı çoğu uygulamalar için ön tanımlı kamerayı başlatmak için harika bir alandır. Ama programcılar kırpılan düzlem konumu ve yönelimi gibi kamera parametrelerini kolayca değiştirebilirler.

Şekil sınıfı, çizgi, düzlem, koni, silindir, küre, küp, TriMesh ve metin gibi ilkel geometrilerin hepsi için temel sınıfları tanımlar. Primitiflerin doku, renk, döndürme, konum gibi özelliklerinden her hangi birinin kapsamı sınırlandırılmadı. TriMesh primitif, endüstriyel standartlar tarafından üretilen 3D modellemeyi temsil eder. 3D model programlar STL, OBJ, 3DS ve PLY formatları kapsar. Çünkü TriMesh geometri doğal olarak köşeleri, kenarları ve yüzeyleri bağlar.

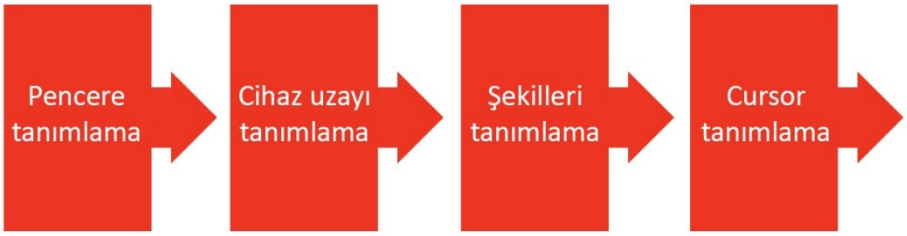
Yamulma deneysel özelliktir. Haptik imleç tarafından dokunulduğunda şeklin bozulmasına neden olur. Şekil özellikleri için ön tanım değerleri uygulamanın kolay hayalde canlandırılması ve gerçeğe uygun olmasını sağlamak için seçildı.

Cursor sınıfı, şekil 2-10'da belirtilen haptik arayüz noktasını tanımlar. Hesaplanan son cursor konumu ekrandaki tüm bileşenlerle etkileştiğinden diğer QuickHaptics micro API sınıflarının hepsinden bilgi çeker. Phantom aygıt sürücüden (PDD) haptik arayüz konumu için DeviceSpace sınıfından bilgi alır. Çünkü kullanılan aygıt birden fazla olabilir. Bunlarda ekranda birden fazla cursorle temsil edilebilir. QHRenderer sınıfından evren uzayı ile ilgili bilgi alır. Bu bilgi aygıt cursor konumunun ekrana çizilmesine izin veren dönüşümü tanımlar. Shape sınıfından ekranda tasarlanmış sanal nesnelerle etkileşim bilgisini alır. Ekranda temsil edilen cihaz cursorü ile sanal nesneler arsında etkileşime izin verir.



Şekil 2-10 Cursor sınıfın diğer sınıflarla ilişkisi [59]

Tipik QuickHaptics micro API Program tasarımı; Tipik QuickHaptics micro API Program tasarımı şekil 2-11'deki yapıya sahiptir.



Şekil 2-11 QuickHaptics micro API program akışı [59]

Geliştirilen uygulamada, sanal nesneleri konumlandırmadan önce İlk pencere tanımlanması yapılmalıdır. Aksi takdirde QuickHaptics micro API şekli konumlandırmak için ne yapacağını bilemez. Bunu takip eden adımlarda sanal nesneler daha sonrada cihaz cursoru tanımlanmalıdır [59].

3 MATERYAL VE METOD

Bu bölümde araştırma yöntemi, evren, örneklem seçimi, veri toplama yöntemi, ders yapılış detayları, verilerin çözümleme yöntemi açıklandı.

3.1 Problem

Sınıf ortamına taşınmayan 'kütle çekimi kanunu' konusundaki küresel objeleri temsil için tasarlanan sanal gerçeklik ortamında (SGO) kuvvet geri beslemeli haptik uygulamalar (HU) yeterli midir? Bu uygulama ile SGO'nda yapılacak öğretimin geleneksel ortamlara göre öğrenci başarısı üzerinde olumlu etkisi var mıdır?

3.2 Alt Problemler

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda kuvvet geribeslemeli (KGB) HU'lı ders anlatımının geleneksel ders anlatımına (GDA) göre öğrencilerin materyal ihtiyaçlarının karşılanması ve sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmesi açısından belirgin bir fark var mıdır?

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının GDA'na göre dersin sevdirilmesi, çekiciliğinin artırılması ve öğrencilerin motive olmaları açısından belirgin bir fark var mıdır?

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının GDA'na göre öğrencilerin öğrenimlerine etkisi ve öğrenme hızlarına katkısı açısından belirgin bir fark var mıdır?

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının GDA'na göre fizik dersi anlatım şekli ve içeriklerine etkileri açısından belirgin bir fark var mıdır?

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının GDA'na göre öğrencilerin bilgiye ulaşımı ve organizasyonu açısından belirgin bir fark var mıdır?

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının GDA'na göre öğrencilerin farklı bakış açısı kazanmaları açısından belirgin bir fark var mıdır?

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının GDA'na göre cihazları kullanım kolaylığı, öğrencilerin kütle çekimi kuvvetini, nesnelere dokunma ve ortamda bulunma hissini algılaması açısından belirgin bir fark var mıdır?

- Çalışma gruplarına katılan öğrencilerle yapılan SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının GDA'na göre öğrencilerin sınav sorularından aldıkları puanlar açısından belirgin bir fark var mıdır?

3.3 Varsayımlar

- İlgili cihazlar kullanılırken ve yazılım ortamları geliştirirken mevcut fırsatlarla hareket edildi.

- Kontrol altına alınamayan parametrelerin çalışma gruplarını aynı düzeyde etkilemiştir.

- Her iki çalışma gurubuna öğretmenlerin aynı içtenlikle ders anlattıkları varsayıldı.

- Her iki çalışma grubunun öğrencileri derslere katılımda, sınav ve anket sorularını cevaplamada istekli ve samimi oldukları varsayıldı.

- Uygulamalara geçilmeden önce HD ve yazılımların kullanımı için yapılan bilgilendirme sonunda bütün öğrencilerin aynı düzeyde etkilendiği var sayıldı.

3.4 Sınırlılıklar

Araştırma 2013 – 2014 öğretim yılı Bağcılar Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi öğrencileri ile fizik dersi 'kütle çekimi kanunu' konusu materyal ve HD kullanımı, görsel içerik, uygulama ve dokunma becerilerinden oluşan toplam başarılarıyla sınırlı olacaktır.

3.5 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler

Çalışma gruplarındaki öğrencilerin, sınav ve anketlerden almış oldukları puanlar bağımlı değişkenlerdir. Çalışma gruplarında SGO'nda KGB HU'lı öğrenme ve geleneksel ders anlatımlı öğrenme bağımsız değişkenleridir.

3.6 Araştırma Yöntemi

Araştırmada orta öğretim öğrencilerinin fizik eğitiminde kullanmak amacıyla SGO'nda kuvvet geri beslemeli HU'lar geliştirilmesi ve bu uygulamaların öğrenciler üzerindeki etkileri ortaya konmaya çalışıldı. Bu araştırmada rastgele seçilen 109 öğrenciye geleneksel yöntemlerle sınıfta, farklı 106 SGO'nda HD'lar ile fizik laboratuvarında on beş gün boyunca aynı fizik konuları anlatıldı. Araştırma sonunda değişkenler arasındaki anlamlı farklılıkların belirlenmesi sağlandı. Araştırmada verilerin toplanması, anketlerle sağlandı. Çalışmada kullanılan GDA anketi EK A'da, SGO'nda HDlı ders anlatımı anketi EK B'de verilmiştir. Anketler beşli likert ölçeğine göre hazırlanmış, sorular, daha önceden yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulan kaynaklar incelenerek öğretmen görüşleri doğrultusunda oluşturulmuştur.

Anket formunu oluşturan soruların anlaşılır, yalın ve amaca yönelik olmasına dikkat edildi. Oluşturulan anket soruları, geleneksel ve sanal ortamlarda ders anlatımının öğrenciler üzerindeki etkilerini çok yönlü değerlenmeye yönelik hazırlandı. Ders anlatım anketlerini oluşturan örnek sorular tablo 3-1'de verildı.

Sanal ortamlarda ders ile GDA arasında istatiksel olarak ölçülmek istenen anlamlı farklılık sekiz ana konu altında araştırılmaya çalışıldı. Ölçmeye temel olan konular ve kapsadıkları soru numaraları gösterilmiştir.

Tablo 3-1 Anket maddeleri.

SN	Anket Maddeleri	Hayır	Biraz	Orta Seviyede	Orta Seviyede	Orta Seviyede	Orta Seviyede
1	Kullanılan metin ve materyalleri yeterli buluyor musunuz?						
2	Pahalı olan bazı doküman, resim ve bilgiye erişiminizi sağlıyor mu?						
3	Sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmenize imkan veriyor mu?						

3.7 Çalışma Grubu

Yapılan çalışmada İstanbul ili Bağcılar ilçesi Bağcılar Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi öğrencileriyle çalışıldı. Araştırma evreninin Bağcılar ilçesi Bağcılar Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi seçilmesinin nedeni okulun fizik öğretmenlerinin olumlu yaklaşımları, araştırmanın rasyonelliğini korumak, tezi yazan kişinin okulundaki yükümlülüklerinden dolayı zaman kısıtlılığı, farklı okullardaki ders anlatımı ve uygulamadaki zorluklardır. Bundan dolayı çalışma evreni İstanbul ili Bağcılar ilçesi Liselerde fizik dersi alan öğrenciler oluşturmaktadır.

3.8 Örneklem Seçimi

Araştırma örneklemi seçimi rastgele yapıldı. Araştırmayı, 2013 - 2014 yılında İstanbul ili Bağcılar ilçesi Bağcılar Teknik ve Endüstri Meslek Lisesinde okuyan öğrencilerinden rastgele örneklem ile seçilen bireyler oluşturmuştur.

3.9 Veri Toplama Yöntemi

Araştırmanın temel veri kaynağını anketler sonucunda toplanan veriler oluşturmaktadır. Anketler oluşturulurken konuyla ilgili yapılmış araştırmalar taranmış ve uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda otuz soru oluşturulmuş ve bu sorular sekiz başlık altında gruplandırıldı.

Sanal ve geleneksel ders anlatımlarının; öğrencilerin metin ve materyal ihtiyaçlarını karşılamaları, güdülemelerinde, dersi sevmelerinde ve çekiciliğinin artırılmasında anlamlı farklık ölçülmek istendı. Öğrencilerin öğrenim hızlarının ve öğrenimlerinin nasıl etkilendiği belirlenmeye çalışıldı. Fizik dersi ile katılımları ve içeriklerine katkıları ölçülmek istendı. Öğrencilerin bilgi ulaşımlarına, bilgi organizasyonlarına, konulara farklı bakış açıları kazanmalarına yönelik anlamlılık ölçülmesi amaçlandı.

Anket sorularıyla tezin sadece bir konu üzerinde değerlendirilmesine değil çok yönlü değerlendirmesi amaçlandı.

Verilerin toplanmasında iki anket uygulandı. Birinci anket formu GDA'nın öğrenciler üzerindeki etkilerini içeren sorulardan oluşurken, ikinci anket formu SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımının öğrenciler üzerindeki etkilerini içeren sorulardan oluşmaktadır.

3.10 Kullanılan İstatistiksel Yöntemler ve Tanımlar

Hipotez sınama, örneklem istatistiklerinden yararlanmak suretiyle bir hipotezin geçerli olup olmadığını ortaya koyma işlemine istatistiksel hipotez testi denir [60]. Hipotez sınama sürecinde, verinin ölçüm biçimi, gruptaki denek sayısı, grupların bağımlı ya da bağımsız olması ve varsayımlar dikkate alınarak uygun test seçilir. Hipotezler oluşturulur. Anketlerle elde edilen verilerin test istatistiği ve serbestlik derecesi hesaplanır. Tablolardan yanılma düzeyi ve serbestlik derecesindeki tablo değeri bulunarak hesaplanır ve bulunan değerler karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu p (anlamlılık) değeri ile birlikte verilir [61].

t–testi, hipotez testlerinde yaygın olarak kullanılan yöntemdir. t-testi ile iki örneklemin ortalamaları karşılaştırılarak, aradaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlımı olup olmadığı belirlenmeye çalışılır. Dolayısıyla, t-testi, her zaman iki farklı ortalamayı ya da değeri karşılaştırır. 't' istatistiğini bulabilmek için öncelikle, serbestlik derecesi ve ortalamalar arasındaki standart hata hesaplanmalıdır.

Aritmetik ortalama, bir grubun tanıtıcı istatistiği ve o grubun sahip olduğu özellikler bakımından değişim genişliği sınırları içerisindeki yeri hakkında fikir verir. [61].

Standart sapma bir çalışma grubundaki her bir verinin ortalamaya göre ne kadar uzaklıkta olduğunu gösteren bir ölçüdür. Başka bir şekilde tanımlanacak olursa; belirli bir popülasyonda incelenen özelliğin hangi aralıkta dağıldığının göstergesidir.

Standart hata aynı popülasyondan seçilecek, aynı büyüklükteki örneklemlerin ortalamalarının yayılmasını gösteren ölçüt, ortalamanın standart hatasıdır. Standart sapma değerinin denek sayısının kareköküne bölünmesi ile elde edilen değerdir. Örneklem sayısının artması ile küçülür. Standart hatanın küçük olması popülasyon parametresine ait yapılacak olan tahminler açısından ve daha dar güven aralığı sınırlar bulma açısından önemlidir [62].

3.11 Sanal uygulamanın tasarlanması

C++ programlama dili nesneye yöneliktir. Gerçek nesnelerin oluşturulması için sınıflar (class) tanımlanır. Sınıf, veri üyeleri (data members) ve üye fonksiyonları (member function) tanımlayarak nesnenin davranış biçimi ve yapısını belirler.

C++ programlama dilinde kullanılan pointer'lar, tanımlanan bellekte tanımlı alanın adresini içeren bir değişkendir. Genelde farklı bir değişkenin adresini ifade ederler. Pointer'lar

ilk bildirimi yapılır ve kullanıma hazırlanır. Pointer edilen nesneye erişirler veya nesnenin değerini değiştirirler. Pointer'lar değişkenler, dizinler, diziler, yapılar, sınıflar, yapı veya sınıf üyeleri, null, void*, işlevler ve diğer pointer'lara işaret edebilirler.

3.12 Gezegenler Arası Kütle Çekimi Yazılımı

Şekil 3-1'deki 'class VeriSinifi{}' veri sınıfına ait algoritma adımlarına göre oluşturulmuş kod yapısı veriSinifi sınıf servo döngu iş parçacığını (thread) taşır. Diğer kod bloklarında küre ve cursor gibi nesnelerin özelliklerin tanımlanması için oluşturulmuştur. Public olarak tanımlanmasının nedeni diğer kod bloklarından bu sınıftaki parametrelere ulaşmaktır. Sphere* kod satırı güneş ve diğer gezegen, Cursor* cursor verilerini tutmak için pointer olarak tanımlandı. 'VeriSinifi' kod bloğundaki küre ve omni imleç nesneleri Sphere ve Cursor' a pointer olarak bildirilmiştir. '*' indirection pointer kürenin Sphere'e işaretçi olduğunu bildirir.



Şekil 3-1 Veri sınıfı algoritma adımları akış diyagramı

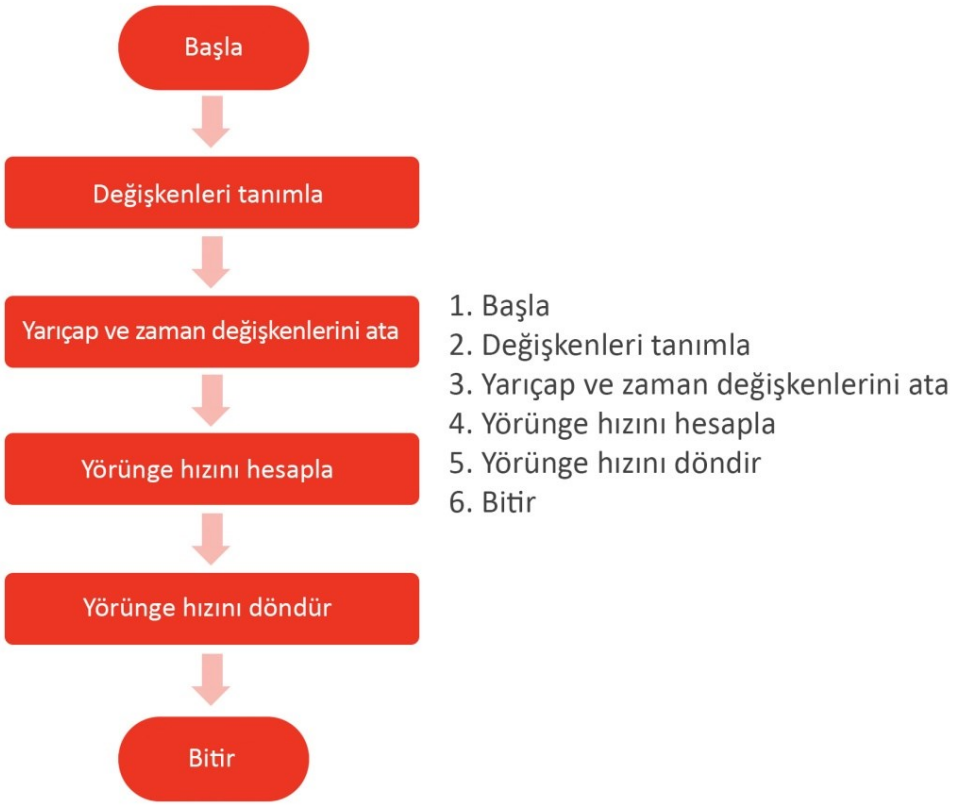
Güneş etrafında hareket eden gezegenler elips bir yörüngede hareket ederler. Gezegenler güneşe yaklaştıkça hızları artar, güneşten uzaklaştıkça hızlarında azalma meydana gelir.

Şekil 3-2'deki 'float hiz(float yariCapyorunge,float PeriyotYorunge){}' fonksiyonuna ait algoritma adımlarına göre oluşturuldu. Hız fonksiyonu kodlanırken müfredattan dolayı gezegenlerin yörüngeleri dairesel olarak alınmış ve yörünge hızı

$$v = 2 \times \pi \times \frac{r}{T} \qquad 3—1$$

formülüyle hesaplandı. Burada ‘v’ yörünge hızını, ‘r’ yörünge yarıçapı ve ‘T’ gezegenin güneş etrafındaki bir tam tur yapması için geçen zamanı yani yörünge periyodunu belirtir.

Fonksiyonlar, birçok dilde olduğu gibi C++ dilinde öznel ve bağımsız kod yığınlarıdır. Programlamada ihtiyaç duyuldukça defalarca çağrılabilir farklı programlarda tekrar kullanılabilirler. Bazı fonksiyonlar parametreler (Parameters) alır bazıları almazlar. Kullanılan parametreler, fonksiyonda kullanılan ve fonksiyonun çalışmasının temelini oluşturan değerlerdir. Girdi verileri üzerinde işlem yapmayı gerçekleştirerek fonksiyonlarını daha genel amaçlı yaparlar.



Şekil 3-2 Hız fonksiyonu algoritma adımları

Yukarıdaki hız fonksiyonunda yörünge yarıçapı ve yörünge periyotu [63] değerlerini diğer fonksiyonlarda çağrılabilmesi için float tipinde parametre olarak tanımlandı. Yarıçap parametresi float tipindeki r değişkenine, periyot parametresi float tipindeki t değişkenine atandı. ‘float hizYorunge=(2*PI*r)/t;’ kod satırı ile yörünge hızı hesaplanmış ve elde edilen değerleri kullanabilmek için ‘return hizYorunge;’ kod satırıyla döndürülmüştür. Şekil 3-3’de

her gezegen için algoritma adımlarına göre oluşturulmuş 'float hizMerkur=hiz(57909175,7600608)' ve 'HLdouble merkurYaricap=YorungeYaricap' float tipinde değişkenler tanımlandı.



Şekil 3-3 Gezegenlerin hız değişkenlerine ait algoritma adımları

Yörünge yarıçapları ve periyotları hiz() fonksiyonuna yerleştirilerek hesaplanmış ve her bir gezegenin hız değişkenine atandı.

C++ dili yapılan değişken tanımlamalarına göre bellekte yer ayırır. İhtiyaç duyulan bellek için iki bellek havuzu vardır. Yığın (stack), kullanılan geçici bellek alanıdır. Yığında veriler en üste yerleştirilir ve hep üstten alınır. Son giren ilk çıkar veri yapılarıdır. Çoğunlukla fonksiyon çağrıları için kullanır. Fonksiyon çağrıldığında, çeşitli öğeler yığının üstüne itilir. İşlevlerin her biri döndükçe işleve ait öğeler silinir ve yığın küçülür.

Şekil 3-4'de ki 'int nesne(HLdouble yaricap,HLdouble cozunurluk,char *kureIsim, GLdouble renk1, GLdouble renk2,GLdouble renk3, HDstring dosyaIsmi,HLdouble don1,HLdouble don2,HLdouble don3, float hiz){}' ve 'int dunya(HLdouble yaricap,HLdouble cozunurluk,char *kureIsim, GLdouble renk1, GLdouble renk2,GLdouble renk3, HDstring dosyaIsmi,HLdouble don1,HLdouble don2,HLdouble don3){}' fonksiyonlarına ait algoritma adımlarına göre sanal gezegenlerin haptik canvas sınırları

içerisinde hareketini sağlamak için gezegenlerin yörünge yarıçapları keyfi tanımlanarak kodlandı. Yarıçap değerleri verilirken gerçek yaşamdaki güneşe göre gezegenlerin uzaklık sıralaması göz önünde bulundurulmuştur.

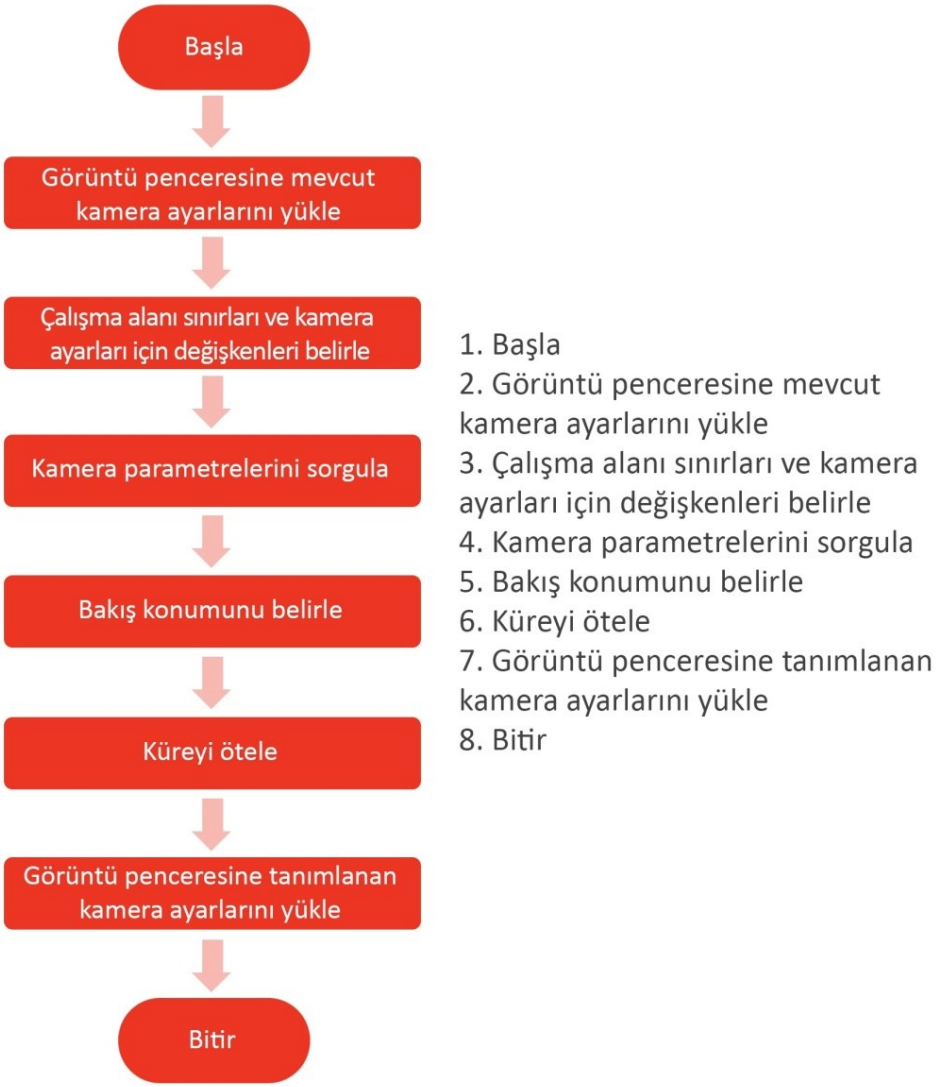
'nesne' fonksiyonu tasarlanacak küreler için oluşturulmuştur. Güneş sistemindeki küreler için tanımlanan 'nesne' fonksiyonu ile kod tekrarlarının önüne geçmesi amaçlandı. Yoksa herbir kürenin yarıçap, çözünürlük, isim ve renk gibi özellikleri tanımlanması gerekecekti. Bu durumda uzun kod satırlarının oluşmasına neden olacaktı. Kodlamada 'new Sphere', yarıçapı 0.5 birim olan küre oluşturur. Canvasın orijinine yerleştirilir.



Şekil 3-4 Küre nesnelerin özelliklerini tanımlayan fonksiyon

Küre 20 adet enlem ve boylamlardan oluşmuştur. ‘tell()’ fonksiyonu QuickHaptics micro API de küre ve cursor gibi varlıkları (entities) kaydetmek için kullanırız.

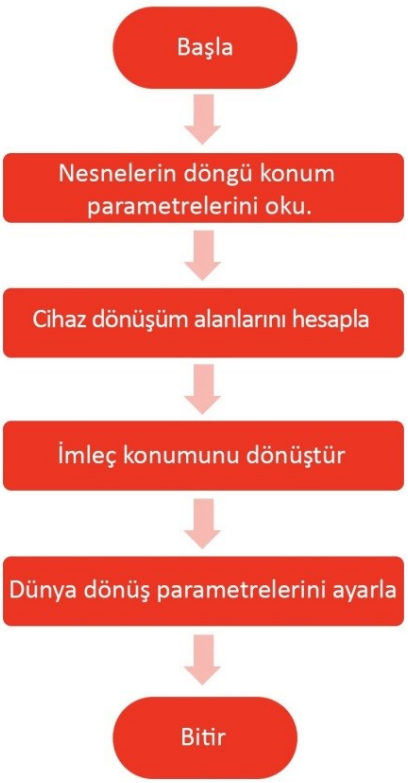
‘setShapeColor’ kürelerin yüzeyini renklendirmek için kullanıldı. ‘GLdouble’ tipinde üç değer alır. ‘setName()’ QuickHaptics objelerin isminin belirlenmesine izin verir. Fonksiyon şekil arama döndürmek için de kullanılabilir. ‘setTexture()’ method kürenin yüzeyine (dünya haritası gibi) belirlenmiş grafik dosyasını giydirir. Yazılımla gelen bu fonksiyon ‘bmp, jpg, png and tga’ gibi resim dosyalarını destekler. ‘setOrbit()’ fonksiyonu şeklin dışında belirtilen bir nokta etrafında dönüşe neden olur. Dört parametre alır. İlk parametre saat yönü veya saat yönü tersi yörünge yönünü belirtir. İkinci parametre yörünge hızını belirtir ve sıfır ile bir arasında belirlenir. ‘HDuVector3Dd (x,y,z)’ HLAPI veri tipitir. Sırasıyla yörünge ekseni ve dönme merkezini tanımlamaktır. Dönme ekseni X eksenine paraleldir ve şeklin yörüngesi orijin etrafında ortalandı. ‘setTranslation()’ Şeklin dönüşümünü belirler. OpenGL evren alanında şeklin konumundaki göreli değişimleri açık bir şekilde belirlenmesine izin verir. OpenGL evren alanında şeklin konumunu tanımlar. X,Y,Z koordinatları için üç değer alır. ‘setHapticVisibility()’ Modelin görünürlüğünü belirler. İki parametre alır. Parametre ‘TRUE’ olarak belirtildiğinde küre HD için görünür ‘FALSE’ olarak belirtildiğinde küre HD için görünmez yapılır. Ama grafiksel olarak hala görünürdür.



Şekil 3-5 Kamera ayarları için kamera fonksiyonu

Şekil 3-5'de 'int kamera(void){ }' fonksiyonu çalışma alanının sınırlarını ve kamera ayarlarını belirler. Çalışma alanı içindeki tüm nesneleri kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Yazılımla gelen kamera görüş yönü -Z ekseni boyundadır.

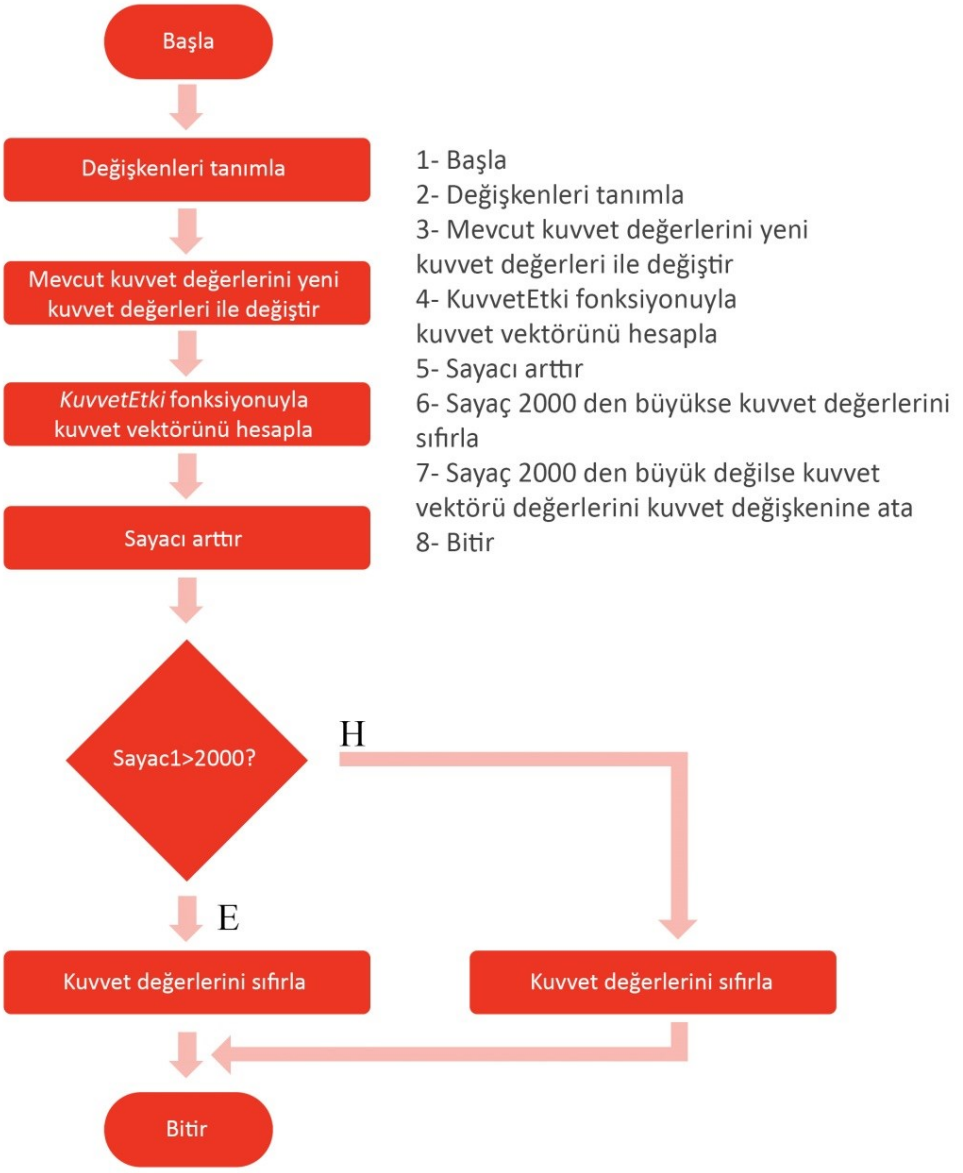
'yakinUzay' parametresi ile ön kırpma düzlemi 'uzakUzay' parametresi ile arka kırpma düzlemi sınırları ayarlandı. Ayarlanan düzlem sınırlarından daha yakın veya daha uzaktaki her hangi bir şekil görünmez. Diğer parametrelerle de düzlem yönelimi için kameranın ayarları tanımlandı.



1- Başla
2- Nesnelerin döngü konum parametrelerini oku
3- Cihaz dönüş alanlarını hesapla
4- İmleç konumunu dönüştür
5- Dünya dönüş parametrelerini ayarla
6- Bitir

Şekil 3-6 Grafik GeriCagır fonksiyonu algoritma adımları

Şekil 3-6'de 'void GrafikGeriCagir(void){ }' fonksiyonunda pencere, cursor, silindir ve küre obje pointer'larını döndürmek için gerekli QuickHaptics micro API callback fonksiyonları kullanımına yönelik verilen algoritma adımlarına göre 'grafikGeriCağır' fonksiyonu oluşturulmuştur. 'getWorldToDeviceTransform()' Cihaz uzay koordinatlarını evren uzayı koordinatlarına çevirmek için servo döngü içinde 'kuvvetHesapla()' callback fonksiyonunu kullanan omnIcinAlan dönüşüm matrisini bulur. 'getPosition()' QuickHaptics micro API fonksiyonudur. Haptik arayüz noktasının (the haptic interface point) grafik döngü içerisindeki belirlenmiş parametre konumlarını okur ve imleç (cursor) konumu evren uzayı koordinatlarında YerelImlecKonumu içinde saklanır (depolanır). 'setTranslation' (yerelKureImlec) küre için evren uzay koordinatları bu satırla yerelGunes'e atanır. Etkin küre grafiksel olarak görünmez yapılan cursorun yerini alır. Son iki satırla İmleç konumunu uygulanmadan önce, yerelGunes dönüşümü başlangıç için önce resetlenir.



Şekil 3-7 kuvvetHesapla fonksiyonu algoritma adımları

Algoritma adımları ve kod yapıları verilen Şekil 3-7'de ' void HLCALLBACK kuvvetHesapla(HDdouble kuvvet[3], HLcache *onbellek, void *kullaniciveri){ }' ve 'void HLCALLBACK etkiBasla(HLcache *onbellek, void *kullaniciVeri){ }' fonksiyonları servo döngü için kuvvet etkisini hesaplar. Dönen kürenin hareketini tanımlar ve cihaz uzayında Proxy konumunu gerçek zamana bağlı kuvveti hesaplar. callback OpenHaptics'den HDdouble kuvvet[3], HLcache *onbellek, void *kullaniciveri HL parametrelerini alır.

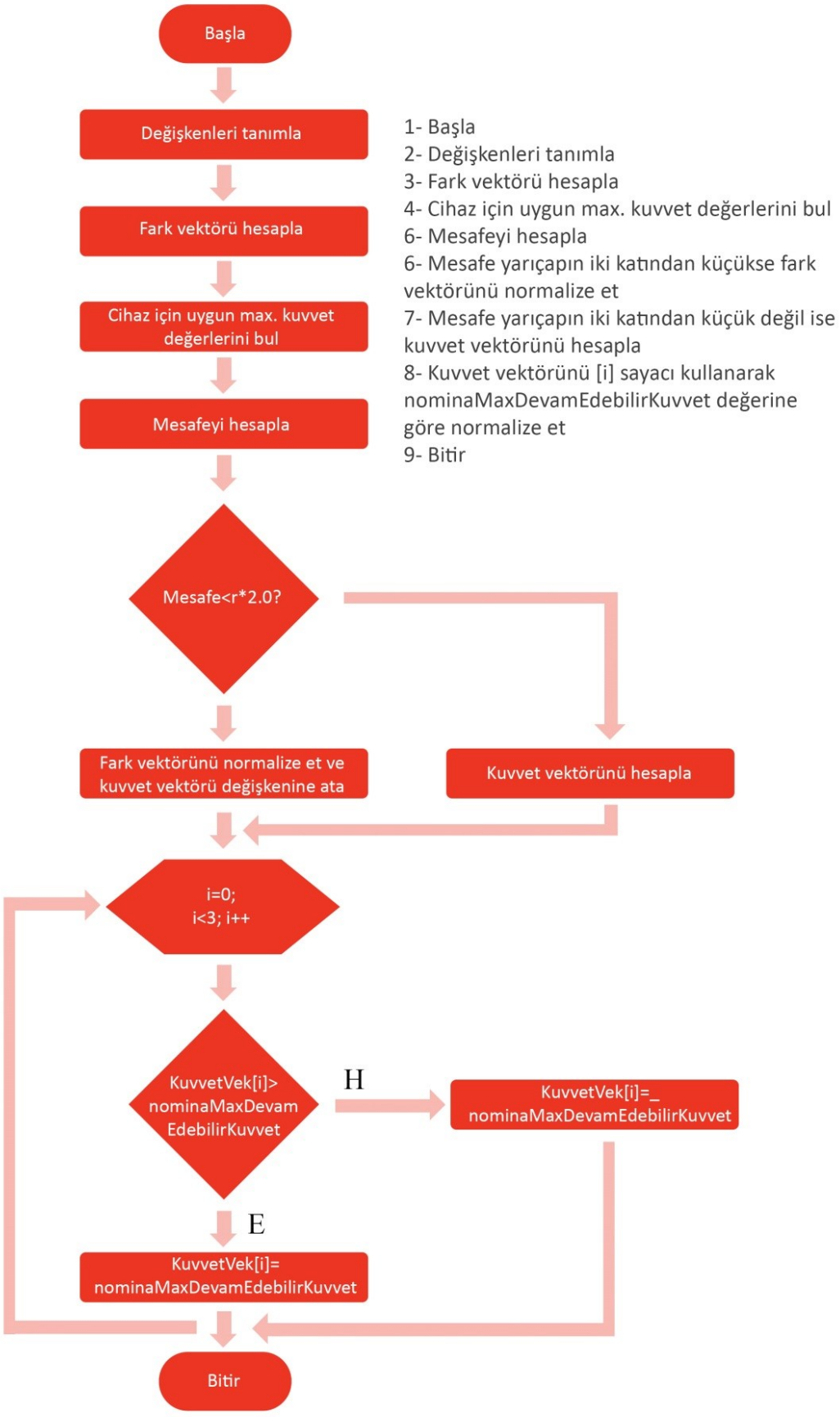
Kuvvet OpenHaptics HL çarpışma iş parçacığı (thread) tarafından hesaplanan haptik temas noktasında mevcut kuvvet değerlerini temsil eder. *onbellek servo döngü, mevcut kare (frame) den önce diğer OpenHaptics özellik değerleri ve önceki saklanan kuvvetler için

pointer'dir. *kullaniciveri yeni veriyi gösteren bir pointer'dır. Bu callback yoluyla OpenHaptic'e geçmeyi ister. Bu veri kütle çekimi değerleridir ki QuickHaptics micro API tarafından varsayılan eski kuvvet kanunları etkisini geçersiz kılacaktır. Esasen bu callback mevcut kuvvetleri okur, void *kullaniciveri tarafından gösterilen değerleri kullanarak onları değiştirir ve HD yeni kuvvet değerlerini gönderir. void *kullaniciveri soysal (generic) bir veri türüdür. Belirli bir veri türünü belirtmez.

'void HLCALLBACK etkiDurdur(HLcache *onbellek, void *kullaniciVeri){ }' fonksiyonu, uygulama bitirildiğinde 'ETKI DURDUR' mesajını ekrana basar ve bir kez çağrılır. Bu iki callback, kuvvetHesapla fonksiyonunu dünya konumunu ve kuvvet efektlerini hesaplamak için HD servo döngü 1khz hızında defalarca hesaplandı. Servo döngü, hız hatası veya diğer hata tiplerinden dolayı durabilir. Servo döngü tekrar başladığında başlangıçtaki fazla kuvvet geri bildirim değerlerinden kaynaklanan problem HD için güvensiz durum oluşturabilir. 'etkiBasla' fonksiyonu ana amacı döngü başlangıcında HD'a güvensiz değerleri göndermemektir. Bu durumda sadece sayaç1=0 resetlenir. Böylece kuvvetler kuvvetHesapla fonksiyonu tarafından tekrar güvenli bir şekilde hesaplanır.

Şekil 3-8'deki 'HDuVector3Dd kuvvetEtki(HDuVector3Dd kon1, HDuVector3Dd kon2, HDdouble carpan, HLdouble Yaricap){ }' fonksiyonuna ait algoritma adımlarına göre kodlanan kuvvetEtki fonksiyonu kütle çekimi kanunlarını tanımlar. Cihaza sunulacak kütle çekimi kuvvetleri için yeni değerleri hesaplar.

'For (int i=0;i<3;i++)' döngüsüyle kuvvetler hesaplanır. for döngüsü, aynı kod satırlarının koşula bağlı olarak istenilen sayıda tekrarlanmasını sağlar. Burada i değişkeni bellekte bir değer tutar, i<3 koşulu, i değişkeni ile sayının ilişkisel ifadesidir. İ++ artırımı, i değişkenin her döngüde bir artırılacağını belirtir. For döngüsü, i<3 olduğu sürece devam eder ve kod bloğunu çalıştırır. Fakat i üçe eşit veya büyük olması durumunda döngüden çıkar. HD'ın maksimum güven işletim alanı (nominalMaxDevamEdebilirKuvvet) aşılırsa nominalMaxDevamEdebilirKuvvet'in kuvvetVek değeri değiştirilir. Bu güvenli çalışma sınırları dışında HD'ın kullanılmamasını garantiye alır. kuvvetVek de tutulan güvenli değerler programın çalıştığı sürece döndürülür.



Şekil 3-8 kuvvetEtki fonksiyonuna ait algoritma adımları

C++ programlama int _tmain(HINSTANCE hInstance,HINSTANCE hPrevInstance,LPSTR lpCmdLine,int nCmdShow){ }' fonksiyonunu çalıştırarak başlar. Özel bir fonksiyondur. Küme belleği ayırır. GoruntuNesnesi nesnesinin kullanımı için GrafikGeriCagir fonksiyonu çağrılır ve varsayılan qhStart fonksiyonu ile _tmain içerisindeki bütün işlemler ekrana aktarılır. Burada _tmain fonksiyonu ön tanımlı dört parametre aldı. Parametreler sırasıyla örnek, ilk örnek, komut satırı parametreleri ve pencere görüntü durumu belirtir.

hInstance parametrsi uygulama örneği işleyici. Örnek olay (event) tanıtma (işleme), mesaj işleme ve diğer görevler için uygulamaya bir referans olarak windows tarafından kullanıldı. hPrevInstance parametresi daima NULL'dur. lpCmdLine parametresi uygulama başladığında herhangi bir komut satırı argümanlarını tutmak için kullanılan string'i pointer eder. Program başladığında beliren komut satırlarını tutmak için kullanılan pointer string belirginleştirilir. nCmdShow parametre, yürütülmeye başladıktan sonra uygulama penceresinin nasıl görüntüleneceğini belirler.

Küme, kalıcı saklama alanı olan uzun zamanlı bellek türüdür. Program, C++ new işlecini kullanarak küme belleği ayırır. İşlece çağrı, işaretçi göndererek istenilen belleği ayırır.

```
QHWin32* GorüntüNesnesi=new QHWin32;

DeviceSpace* OmniAlani=new DeviceSpace;
```

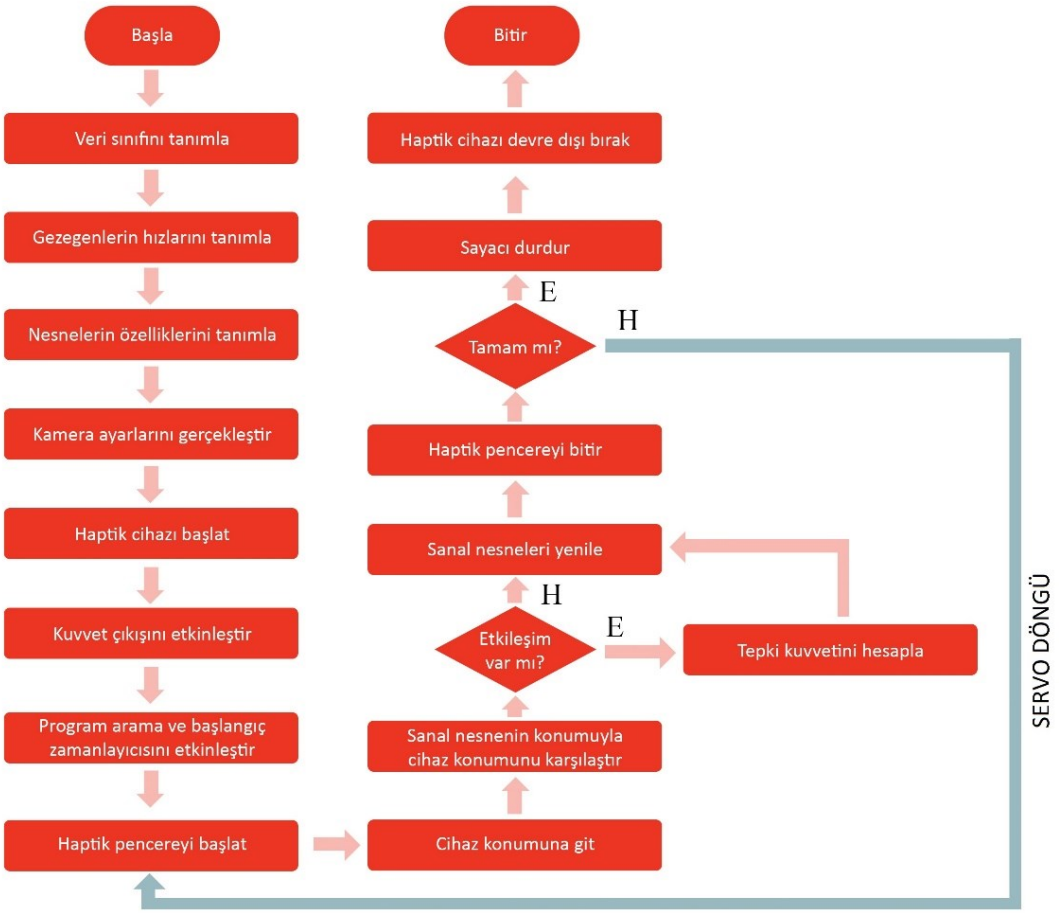
Şekil 3-9 Ekran koordinatları

Şekil 3-9'da new işleci, oluşturulan nesne için bellek ayırır ve ayrılmış belleğe bir işaretçi gönderir. 'new QHWin32', ekran koordinatları 500 X 500 pixel, arka plan rengi 'custard'olan QuickHaptics micro API görüntü penceresi oluşturulur. new DeviceSpace, phantomu açar ve başlatır. Phantom cihaz için haptik çalışma alanında kuvvet etkileşimli kullanıcı özelliklerini tanımlar. Herhangi bir argüman belirtilmedi. 'qhStart()' fonksiyonu uygulama için ana haptik ve grafik döngüleridir. Phantom tarafından küreyi dokunulabilir yapar, görüntü için grafikleri çizer. 'preDrawCallback(GrafiKGBeriCagir)' bu fonksiyon her grafik karede (frame) cağrılmış callback fonksiyon olarak tanımlanır. Frame başına yalnız bir grafik callback fonksiyon var olabilir. QuickHaptics grafik ve HL özel kuvvet callback'lerini düzenler. Burada 'startServoLoopCallback' fonksiyon programın kritik noktasıdır. HL özel

kuvvet etkilerini yürütmek için gereken elementleri tanımlar. Parametre olarak üç fonksiyonun pointer'larını ve ana programda ayarlama yapan 'veriNesnesi' alır. 'veriNesnesi' 'DataTransportClass' da poiter'dır. Program 'startServoDöngüCallback' fonksiyonu için bu parametreyi geçer.

3.13 Yazılımın Genel Akış Şeması

Yazılımın düzenli etkin çalışması için Şekil 3-10'da algoritma adımları takip edilmiştir. Veri sınıfı, gezegen hızları, sanal nesne özellikleri ve kamera ayarları tanımlandı. Haptik cihazın başlatılması, kuvvet çıkışı etkinleştirilmesi, arama ve zamanlayıcılar kodlandı. Haptik pencerenin başlatılması, konum karşılaştırılmaları, etkileşim kuvvetlerinin hesaplanması, sanal nesnelerin yenilenmesi için gerekli adımlar oluşturulmuştur. Etkileşim halinde cihaz ve yazılımın yönelimine yönelik koşul durumları ve servo döngüler oluşturulmuştur.



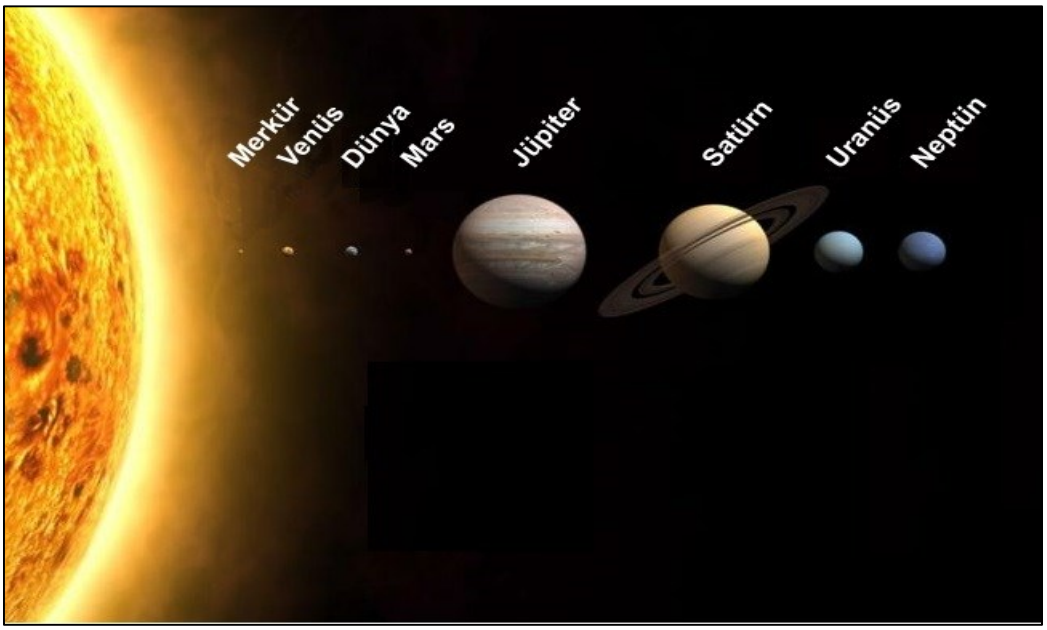
Şekil 3-10 Yazılımın genel akış şeması

3.14 Öğrencilere Anket Uygularken Ders Yapılış Detayları

Burada sanal ve geleneksel ders anlatım sekli, KGB HD destekli sanal ortamlardan hedeflenen amaçlar, öğrenci kazanımları ve sanal ortam ve cihazların kullanım şekilleri anlatıldı.

3.15 Güneş Sistemi

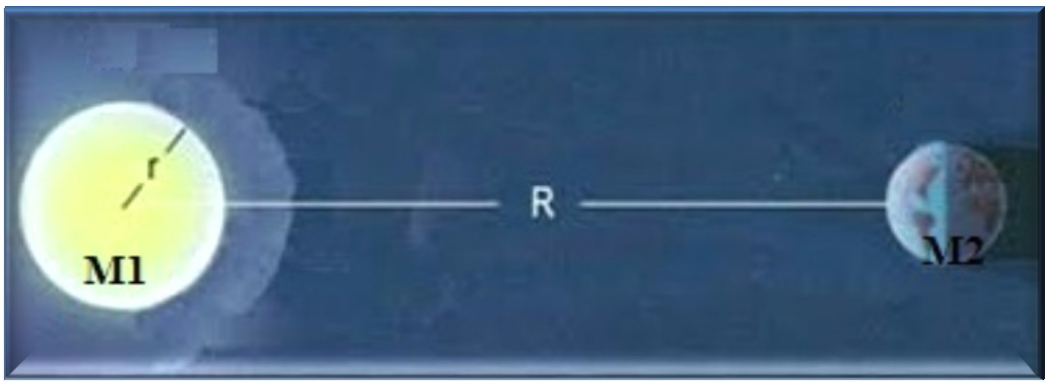
Güneş sistemi, güneş, sekiz gezegen ve milyarlarca küçük gök cisminden oluşur. Güneş'in etrafında dolanan, kendine küresel bir biçim verecek kadar kütlesi olan ve yörüngesinin yakın çevresini (doğal uyduları dışında) temizlemiş gök cisimlerine gezegen denir. Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün bilinen sekiz gezegendir.



Şekil 3-11 güneş sistemi **[64]**

Şekil 3-11'de gezegenler güneş etrafında belirli elips yörüngelerde dolanırlar. Güneş iki odaklı olan elips yörüngenin odaklarından birindedir. Güneş sistemindeki gezegenlerin arasındaki uzaklık yer-güneş arası ortalama uzaklık birimi alınarak ifade edilir. 150 milyon kilometre bir astronomi birimi (AB) olarak ifade edilir.

Newton araştırmaları sonucunda evrendeki her kütlenin başka bir kütleyi kütlelerinin çarpımı ile doğru ve aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı bir şekilde çektiğini keşfetmiştir. Bu keşif Newton'un evrensel çekimi yasası olarak ifade edildi [65].



Şekil 3-12 Güneş dünya etkileşimi

Şekil 3-12'de M_1 ve M_2 gezegenlerin kütlesi ve R gezegenler arası uzaklık olmak üzere gezegenler arası çekimi kuvveti (F) denklem 3-2'deki gibi hesaplanır.

$$F = G\,\frac{M_1 \times M_2}{R^2} \qquad 3—2$$

Burada $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N.m^2/KGB^2$ kütle çekimi sabitini belirtir [66]. Gezegenlerin kendi ekseni etrafındaki dolanım hızları ile yörünge hızları birbirlerinden farklıdır.

3.16 Öğrencilere anlatılan konular

SGO'larında KGB HD'larla ders anlatımı için c++ üzerine inşa edilmiş openGL tabanlı OpenHaptics yazılım ortamında kütle çekimi kuvveti ilgili uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama dünyanın ve diğer gezegenlerin güneş etrafında dönüşünü ve güneşle etkileşimlerini içermektedir. Gezegenlerin güneş etrafındaki yörüngeleri, güneşe yaklaşılması durumunda kütle çekimi kuvvetinin artması, gezegenlerin kütle ve yarıçaplarına bağlı olarak hızlarındaki farklılıklar üç boyutlu olarak tasarlandı. Daha sonra fizik laboratuvarında SG ortamlarında HD'larla ders anlatımı için seçilen öğrencilerle on beş gün boyunca etkileşimli olarak dersler işlendi. SGO cihazları ile öğrencilere kütle çekimi kuvvetiyle ilgili uygulamalar yapılmış ve HD'larla bu kuvvetlerin kola iletimi sağlandı. Cihazlarla yapılan uygulamalar sırasında öğrencilerle konu soru çözümleri yapıldı. Öğrencilerin kütle etkileşimi ile ilgili çekimi kuvveti gibi kavramları iyice pekiştirmesi için tekrar yapma fırsatları sunulmuştur.

3.17 Geleneksel Yöntemlerle Sınıf Ortamında Fizik Dersi anlatımı Şekli

GDA için farklı sınıflardan seçilen 109 öğrenciye on beş gün boyunca kütle çekimi kuvveti konusu sınıf ortamında anlatıldı. Ders anlatımında, sınıf ortamında tahta üzerinde konular anlatılmış, konu anlatımları ile ilgili soru çözümleri yapıldı. Bazı sorular öğrencilere çözdürülmüştür. Ayrıca anlatılan konularla ilgili öğrencilere ödevlendirme yapıldı. Sınıf ortamında geleneksel yöntemlerle ders anlatılırken zaman ve materyal kısıtlılığından dolayı uygulama yaptırılmadı.

3.18 SGO'nda KGB HDlı Fizik Dersi Anlatım Şekli

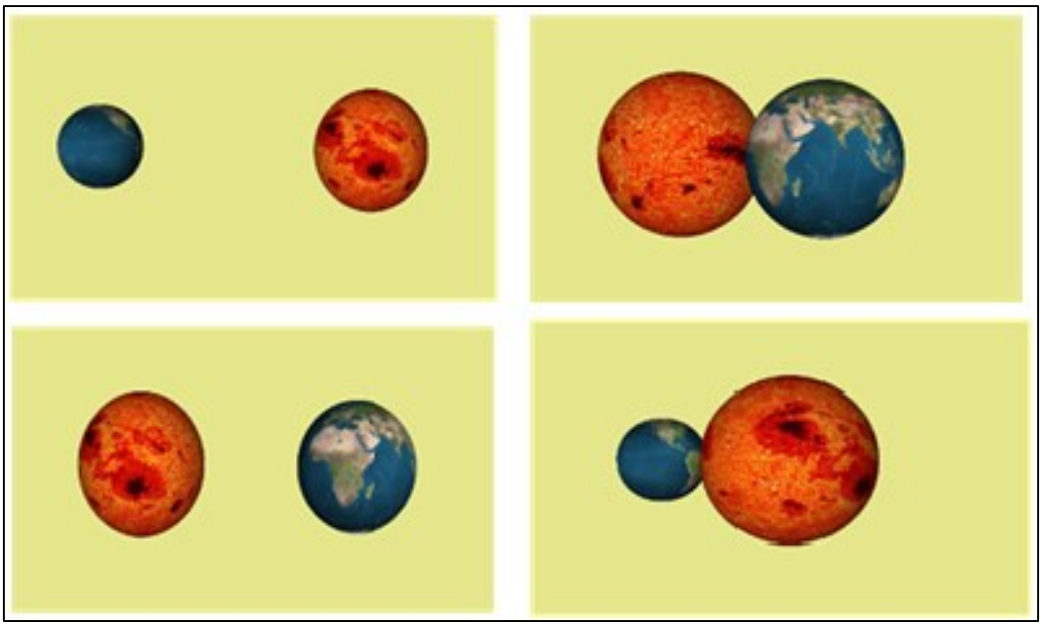
SGO'nda KGB HDlı ders anlatımı için farklı sınıflardan seçilen 106 öğrenciye on beş gün boyunca kepler kanunları konusu anlatıldı. Anlatılan konularla ilgili uygulamalar uygulamayı gerçekleştiren öğrenciye Şekil 3-13'deki bilgisayar ekranı ve başa takılan üç boyutlu ekranla sunulmuştur. Ayrıca bütün öğrencilerin aynı anda uygulamayı izleyebilmesi için projeksiyon cihazıyla fizik laboratuvarında tahtaya yansıtıldı. Derslerde uygulama için kullanılan uygulamalar OpenHaptics yazılım ortamında geliştirdi. Uygulama ile tasarlanan nesnelerle (güneş, dünya, mars…) ve cihazlarla öğrencilerin etkileşimine imkan verilmiştir. Kullanılan cihaz ve yazılımlarla ilgili kavramlar, ders anlatımları ve uygulamalardan önce öğrencilere tanımlanarak kavramaları sağlandı.



Şekil 3-13 HD'lar ve görüntü birimleri ile ders anlatımı

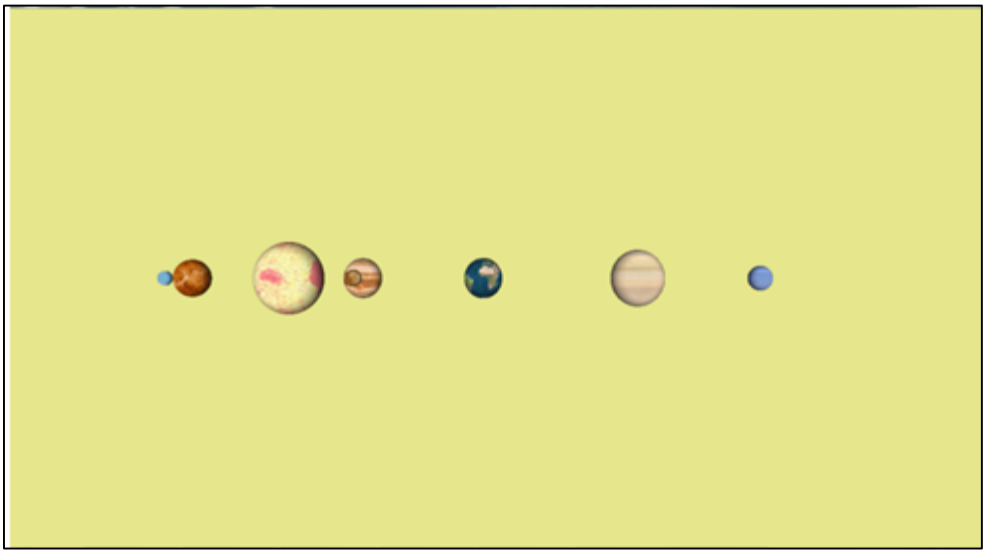
3.19 Geliştirilen Uygulamaların Kullanım Şekilleri ve Öğrenci Kazanımları

Öğrencilere, sanal ortamlar, bu ortamlarda kullanılacak cihazlar ve uygulamaların nasıl kullanılacağı ile ilgili bilgilendirme yapıldı.



Şekil 3-14 Güneş ile dünya arasındaki kütle çekimi kuvveti simülasyonu

Üç boyutlu görüntü veren kafaya takılan ekranda uygulamaların nasıl takip edileceği, HD'larla Şekil 3-14 ve Şekil 3-15'deki sanal nesnelerle nasıl etkileşimde bulunulacağı ve bu cihazların konuların amacına göre nasıl kullanılacağı öğrencilere anlatıldı. Özellikle HD'larla nesnelere dokunma anında nesnelerin sertliklerini kolda hissetme, dünyanın güneşe yakınlaşıp uzaklaşması durumunda dünya ile güneş arasındaki çekimi kuvvetindeki değişimi HD'la kola aktarma, gezegenlerin kütlelerine bağlı olarak yörünge ve hızlarındaki farklılıklar öğrenciye ekranda ve uygulama anında verilmeye çalışıldı. Parametrelerin değiştirilmesi sonucunda hangi olayların gözlenebileceği konularına yer verilmiştir.



Şekil 3-15 Güneş sistemi simülasyonu

3.20 Verileri Çözümleme Yöntemi

Araştırma kapsamında elde edilen anket verileri SPSS yazılım programına girilerek istatistiksel çözümlemesi yapıldı. Ortalamalar arası farkın anlamlılığını test etmek üzere t-testi analizi kullanıldı. $\overline{X}_1$ ve $\overline{X}_2$, sırasıyla her iki grubun da bu anket sorusuna verdiği cevapların ortalaması, s_1 ve s_2 standart sapmaları, standart hataları, t-testi değerleri ve serbestlik dereceleri hesaplandı. Örneklem değerlerinden yola çıkarak evren (popülasyon) değerleri kestirilmeye çalışıldı [62].

İstatistikte p değeri, olasılık teriminin kısaltılmış halidir. Yüzde 5 hatayı kabul ederek karşılaştırma yapıldığında, $p<0.05$ ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır sonucu çıkarılır. Bu durumda birinci karşılaştırma kabul edilirse, her iki grubun veri değerlerinin arasındaki fark anlamlıdır ($p< 0.05$) denilebilir. Yukarıdaki açıklamalardan da görüleceği gibi, grupların ortalamaları birbiri ile karşılaştırılırken standart sapmadan değil standart hatadan yararlanılmaktadır. Öyle ise grupların ortalama değerleri tabloda verilirken, ortalama ± standart sapma değil ortalama ± standart hata şeklinde göstermek elbette ki daha doğru olacaktır. Çalışma gruplarına ait veriler, sadece ilgili olduğu grubun özelliğini/özelliklerini (boy, kilo, yaş gibi) göstermek amacıyla verilmiş ise, bu verileri, ortalama ± standart sapma şeklinde vermek daha doğru olacaktır. Amaç, bu verileri birbiri ile karşılaştırarak, gruplar arasında bir fark olup olmadığını öğrenmek ise, ortalama ± standart hata şeklinde vermek doğru olacaktır [62].

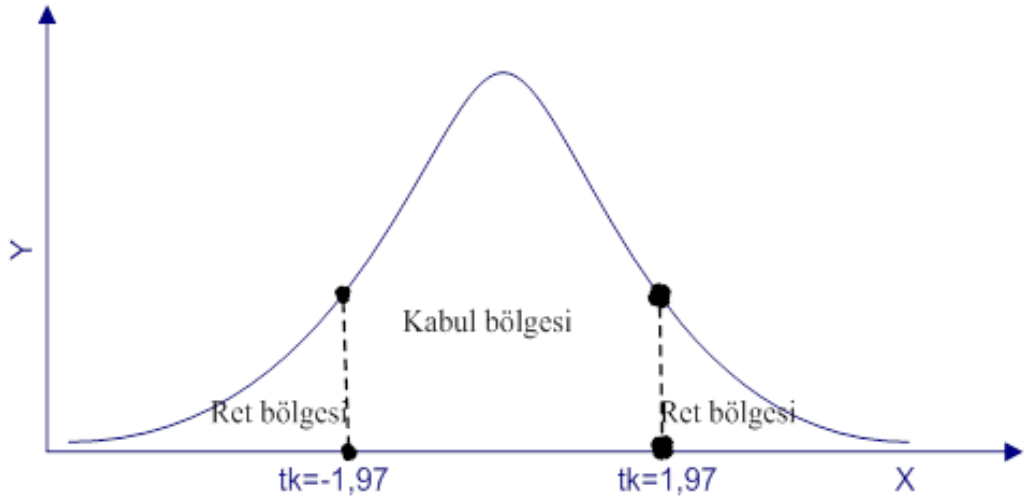
Sanal ve geleneksel ders anlatımları arasında belirgin bir fark olup olmadığını araştırmak için hedeflenen hipotez şekillerine metin ve materyal kullanımı örnek olarak gösterilmiştir.

H0: . Sanal ve geleneksel ders anlatımlarında, metin ve materyal açısından belirgin bir fark yoktur. Formül 3-3'de,

$$H0: \mu_1 = \mu_2 \qquad 3—3$$

H1: Sanal ve geleneksel ders anlatımlarında, metin ve materyal açısından belirgin bir fark vardır. Formül 3-4'de,

$$H1: \mu_1 \neq \mu_2 \qquad 3—4$$



Şekil 3-16 HO hipotezinin kabul ve ret bölgelerini gösteren grafik [67]

İstatistiksel açıdan hesaplamalarda anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi. Fizik dersi alan öğrenci evreninden ayrı ayrı seçilen 109 ve 106 kişilik örneklem büyüklüklerinin t - testi kritik değeri (t_k) 1,97 olarak belirlenmiştir. Şekil 3-16'de verilen t - testi analiz çözümleme t-istatistik değeri $-1,97<t<1,97$ aralığında ise H0 hipotezimiz kabul edilmiş diğer durumlar için ret edilmiştir. Bulguların yorumlanabilmesi için tablolar oluşturulmuş daha sonrada yorumlandı. Anketlerde yer alan soruların güvenilirlik değeri, sanal ortamda HU'lı ders anlatımı için $\alpha = 0,85$, GDA için $\alpha = 0,95$ olarak bulunmuştur. Değerler 0,70'den büyük olduğu için anket soruları güvenilir kabul edilmiştir [68].

4 ARAŞTIRMA SONUÇLAR1 VE TARTIŞMA

4.1 Araştırma Sonuçları

Bu bölümde SG ortamlarında KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA ile ilgili olarak hipotezlerin değerlendirilmesine yönelik yapılan araştırma anketi sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizler kullanılarak elde edilmiş bulgulara ve bu bulguların yorumlarına yer verilmiştir. Araştırma her hipotez için ayrı ayrı anlatıldı.

Aşağıdaki tablolarda hipotezleri sınamak için bütün uygulamaların SG ortamlarında KGB HU'lı ders anlatımları ile geleneksel ders anlatımları arasında araştırılan konulara göre istatistiksel olarak belirgin bir fark olup olmadığını belirlemek için t – testi istatistiği hesaplandı.

4.2 Sınıf Ortamına Taşınamayacak Materyalleri Görmesi

H0: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin materyal ihtiyaçlarının karşılanması ve sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmesi açısından belirgin bir fark yoktur.

H1: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin materyal ihtiyaçlarının karşılanması ve sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmesi açısından belirgin bir fark vardır.

Tablo 4-1 Materyal tablosu

Değerlendirme alanları	Ders anlatma yöntemi	$\dot{X}$	X	S	$S_{\dot{x}_1-\dot{x}_2}$	T	Sd	P
Görsellik ve materyal yeterliliği	SGODA	3,58	106	1,09	0,10	6,23	213	0,00
	GDA	2,62	109	1,18	0,11			
Pahalı ve ulaşılması zor olan doküman, resim ve bilgiye erişim	SGODA	3,48	106	1,22	0,11	6,76	213	0,00
	GDA	2,31	109	1,13	0,12			
Konu grafik ve animasyonların görsel ve dinamik bir ortam sunması	SGODA	3,61	106	1,18	0,11	8,21	213	0,00
	GDA	2,29	109	1,17	0,11			
Öğrencilerin sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmelerine fırsat verilmesi	SGODA	3,70	106	1,08	0,10	8,06	213	0,00
	GDA	2,38	109	1,30	0,12			
Tasarlanan nesneler ve çizimler öğrencilere konuları anlamada yeterli materyalleri sunması	SGODA	3,55	106	1,24	0,12	5,33	213	0,00
	GDA	2,64	109	1,24	0,11			

Tablo 4-1Tablo 4-1'deki değerlendirme alanlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur.

Görsellik ve materyal yeterliliği ile ilgili t–istatistik değeri [$t(6,23)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=6,23,p<0,05$] bulunmuştur.

Pahalı ve ulaşılması zor olan doküman, resim ve bilgiye erişim ile ilgili t–istatistik değeri [$t(6,76)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=6,76,p<0,05$] bulunmuştur.

Konu grafik ve animasyonların görsel ve dinamik bir ortam sunması ile ilgili t-istatistik değeri [$t(8,21)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=8,21,p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmelerine fırsat verilmesi ilgili t–istatistik değeri [$t(8,06)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=8,06,p<0,05$] bulunmuştur.

Tasarlanan nesneler ve çizimler öğrencilere konuları anlamada yeterli materyalleri sunması ile ilgili t–istatistik değeri [$t(5,33)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=5,33,p<0,05$] bulunmuştur.

Yukarıdaki değerlendirme alanlarında t-istatistik değerinin kritik değerden büyük olması, p değerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 'SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin materyal ihtiyaçlarının karşılanması ve sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmesi açısından belirgin bir fark vardır.' hipotezi kabul edildi. Öğrencilerin materyal ihtiyaçlarının karşılanması ve sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmesinin kapsadığı alanlarda SGO'da HU'lı ders anlatımı lehine anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir.

4.3 Dersin Sevdirilmesi, Çekiciliğinin Artırılması

H0: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, dersin sevdirilmesi, çekiciliğinin artırılması ve öğrencilerin motive olmaları açısından belirgin bir fark yoktur.

H1: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, dersin sevdirilmesi, çekiciliğinin artırılması ve öğrencilerin motive olmaları açısından belirgin bir fark vardır.

Tablo 4-2 Dersin sevdirilmesi

Değerlendirme alanları	Ders anlatma yöntemi	$\dot{X}$	X	S	$S\dot{x}_1\text{-}\dot{x}_2$	T	Sd	P
Dersi sevdirerek çekiciliğinin artırılması	SGODA	3,67	106	1,21	0,11	5,71	213	0,00
	GDA	2,73	109	1,20	0,11			
Öğrencilerin dersleri farklı, eğlenceli ve ilginç bulması	SGODA	3,78	106	1,22	0,11	8,34	213	0,00
	GDA	2,38	109	1,24	0,11			
Öğrenciler için dersi ilgi çekici hale getirmesi	SGODA	3,39	106	1,24	0,12	5,21	213	0,00
	GDA	2,49	109	1,32	0,12			
Öğrencilerin motive olmaları	SGODA	3,59	106	1,22	0,11	8,21	213	0,00
	GDA	2,49	109	1,12	0,10			
Öğrencilerin araştırmaya yönlendirilmesinde teşvik edilmesi	SGODA	3,29	106	1,17	0,11	4,42	213	0,00
	GDA	2,59	109	1,21	0,11			
Öğrencilerin monotonluktan kurtulması	SGODA	3,43	106	1,26	0,12	6,37	213	0,00
	GDA	2,38	109	1,16	0,11			

Tablo 4-2'de değerlendirme alanlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur.

Dersi sevdirerek çekiciliğinin artırılması ile ilgili t-istatistik değeri [$t(5,71)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=5,71, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin dersleri farklı, eğlenceli ve ilginç bulması ile ilgili t–istatistik değeri [$t(8,34)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=8,34, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrenciler için dersi ilgi çekici hale getirmesine ile ilgili t–istatistik değeri [$t(5,21)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=5,21, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin motive olmaları ile ilgili t–istatistik değeri [$t(8,21)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri 0,05'den küçüktür [$t(213)=8,21, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin araştırmaya yönlendirilmesinde teşvik edilmesine t–istatistik değeri [$t(4,42)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=4,42, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin monotonluktan kurtulmasıyla ilgili t–istatistik değeri [$t(6,37) > t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=6,37, p<0,05$] bulunmuştur.

Yukarıdaki değerlendirme alanlarında t-istatistik değerinin kritik değerden büyük olması, p değerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 'SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, dersin sevdirilmesi, çekiciliğinin artırılması ve öğrencilerin motive olmaları açısından belirgin bir fark vardır.' hipotezi kabul edilmiştir. Dersin sevdirilmesi, çekiciliğinin artırılması ve öğrencilerin motive olmalarının kapsadığı alanlarda SGO'da HU'lı ders anlatımı lehine anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir.

4.4 Öğrencilerin Öğrenmelerine Etkisi

H0: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin öğrenimlerine etkisi ve öğrenme hızlarına katkısı açısından belirgin bir fark yoktur.

H1: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin öğrenimlerine etkisi ve öğrenme hızlarına katkısı açısından belirgin bir fark vardır.

Tablo 4-3 Öğrencilerin öğrenimleri

Değerlendirme alanları	Ders anlatma yöntemi	$\dot{X}$	X	S	$S\dot{x}_1\text{-}\dot{x}_2$	T	Sd	P
Öğrencilerin daha iyi ve daha hızlı öğrenmelerine olumlu katkısı	SGODA	3,64	106	1,18	0,11	4,94	213	0,00
	GDA	2,83	109	1,23	0,11			
Öğrencilerin ders konularını daha kısa zamanda etkin bir şeklide öğrenmesi	SGODA	3,55	106	1,12	0,10	7,24	213	0,00
	GDA	2,44	109	1,11	0,10			
Öğrencilerin daha hızlı işlem yapabilmesi	SGODA	3,69	106	1,21	0,11	6,11	213	0,00
	GDA	2,69	109	1,20	0,11			
Öğrencilerin öğrenimlerinin artırılması	SGODA	3,71	106	1,06	0,10	6,59	213	0,00
	GDA	2,80	109	1,17	0,11			
Öğrencilerin bağımsız öğrenmesine olanak sağlaması	SGODA	3,50	106	1,25	0,12	5,00	213	0,00
	GDA	2,63	109	1,26	0,12			
Öğrencilerin bireysel farklılıklarından dolayı karşılaşılan problemler için bireysel öğrenmeye ortam hazırlaması	SGODA	3,53	106	1,20	0,11	5,74	213	0,00
	GDA	2,54	109	1,30	0,12			
Ders anlatım şeklinin öğrencilere çekimi kuvveti, kütle ve yörünge yarıçapı gibi kavramları öğrenmesine etkisi	SGODA	3,65	106	1,24	0,12	5,13	213	0,00
	GDA	2,76	109	1,29	0,12			

Tablo 4-3 Tablo 4-3'de değerlendirme alanlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur.

Öğrencilerin daha iyi ve daha hızlı öğrenmelerine olumlu katkısı ile ilgili t–istatistik değeri [t(4,94)> t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213) =4,94,p<0,05] bulunmuştur.

Öğrencilerin ders konularını daha kısa zamanda etkin bir şeklide öğrenmesin ile ilgili t–istatistik değeri [t(7,24)> t_k (1,97)], istatistik p değeri [t(213)=7,24,p<0,05] bulunmuştur.

Öğrencilerin daha hızlı işlem yapabilmesi ile ilgili t–istatistik değeri [t(6,11)> t_k (1,97)], istatistik p değeri [t(213)=6,11,p<0,05] bulunmuştur.

Öğrencilerin öğrenimlerinin artırılmasıyla ilgili t–istatistik değeri [t(6,59)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=6,59,p<0,05] bulunmuştur.

Öğrencilerin bağımsız öğrenmesine olanak sağlaması ile ilgili t–istatistik değeri [t(5,00)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=5,00,p<0,05] bulunmuştur.

Öğrencilerin bireysel farklılıklarından dolayı karşılaşılan problemler için bireysel öğrenmeye ortam hazırlaması ile ilgili t–istatistik değeri [t(5,74)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=5,74,p<0,05].

Ders anlatım şeklinin öğrencilere çekimi kuvveti, kütle ve yörünge yarıçapı gibi kavramları öğrenmesine etkisi ile ilgili t–istatistik değeri [t(5,13)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=5,13,p<0,05].

Yukarıdaki değerlendirme alanlarında t-istatistik değerinin kritik değerden büyük olması, p değerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 'SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin öğrenimlerine etkisi ve öğrenme hızlarına katkısı açısından belirgin bir fark vardır.' hipotezi kabul edildi. Öğrencilerin öğrenimlerine etkisinin ve öğrenme hızlarına katkısının kapsadığı alanlarda SGO'da HU'lı ders anlatımı lehine anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir.

4.5 Ders Anlatım Şekli ve İçerikleri

H0: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, fizik dersi anlatım şekli ve içeriklerine etkileri açısından belirgin bir fark yoktur.

H1: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, fizik dersi anlatım şekli ve içeriklerine etkileri açısından belirgin bir fark vardır.

Tablo 4-4 Ders içerikleri

Değerlendirme alanları	Ders anlatma yöntemi	$\dot{X}$	X	S	$S\dot{x}_1\text{-}\dot{x}_2$	T	Sd	P
Öğrencilerin örnekleri gerçekçi, çalışabilir ve pratik bulması	SGODA	3,65	106	1,12	0,10	6,08	213	0,00
	GDA	2,72	109	1,13	0,10			
Ders işleme şeklinin öğrenci başarısına etkisi	SGODA	3,55	106	1,25	0,12	5,62	213	0,00
	GDA	2,61	109	1,24	0,12			
Ders anlatım şeklinin öğrencilere anlatılan konuları zihinlerinde somutlaştırması	SGODA	3,75	106	1,18	0,11	6,62	213	0,00
	GDA	2,64	109	1,17	0,12			
Ders ihtiyacına uygun içeriğin sunulması	SGODA	3,60	106	1,14	0,11	4,93	213	0,00
	GDA	2,82	109	1,19	0,11			
Ders içeriklerinin zengin bir şekilde sunulması	SGODA	3,59	106	1,27	0,12	6,61	213	0,00
	GDA	2,51	109	1,14	0,11			
Öğrencilerin dersleri farklı, eğlenceli ve ilginç bulması	SGODA	3,78	106	1,22	0,11	8,34	213	0,00
	GDA	2,38	109	1,24	0,11			
Konuların bilgisayar veya laboratuvar ortamında işlenmesi dersle entegreyi olumlu etkilemesi	SGODA	3,49	106	1,23	0,12	5,92	213	0,00
	GDA	2,41	109	1,42	0,13			
Konularla ilgili uygulama yapılmasının dersle entegreye olumlu etkisi	SGODA	3,51	106	1,19	0,11	6,08	213	0,00
	GDA	2,51	109	1,22	0,11			

Tablo 4-4'de değerlendirme alanlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur.

Öğrencilerin örnekleri gerçekçi, çalışabilir ve pratik bulması ile ilgili [$t(6,08)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=6,08, p<0,05$] bulunmuştur.

Ders işleme şeklinin öğrenci başarısına etkisi ile ilgili t–istatistik değeri [$t(5,62)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri 0,05'den küçüktür [$t\ (213) =5,62,\ p<0,05$] bulunmuştur.

Ders anlatım şeklinin öğrencilere anlatılan konuları zihinlerinde somutlaştırması ile ilgili t–istatistik değeri [t(6,62)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=6,62,p<0,05] bulunmuştur.

Ders ihtiyacına uygun içeriğin sunulması ile ilgili t–istatistik değeri [t(4,93)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=4,93,p<0,05] bulunmuştur.

Ders içeriklerinin zengin bir şekilde sunulmasına ile ilgili t–istatistik değeri [t (6,61)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=6,61,p < 0,05] bulunmuştur.

Öğrencilerin dersleri farklı, eğlenceli ve ilginç bulmasıyla ilgili t–istatistik değeri [t(8,34)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=8,34,p<0,05] bulunmuştur.

Konuların bilgisayar veya laboratuvar ortamında işlenmesi dersle entegreyi olumlu etkilemesi İle ilgili t–istatistik değeri [t(5,92)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=5,92,p<0,05].

Konularla ilgili uygulama yapılmasının dersle entegreye olumlu etkisi ile ilgili t–istatistik değeri [t(6,08)>t_k(1,97)], istatistik p değeri 0,05'den küçüktür [t(213)=6,08,p<0,05].

Yukarıdaki değerlendirme alanlarında t-istatistik değerinin kritik değerden büyük olması, p değerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 'SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, fizik dersi anlatım şekli ve içeriklerine etkileri açısından belirgin bir fark vardır.' hipotezi kabul edildi. Fizik dersi anlatım şekli ve içeriklerine etkilerinin kapsadığı alanlarda SGO'da HU'lı ders anlatımı lehine anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir.

4.6 Öğrencilerin Bilgiye Ulaşımı

H0: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin bilgiye ulaşımı ve organizasyonu açısından belirgin bir fark yoktur.

H1: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin bilgiye ulaşımı ve organizasyonu açısından belirgin bir fark vardır.

Tablo 4-5 Bilgiye ulaşım

Değerlendirme alanları	Ders anlatma yöntemi	$\dot{X}$	X	S	$S\dot{x}_1\text{-}\dot{x}_2$	T	Sd	P
Öğretimde bilgi kaynağı olarak kullanılması	SGODA	3,70	106	1,11	0,10	5,69	213	0,00
	GDA	2,82	109	1,15	0,11			
Öğrencilerin bilgilerini sistemleştirmesi	SGODA	3,65	106	1,15	0,11	5,15	213	0,00
	GDA	2,80	109	1,26	0,12			
Öğrencilerin var olan bilgiler ile yeni bilgiler arasında bağ kurulması	SGODA	3,64	106	1,27	0,12	4,99	213	0,00
	GDA	2,78	109	1,25	0,12			
Öğrencilerin kendi bilgi teknolojileri bilgilerini geliştirmesi	SGODA	3,32	106	1,24	0,12	4,64	213	0,00
	GDA	2,54	109	1,21	0,11			
Öğrencilerin geniş bilgi yelpazesine erişimi	SGODA	3,59	106	1,22	0,11	6,54	213	0,00
	GDA	2,59	109	1,04	0,10			
Öğrencilerin bilgi organizasyonunu sağlaması	SGODA	3,43	106	1,21	0,11	4,74	213	0,00
	GDA	2,65	109	1,20	0,11			

Tablo 4-5'de değerlendirme alanlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur.

Öğretimde bilgi kaynağı olarak kullanılması ile ilgili t–istatistik değeri [$t(5,69)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri 0,05'den küçüktür [$t\ (213)=5,69, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin bilgilerini sistemleştirmesi ile ilgili t–istatistik değeri [$t(5,15)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=5,15, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin var olan bilgiler ile yeni bilgiler arasında bağ kurulması ile ilgili t–istatistik değeri [$t(4,99)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=4,99, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin kendi bilgi teknolojileri bilgilerini geliştirmesi ile ilgili t–istatistik değeri [$t(4,64)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=4,64, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin geniş bilgi yelpazesine erişimi ile ilgi t–istatistik değeri [$t(6,54)>t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=6,54, p<0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin bilgi organizasyonunu sağlamasıyla ilgili t–istatistik değeri [t(4,74)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=4,74,p<0,05] bulunmuştur.

Yukarıdaki değerlendirme alanlarında t-istatistik değerinin kritik değerden büyük olması, p değerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 'SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin bilgiye ulaşımı ve organizasyonu açısından belirgin bir fark vardır.' hipotezi kabul edildi. Öğrencilerin bilgiye ulaşımı ve organizasyonunun kapsadığı alanlarda SGO'da HU'lı ders anlatımı lehine anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir.

4.7 Öğrencilerin Ufuklarının Açılması

H0: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin ufuklarının açılması açısından belirgin bir fark yoktur.

H1: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin ufuklarının açılması açısından belirgin bir fark vardır.

Tablo 4-6 Öğrencilerin ufuklarının açılması

Değerlendirme alanları	Ders anlatma yöntemi	$\dot{X}$	X	S	$S\dot{x}_1$-$\dot{x}_2$	T	Sd	P
Öğrencilerin ufuklarının açılması	SGODA	3,53	106	1,18	0,11	6,45	213	0,00
	GDA	2,44	109	1,26	0,12			
Öğrencilere problemleri çözmede farklı bakış açıları kazandırması	SGODA	3,42	106	1,28	0,12	3,97	213	0,00
	GDA	2,73	109	1,26	0,12			
Öğrencilerin hayal güçlerine olumlu katkısı	SGODA	3,81	106	1,18	0,11	6,24	213	0,00
	GDA	2,74	109	1,31	0,12			

Tablo 4-6'da değerlendirme alanlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur.

Öğrencilerin ufuklarının açılması ile ilgili t–istatistik değeri [t(6,45)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=6,45,p<0,05].

Öğrencilere problemleri çözmede farklı bakış açıları kazandırmasıyla ilgili t-istatistik değeri [t(3,97)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=3,97,p<0,05].

Öğrencilerin hayal güçlerine olumlu katkısı ile ilgili t–istatistik değeri [t(6,24)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=6,24,p<0,05].

Yukarıdaki değerlendirme alanlarında t-istatistik değerinin kritik değerden büyük olması, p değerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 'SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, öğrencilerin ufuklarının açılması açısından belirgin bir fark vardır.' hipotezi kabul edildi. Öğrencilerin ufuklarının açılmasının kapsadığı alanlarda SGO'da HU'lı ders anlatımı lehine anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir.

4.8 Öğrencilerin Dokunma ve Ortamda Bulunma Hissini Algılaması

H0: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, cihazları kullanım kolaylığı, öğrencilerin kütle çekimi kuvvetini, nesnelere dokunma ve ortamda bulunma hissini algılaması açısından belirgin bir fark yoktur.

H1: SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, cihazları kullanım kolaylığı, öğrencilerin kütle çekimi kuvvetini, nesnelere dokunma ve ortamda bulunma hissini algılaması açısından belirgin bir fark vardır.

Tablo 4-7 Kullanılan cihazlarla etkileşim

Değerlendirme alanları	Ders anlatma yöntemi	$\dot{X}$	X	S	$S\dot{x}_1$-$\dot{x}_2$	T	Sd	P
Öğrencilerin ders anlatımında kullanılan cihazların kullanımını kolay bulması	SGODA	3,83	106	1,13	0,11	7,51	213	0,00
	GDA	2,58	109	1,28	0,12			
Öğrencilerin kütle çekimi kuvvetini algılaması	SGODA	3,66	106	1,19	0,11	6,31	213	0,00
	GDA	2,63	109	1,19	0,11			
Öğrencilerin anlatılan konularda bulunan dünya gibi nesnelere dokunulması	SGODA	3,76	106	1,21	0,1	7,73	213	0,00
	GDA	2,41	109	1,34	0,12			
Ders anlatım şekli öğrencilere anlatılan konu ortamında bulunma hissi vermesi	SGODA	3,61	106	1,11	0,10	6,56	213	0,00
	GDA	2,62	109	1,11	0,10			

Tablo 4-7'de değerlendirme alanlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur.

Öğrencilerin ders anlatımında kullanılan cihazların kullanımını kolay bulması ile ilgili t- istatistik değeri [t(7,51)>t_k(1,97)], istatistik p değeri [t(213)=7,51,p<0,05] bulunmuştur.

Öğrencilerin kütle çekimi kuvvetini algılaması ile ilgili t–istatistik değeri [$t(6,31) > t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=6,31, p < 0,05$] bulunmuştur.

Öğrencilerin anlatılan konularda bulunan dünya gibi nesnelere dokunulması ile ilgili t–istatistik değeri [$t(7,73) > t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=7,73, p < 0,05$] bulunmuştur.

Ders anlatım şekli öğrencilere anlatılan konu ortamında bulunma hissi vermesiyle ilgili t–istatistik değeri [$t(6,56) > t_k(1,97)$], istatistik p değeri [$t(213)=6,56, p < 0,05$] bulunmuştur.

Yukarıdaki değerlendirme alanlarında t-istatistik değerinin kritik değerden büyük olması, p değerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 'SGO KGB HU'lı ders anlatımı ve GDA'da, cihazları kullanım kolaylığı, öğrencilerin kütle çekimi kuvvetini, nesnelere dokunma ve ortamda bulunma hissini algılaması açısından belirgin bir fark vardır.' hipotezi kabul edilmiştir. Cihazları kullanım kolaylığı, öğrencilerin kütle çekimi kuvvetini, nesnelere dokunma ve ortamda bulunma hissini algılamasının kapsadığı alanlarda SGO'da HU'lı ders anlatımı lehine anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir.

4.9 Sınav Sorularına Verilen Cevaplar

Öğrencilere ders anlatımları sonunda sekiz soruluk sınav yapılmış, her doğru cevap on puan üzerinden değerlendirilmiş ve aldıkları notlara göre istatistiksel analizleri yapıldı. Aşağıdaki tablolarda sınav sorularına öğrenciler tarafından verilen cevapların puanlamasına göre SG ortamlarında KGB HU'lı ders anlatımları ile geleneksel ders anlatımları arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark olup olmadığını belirlemek için t – testi istatistiği hesaplandı.

Tablo 4-8 öğrencilere yapılan sınav değerlendirmesi

Soru numarası	Grup	$\dot{X}$	X	S	$S\dot{x}_1\text{-}\dot{x}_2$	T	Sd	P
1. Soru	SGODA	8,67	106	3,12	0,30	4,73	213	0,00
	GDA	6,11	109	4,63	0,44			
2. Soru	SGODA	7,92	106	4,02	0,39	4,40	213	0,00
	GDA	5,18	109	4,99	0,47			
3. Soru	SGODA	8,22	106	3,64	0,35	11,03	213	0,00
	GDA	2,37	109	4,10	0,39			
4. Soru	SGODA	6,79	106	4,46	0,43	4,84	213	0,00
	GDA	3,72	109	4,83	0,46			
5. Soru	SGODA	4,12	106	4,24	0,41	7,07	213	0,00
	GDA	0,82	109	2,37	0,22			
6. Soru	SGODA	6,83	106	4,56	0,44	5,90	213	0,00
	GDA	3,12	109	4,65	0,44			
7. Soru	SGODA	6,53	106	4,48	0,43	4,86	213	0,00
	GDA	3,58	109	4,41	0,42			
8. Soru	SGODA	6,08	106	4,55	0,44	4,52	213	0,00
	GDA	3,51	109	3,71	0,35			

Tablo 4-8'de sorulara verilen cevapların istatistiksel analizi sonucunda bulunan t – istatistik değerleri yüzde 95'lik emniyet aralığı için öngörülen kritik değerden büyüktür. Bu değerler sırasıyla [t(4,73)>t_k(1,97)], [t(4,40)>t_k(1,97)], [t(11,03)>t_k(1,97)], [t(4,84)>t_k(1,97)], [t(7,07)>t_k(1,97)], [t(5,90)>t_k(1,97)], [t(4,86)>t_k(1,97)], [t(4,52)>t_k(1,97)] bulunmuştur.

Hipotezlerin kabul şartı, t – testi istatistik analizinde p değerinin 0,05'den (p=1-0,95) büyük olmasıdır. Fakat p değeri 0,05'den küçüktür. t–testi istatistik analizinde p değerleri sırasıyla [t(213)=4,73,p<0,05], [t(213)=4,40,p<0,05], [t(213)=11,03,p<0,05], [t(213)=4,84,p<0,05], [t(213)=7,07,p<0,05], [t(213)=5,90,p<0,05], [t(213)=4,86,p<0,05], [t(213)=4,52, p<0,05] bulunmuştur.

4.10 Tartışma

Bu tez çalışmasında, öğrencilerin öğrenme ortamları ve öğrenimlerini verimli hale getirmek için son yıllarda yaygın kullanım alanı bulmaya başlayan sanal gerçeklik ortamlarında duyusal tepki oluşturan haptik uygulamalar tasarlandı. Uygulamalar için yazılım mühendisliğinin kapsadığı çeşitli algoritma adımları belirlendi. Algoritma adımlarına göre ilgili yazılım ve donanım araçlarını içeren sanal gerçeklik ortamında fizik eğitimine yönelik kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar geliştirildi. Gezegenler arası kütle çekimi uygulaması ile ilgili algoritma adımları ve matematiksel özellikler kodlandı. Tasarlanan

uygulama ile gerçekleştirilecek İnsan-makine etkileşimini sağlayan çevresel birimlerin ortama katılımı sağlandı.

Planlanan algoritma adımlarına göre kodlama visual studio 2010 C++ yazılım platformu üzerinde OpenGl tabanlı OpenHaptics kütüphaneleri kullanılarak tasarlandı. Kodlama, gezegenlerin büyüklükleri, yörüngeleri, yörünge hızları, kendi etrafındaki dönme hızları ve çekimi kuvvetini hesaplayacak şekilde yapıldı. Kodlama sonucunda oluşturulan yazılım araçları, bilgisayar, görüntü birimleri ve haptik cihaz birbirlerine katılımları sağlanarak yazılım ve donanım mühendisliği araçlarını içeren sanal gerçeklik laboratuvarı kuruldu.

Görsel ve dokunsal etkileşim için tasarlanan sanal nesnelerle bilgisayar ve çevresel birimler kullanılarak öğrencilere konular anlatıldı ve uygulamalar yapıldı. Sanal laboratuvar ortamında gerçekleştirilen uygulamalar bireysel olarak kullanılırken tüm öğrenciler tarafından da takip edilmesine izin verildi.

Konuyla ilgili küreler, Phantom omni'yi temsil eden cursor, yörüngeler ve yörünge hızları matematiksel yapılarına göre kodlandı. Kullanım sırasında grafik callback'ler oluşturuldu ve kuvvet etkileşimleri için grafik ve servo döngüler kullanıldı. Cihazın çalışma anında etkileşim kuvvetlerinden zarar görmemesi için gerekli sınırlar belirlendi. Oluşturulan kod blokları _tmain ana fonksiyon kod bloğu içerisinde çağrılarak programın derlemesi yapıldı. Derleme sonucunda oluşan kullanıcı arayüzünde kullanılan cihazlarla uygulama gerçekleştirildi. Uygulamaların bitiminde geliştirilen yazılım ve kurulan sanal ortamın verimliliği ölçmek için anketler uygulandı.

Seçilen öğrencilere 15 gün boyunca gezegenler ile güneş arasındaki kütle çekimi kuvveti anlatıldı. GDA'nda, sınıf ortamında, tahta üzerinde konular anlatıldı. Konu anlatımları ile ilgili soru çözümleri yapıldı. Bazı sorular öğrencilere çözdürülmüştür. Ayrıca anlatılan konularla ilgili öğrencilere ödevlendirme yapıldı. SGO'nda KGB HU'lı ders anlatımında, fizik laboratuvarında sınıf ortamında, 3D olarak modellemesi yapılan uygulama projeksiyon cihazıyla tüm öğrencilerin izleyeceğe şekilde tahtaya yansıtıldı. Ayrıca 3D monitör ve kafaya takılan 3D ekranla öğrencilerin bireysel erişimi sağlandı. Gerçekleştirilen tasarım ile öğrenciye konular anlatılmış, bireysel uygulama yaptırılmış ve tekrar yapma olanağı sağlandı.

Yukarıdaki anket verileri ve yapılan sınavdan alınan puanların istatistiksel analizlerin sonucunda belirtilen madde ve puanların hepsi için t-istatistiksel değerleri %95 emniyet aralığı için öngörülen kritik değerden büyük olduğu görülmüştür. Bu istatistiksel sonuçlar, GDA'na göre SG ortamlarında HU'lı ders anlatımını lehine belirtilen konularda ve sınav sonuçlarında belirgin fark olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışma sonunda fizik eğitimine yönelik SGO'nda kuvvet geri beslemeli HU'larla ilgili ve ortamları ile ilgili aşağıdaki çıkarımlar yapıldı.

Tablo 4-1'deki istatistiksel sonuçlar öğrencilerin geliştirilen yazılım ve donanım araçları ile daha fazla öğrenme materyaline sahip oldukları görülmektedir. Konular, grafik ve animasyonlarla daha görsel ve dinamik bulunmuştur. Geliştirilen yazılım ve donanım araçları, pahalı ve ulaşılması zor olan doküman, resim ve bilgiyi sunmaktadırlar. Sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri öğrencilerin görmelerine fırsat verilmiştir. Tasarlanan nesne ve çizimlerin konuları anlamada daha yeterli olduğu görülmüştür. Fidan (2012), öğrenme sırasında karşılaşılan zorluklarla ilgili öğrencilerin ön bilgi ve davranışlarına uygun laboratuvar ortamların hazırlanması gerektiğini vurgulandı. Gosselin ve diğerleri (2013), ağız ve çene cerrahisi bölümlerinde sonda becerileri için uzman cerrahlara yönelik geliştirdikleri HU'da kuvvet, sertlik, bant genişliği ve hedeflenen görevler açısından mükemmel bir ortam sunduğunu göstermişlerdir.

Tablo 4-2'deki istatistiksel sonuçlar, SGO KGB HU'ların öğrencileri, daha iyi motive ettiklerini, araştırmaya yönlendirdiklerini ve monotonluktan kurtardıklarını göstermektedir. Başaran (2004), öğrenme ortamlarının şekli, bireyin bilgi ve becerisini artıracak nitelikte motive edici olması gerektiğini belirtti. Çünkü öğretimin niteliği, öğretim düzeyinin uygunluğu ve motive düzeyinin yüksek olmasına bağlıdır. Santos ve Carvalho (2013), öğrencilerin, SGO'ında HU'larla etkileşim sonucunda teorik kavramlar ile pratik uygulamalar arasındaki ilişkiyi anlamlandırmada daha çok motive olduklarını göstermişlerdir. Dereli (2010), tekrar ve yorgunluk gerektiren rehabilitasyon uygulamalarının sıkıcılığı ile ilgili çalışmada hastaların beceremedikleri ya da çok zorlandıkları aktiviteleri SGO'ların sağladığı motivasyon ile yapar hale geldiğini ortaya koymuştur.

SGO KGB HU'ların dersi sevdirerek çekiciliğini artırdığı, farklı, eğlenceli, ilginç ve ilgi çekici hale getirdiğini göstermektedir. Senemoğlu (1997), Gagne (1985) ve Karacan (2007), öğrenme ortamlarının çekiciliğini artıran görsel, dokunsal, işitsel ve sözel uyarıcı materyallerle zenginleştirilmesi derslerin eğlenceli ve ilgi çekici hele geleceğini

belirtmişlerdir. Santos ve Carvalho (2013) ve Başaran (2004), SGO'ndaki aşinalık, dikkatlerin obje ve olaylara çekilmesini sağladığını göstermişlerdir. HD'ların ilgiyi artırdığı, daha iyi ve daha hızlı öğrenmeyi gerçekleştirdiklerini belirtmişlerdir. Bu ortamlarda öğrenciler ders konularını daha kısa zamanda, etkin öğrenirler ve hızlı işlem yapabilme yeteneğini geliştirirler. Kocak (2007), yaptığı çalışmada, HU'ların, diş hekimliği klinik eğitiminindi çok daha gerçekçi, etkili olduğunu ve öğrencilerin kliniğe daha hazır olarak çıktıklarını belirtmiştir. Geliştirilen uygulama ile hata yapma korkusu olmadan daha hızlı bir öğrenme ortamı kazanılmış ve eğitim masraflarının azaltılması sağlandı.

Tablo 4-3'deki istatistiksel sonuçlar, SGO KGB HU'larla, öğrencilerin, daha iyi ve daha hızlı öğrendiği, ders konularını daha kısa zamanda, etkin öğrendiklerini ve hızlı işlem yapabilme yeteneğini kazandıklarını ortay koymuştur. Başaran (2004), öğrenmenin, öğrencinin bilgisini ve becerisini kolaylaştırıcı ve artırıcı nitelikte olması gerektiği belirtmiştir. Öğrenme için tasarlanan ortamları bilgi, beceri, öğrenme hızı ve motive düzeyine sahip olmalıdır.

SGO KGB HU'ların öğrencilerin öğrenimlerini artırdığı ve bağımsız öğrenmeye olanak sağladığını göstermiştir. Bireysel farklılıklarından dolayı karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik bireysel öğrenme ortamı hazırlarlar ve çekimi kuvveti, kütle ve yörünge yarıçapı gibi kavramları daha etkili öğretirler. Numley'in öğrenme için tasarlanan ortamların öğrencinin bağımsız öğrenmesine olanak sağlayacak nitelikte olması gerektiğini belirtmiştir. Öğrenme ortamları öğrencilerin ilgisini çekmeli, kullanım kolaylığı sunmalı ve motive düzeylerinden kaynaklanan farklılıklara çözüm getirecek nitelikte olmalıdır. Gosselin ve diğerleri (2013), Cerrahlar üzerinde yaptığı çalışmada HD'larla gerçekleştirilen uygulamanın sensorimotor kabiliyetleri geliştirmesinde yardımcı olduğunu gösterdı. Millet ve diğerleri (2013), atomik kuvvet mikroskobu platformunda yaklaşım ve geri çekme öyküsü için tasarlanan HU'nın öğrencilerin algılarına olumlu etkisi olduğunu gösterdi. Özellikle haptik geribildirimin tasarlanan ortama eklenmesi fiziksel parametrelerin etkisini artırarak ilginin artmasına neden olmuştur.

Tablo 4-4'deki istatistiksel sonuçlar SGO KGB HU'ların, derste ihtiyaç duyulan uygun içeriği sunduğu, ders içeriklerinin zenginleştirdiğini ve daha farklı, eğlenceli hale getirdiğini gösterdı. Nas ve diğerleri (2010), bu şekilde işlenen derslerde başarının olumlu etkilendiğini ve anlatılan konuların zihinlerde daha somut hale geldiğini belirtmiştir. Chen

(2012), ders içeriklerine, öğrenmeyi daha anlamlı kılacak ve bireylerin ilgilerini geliştirecek SGO uygulamalarının eklenmesinin olumlu katkı sağlayacağı belirtmiştir.

SGO KGB HU'larda, kullanılan örnekler gerçekçi, çalışabilir ve pratik bulunmuştur. Uygulamalar, öğrenci başarısını artırmakta ve konuları zihinlerde somutlaştırmaktadır. Bevevino ve diğerleri (1999), materyal ve etkinliklerin öğrencilerin hayatlarının içinden olması olayların anlamlaştırılması ve somutlaştırılmasında daha etkin olacağını belirtmişlerdir. Quintas ve diğerleri (2013), sanal objelere dokunan HD'ların kola geri bildirim vermesi kullanıcıların gerçeklik ve derinlik bilgisini artırarak gerçek bilginin geliştirilmesine katkıda bulunacağını belirtti. Üner (2007), yaptığı çalışmada HU'da, sanal nesneleri kesme ve dokunma etkileşimi gerçeğe yakın sonuçlar vermiştir. Haptic cihazlar iyi bir gerçeklik sağladı. Sanal nesneler hissedilmiş ve bunlara uygulanan itmeler algılandı.

Tablo 4-5'deki istatistiksel sonuçlar, SGO KGB HU'ların, öğrencilerin kendi bilgi teknolojileri bilgilerini geliştirmesine fırsat verdiğini gösterdi. Geniş bilgi yelpazesine erişmelerine ve bilgi organizasyonu yapmalarını sağlarlar. Öğretimde bilgi kaynağı olarak kullanılabileceğini, bilgiyi sistemleştirebileceğini ve eski bilgi ile yeni bilgi arasında bağ kurabileceğini ortaya koymuştur. Chen (2012), SG alanındaki gelişmeler öğrencilerin teknoloji bilgisi ve yeteneğini artırdığını belirtmiştir. Bostan (2007), öğrenme motivasyonunu artırıcı yönde 3D ve SG uygulamalarının geliştirilmesini önermektedir. SGO araçlarıyla tasarlanacak öğrenme ortamları, öğrencilerin kendi bilgilerini sistemleştirmede, var olan bilgiler ile yeni bilgiler arasında bağ kurulmasında etkilidirler.

Tablo 4-6'daki istatistiksel sonuçlar, SGO KGB HU'ların, konuların, bilgisayar veya sanal laboratuvar ortamında uygulama yapılarak işlenmesi dersle entegreyi olumlu etkilediğini gösterdi. Öğrencilerin ufuklarının açtığını, problemleri çözmede farklı bakış açıları kazandırdığını ve hayal güçlerine katkı sağladığını gösterdi.

Tablo 4-'deki istatistiksel sonuçlar, SGO KGB HU'ların, öğrenciler, kullanılan cihazlarla sanal küreler arası etkileşim anında kütle çekimi kuvvetini algılarlar. Sanal dünya gibi nesnelere dokunulması anındaki tepkinin ve tasarlanan sanal ortamda bulunma hissinin algılanmasına neden olurlar. Feyzabadi ve diğerleri (2013), dış kuvvetlerin algılanmasında insan kolu önemli bir etken olduğunu belirtti. Robles-De-La-Torre (2009), sanal ortamlardaki nesnelere dokunma anında oluşan HD'lardaki mekanik kol titreşimleri ve hareketlerinin haptik kuvvet geribildirimi olarak kola iletildiğini belirtmiştir. Christodoulou ve diğerleri

(2009), okullarda doğal dokunma ve hissetme ortamlarına sahip fırsatlar sunulmasını umut verici olarak görmektedir.

Öğrenciler, ders anlatımı ve uygulamaları sırasında kullanılan sanal ortamdaki yazılım ve donanım araçları kullanımı kolay bulmuştur. Amditis ve diğerleri (2008), SGO, teknolojiyi kolaylaştırıcı ve sağlayıcı teknolojiler olarak tanımlamışlardır. Dalaba (2008), haptik için geliştirilen çok modelli etkileşim alanındaki çalışmaların hedefi bu tür arayüzlerin canlılığını artıracak nitelikte SG uygulamalarını kolaylaştırmak olduğunu belirtmiştir.

Tablo 4-8'de SGO KGB HU'lı ders anlatımında, 1., 2., 5., ve 6. sorulardan daha yüksek puanlar alındı. Öğrenciler, bu sorularla, alanlar, periyotlar ve yörüngeleri daha iyi öğrenmişlerdir. 4. ve 8. Sorularda güneş sisteminde gezegenleri uzaklığa bağlı olarak hızların farklı olduğu görsel olarak gösterilmiştir. SGO KGB HU'lı ders anlatımında öğrenciler daha yüksek puan alması güneşten uzaklığa bağlı hız değişiminin daha iyi öğrenildiğini göstermektedir. Burada daha iyi öğrenme gerçekleştirilmesinde tasarlanan ortamlardaki materyallerin görme duyusunun uyarılmasında daha etkili olduğunu göstermektedir.

Phantom omni cursor'u temsil eden güneşin sanal objelere yaklaştırılması anında robot kolun kullanıcıya gösterdiği direnç artmakta, uzaklaştırıldığında azalmaktadır. Bu uygulama sonunda yarıçapa bağlı etkileşim sonucunda kuvvetteki değişimleri içeren 3. ve 7. sorulara doğru cevap verilmesi bu konunun daha iyi kavrandığını göstermektedir. Bu durum sanal ortamlarda tasarlanan sanal obje ve kullanılan materyallerin dokunma duygusunu daha etkin uyardığını ve öğrenmeyi artırdığını göstermektedir.

Yapılan ders anlatımları ve sınav sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analiz sonuçları fizik eğitimine yönelik SGO KGB HU'lı ders anlatımının geleneksel ders anlatımlarına göre öğrenci başarısını artırdığı söylenebilir.

4.11 Sonuç

Bu çalışmada öğrencilerin öğrenme ortamları ve öğrenimlerini verimli hale getirmek için haptik geribeslemeli sanal gerçeklik laboratuvarı kuruldu. Bu ortamlarda kullanılan haptik cihaz ve yazılım araçlarıyla görsel ve dokunsal etkileşim için gezegenler arası kütle çekimiini uygulaması geliştirildi.

Yazılım, öğrencilerin seviyesine uygun ilgili konudaki özellikleri verebilecek nitelikte tasarlandı. Grafik callback, cursor, yörünge, yörünge hızlarına ve gezegenlere yönelik

fonksiyonlar tasarlandı. Kullanım anında kuvvet etkileşimleri için grafik ve servo döngüler kodlandı. Cihazın çalışma anında etkileşim kuvvetlerinden zarar görmemesi için gerekli sınırlar belirlendi. Oluşturulan kod blokları _tmain ana fonksiyon kod bloğu içerisinde çağrılarak programın derlemesi yapıldı. Tasarlanan kullanıcı arayüzü HD'lar ile birlikte öğrencilerin kullanımına sunulmuştur.

Fizik laboratuvarında sınıf ortamında 3D olarak modellemesi yapılan uygulamaya projeksiyon cihazıyla tüm öğrencilerin izleyeceğe şekilde tahtaya yansıtıldı. Ayrıca 3D monitör ve kafaya takılan 3D ekranla öğrencilerin bireysel erişimi sağlandı. Gerçekleştirilen tasarım ile öğrenciye konular anlatılmış, bireysel uygulama yaptırılmış ve tekrar yapma olanağı sunuldu.

Fizik eğitiminde kullanmak için geliştirilen sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribelmeli haptik uygulamalarla ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı:

- Kütle çekimi kanunu ile ilgili algoritmalar geliştirildi ve kodlamalar yapıldı.
- Küre, hız, yörünge ve kuvvet özelliklerini belirleyen matematiksel hesaplamaya göre 3D grafiksel ortamın tasarlanan sağlandı.
- Tasarlanan ortamla insan-makine etkileşimini gerçekleştirmek için gerekli çevre birimlerinin ortama katılımı sağlanarak sanal gerçeklik laboratuvarı kuruldu.
- Öğrenciler tasarlanan ortamı görsellik ve materyal yeterliliği bakımından yeterli bulmuştur. Bu ortamlarla pahalı ve ulaşılması zor olan doküman ve bilgiye erişim sağladı. Tasarlanan ortamdaki konu grafik ve simülasyonlarla kendilerine görsel ve dinamik bir ortam sunuldu.
- Öğrencilerin sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmelerine fırsat verilmiştir. Öğrenciler için tasarlanan nesne ve çizimler konuları anlamada daha yeterli bulunmuştur.
- Öğrenciler daha iyi motive edilmiş ve araştırmaya daha fazla yönlendirildi. Öğrencilerin monotonluktan kurtarıldı.
- Dersi sevdirilmiş, çekiciliği artırılmış ve ders anlatımı farklı, eğlenceli, ilginç ve ilgi çekici hale getirilmiştir.

- Öğrencilerin daha iyi ve daha hızlı öğrenmelerine olumlu katkı sağlandı. Ders konularını daha kısa zamanda, etkin öğrenilmiş ve hızlı işlem yapabilme yeteneği geliştirilmiştir.

- Öğrencilerin öğrenimlerini artırmış ve bağımsız öğrenmeye olanak sağlamışlardır. Bireysel farklılıklarından dolayı karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik bireysel öğrenme ortamı oluşturulmuş ve çekimi kuvveti, kütle ve yörünge yarıçapı gibi kavramlar daha etkili öğrenildi.

- Derste, ihtiyaç duyulan uygun içerik sunulmuş, ders içerikleri zenginleştirilmiş ve daha farklı, eğlenceli hale getirildi.

- Uygulamada kullanılan örnek ve sanal nesneler öğrenciler tarafından gerçekçi, çalışabilir ve pratik bulunmuştur. Böylece ders işleme başarıyı olumlu etkilemiş ve anlatılan konuların zihinlerde daha somut hale gelmesine neden olmuşlardır.

- Öğrencilerin kendi bilgi teknoloji bilgileri geliştirilmiş ve geniş bilgi yelpazesine ulaşmaları ve bilgi organizasyonu yapmaları sağlamışlardır.

- Uygulamalar, öğretimde bilgi kaynağı olarak kullanılabilecekleri belirlendi. Kendi bilgilerini sistemleştirmede ve var olan bilgiler ile yeni bilgiler arasında bağ kurulmasında etkinlik göstermişlerdir.

- Konuların, bilgisayar veya sanal laboratuvar ortamında konularla ilgili uygulama yapılarak işlenmesinde dersle bütünleşmeyi olumlu etkilemişlerdir.

- Öğrencilerin ufuklarının açmışlar, problemlerin çözümünde farklı bakış açıları kazandırmışlar ve hayal güçlerine olumlu katkı sağlamışlardır.

- Öğrenciler, kullanılan cihazlarla sanal küreler arası etkileşim anında kütle çekimi kuvvetini algılamışlardır. Sanal dünya gibi nesnelere dokunulması anındaki tepkinin ve tasarlanan sanal ortamda bulunma hissinin algılanmasına neden olmuşlardır.

- Öğrencilere ders anlatımı ve uygulamaları esnasında kullanılan sanal ortamdaki yazılım ve donanım araçları kullanımı kolay bulunmuştur.

- Alanlar, periyotlar ve yörüngeler kanunlarını içeren sınav sorularından (1., 2., 5., ve 6.) alınan puanlar yörünge ve periyot gibi kavramların öğrenciler tarafından daha iyi öğrenildiğini gösterdi.

- Gezegenlerin uzaklığa bağlı hızlarını içeren sınav sorularından (4. ve 8.) alınan puanlar güneşten uzaklığa bağlı olarak gezegenlerin hız değişimleri konusunun daha iyi kavrandığını gösterdı. Bu da daha iyi öğrenme gerçekleştirilmesinde tasarlanan ortamlardaki materyallerin görme duyusunun uyarılmasında daha etkili olduğunu göstermektedir.

- Yarıçapa bağlı etkileşim sonucunda kuvvetteki değişimleri içeren sınav sorularından (3. ve 7.) alınan puanlar kuvvet konusunun daha iyi kavrandığını göstermektedir. Bu durum sanal ortamlarda tasarlanan sanal obje ve kullanılan materyallerin dokunma duygusunu daha etkin uyardığını ve öğrenmeyi artırdığını göstermektedir.

Bu çalışmada kütle çekimi konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamlarında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalı ders anlatımı uygulamasının, geleneksel ders anlatımı yöntemine göre öğrencilerin başarısının arttırılmasındaki etkinleri olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Gruplar arasında SGO KGB HU'lı ders anlatım lehine anlamlı farklılık oluşmuştur.

4.12 Öneriler

Bu çalışma öğretim ortamlarını destekleyecek yazılımların tasarlanmasını önemi ortaya koymuştur. Özellikle öğrencilerin yazılım ve cihazlarla etkileşim anında ses ve görüntünün yanında dokunsal olarak anlık geri dönüşüm alabileceği sanal gerçeklik ortam ve cihazların öğrencilerin öğretim yaşantısında kullanılması sağlanmalıdır. Bu sanal gerçeklik ortam ve haptik cihazlar gerçek yaşamdaki laboratuvarlarla iç içe tasarlanmalı ve gerçek yaşamdaki deneylerle beraber kullanılmalıdır. Lise seviyesindeki öğrencilerimizin bilgi teknoloji kullanımlarının iyileştirilmesi için bu ortam ve cihazlarla tanışması sağlanmalıdır.

Liselerde gerçek yaşamda yapılamayan makro ve mikro dünyadaki deneyler sanal gerçeklik laboratuvarında haptik cihazlarla kuvvet geribesleme alçak şekilde tasarlanmalıdır. Tasarlanan yeni uygulamalar, öğrencinin kullanımı anında gerçekleştirdiği başarı ve hataları kendilerine raporlayacak şekilde olmalıdır. Öğrenci hatalarına bakarak doğruyu yapıncaya kadar tekrar yapabilmelidir.

Öğrenciler için tasarlanan uygulamalar ve cihazlar, kesme, dikme ve sanal nesneyi şekillendirme gibi fırsatlar verecek şekilde öğrencinin gerçek yaşamda yaptığı uygulamalarla kazandığı beceri ve yeteneklerini geliştirmeye yönelik olmalıdır.

Maliyeti yüksek veya tehlikeli olan uygulamalar bu ortam ve cihazlarla gerçekleştirilerek maliyet düşürülebilir ve deney ortamlarının güvenliği sağlanabilir.

5 KAYNAKÇA

[1] Atatürk Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi. ***Bilgi Teknolojilerine Giriş***. http://www.kaabalive.net/indirDiger/%C4%B0lahiyatOnlisansBirinciS%C4%B1n%C4%B1fBirinciDonem/TemelBilgiTeknolojileriDersi(Ilk8Unite).pdf 01.07.2014

[2] A. S. Nayaka ve M. Vijayalakshmi. ***Teaching Computer System Design and Architecture Course - An Experience,*** IEEE. 21-23, 2013.

[3] İlhan Umut. ***Dijital Sinyal İşleme Yazılımı Geliştirilmesi ve Geliştirilen Bu Yazılım ile elektroensefalografi kayıtları kullanılarak tıkayıcı uyku apnesi bulunan bireylerin apnesiz bireylerden ayırt edilmesi***. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 2011.

[4] Fatoş Tünay Yarman Vural ve Yusuf Murat Erten. ***Bilgisayar Sistemleri***. Akademi Yayın Hizmetleri, Ankar, 2000.

[5] Drew R. Browning, Carolina Cruz-Neira, Daniel J. ve Thomas A. DeFanti. ***Projection-Based Virtual Environments and Disability, Proceedings of the First Annual International Conference.*** http://www.evl.uic.edu/drew/proj_vr.html, 1993. Alıntı: 01.05.2014.

[6] Yücel Kayabaşı. ***Sanal Gerçeklik ve Eğitim Amaçlı Kullanılması.*** The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET, 4, 3, 20, 151-158, 2005

[7] Babür Eryalçın. ***Hayalle Gerçeğin Dansı Sanal Geçeklik***. Bilim Teknik. 27(323), 20-27,1994.

[8] Charles Oppenheim. ***Virtual Reality and The Virtual Library.*** Information Services and Use. 13, 215-263, 1993.

[9] İlknur Reisoğlu. ***Yerçekimii, Kütle ve Ağırlık Kavramlarına İlişkin Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Haptic'in Etkililiğinin Belirlenmesi.*** Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2009.

[10] Hacer Karacan. ***The Role Of Familiarity On Change Perception.*** The Middle East Technical University, Ankara, 2007.

[11] http://www.artlex.com/ArtLex/n/newmedia.html, 01.07.2013.

[12] http://www.sensable.com/. 02.04.2013

[13] F. Seyedshams, S. Sirko, F. Michele, K. E. Andrea, K. S. Kyoung ve A. J. Christian. ***Human Force Discrimination during Active Arm Motion for Force Feedback Design.*** IEEE. Transactıons On Haptıcs, 6, 3, 309-319, 2013.

[14] Robles-De-La-Torre Gabriel. ***Virtual Reality: Touch / Haptics***. Sage Pubications, Goldstein, 2009.

[15] A. Ralston ve E. D. Reilly. ***Encyclopedia of Computer Science and Engineering***. New York, 1983.

[16] M. R. Quintas, M. T. Restivo, J. Rodrigues ve P. Ubaldo. ***Let's Use Haptics!.*** International Journal of Online Engineering (iJOE), 9, 65-67, 2013.

[17] S. Luciano ve V. d. C. Carlos. ***Improving Experiential Learning with Haptic Experimentation.*** International Journal of Online Engineering, 9, 8, 7-9, 2013.

[18] F. Gosselin, S. Bouchigny, C. MéGard, F. Taha, P. Delcampe ve C. D'Hauthuille. ***Haptic systems for training sensorimotor skills: A use case in surgery.*** Elsiver. Robotics and Autonomous Systems, 63, 4, 380-389, 2013.

[19] G. Millet, A. Lécuyer, J.-M. Burkhardt, D. S. Haliyo ve S. Régnier. ***Haptics and graphic analogies for the understanding of atomic force microscopy.*** International Journal of Human-Computer Studies. Elsevier, 71, 5, 608-626, 2013.

[20] C.-T. Chen. ***Development And Evaluation Of Senior High School Courses On Emerging Technology: A Case Study Of A Course On Virtual Reality.*** Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET), 11, 1, 46-59, 2012.

[21] A. Angelos, K. Ioannis ve M. Irene. ***Virtual Reality Research in Europe: Towards Structuring the European Research Area, Product Engineering.*** Springer, Science+Business Media B.V. 71-88, 2008.

[22] Barbaros Bostan. ***Sanal Gerçeklikte Etkileşim***. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul, 2007.

[23] C. Tolga Toyran. ***İnsan Davranışlarının Sayısal Ortamda İncelenmesi ve Tasarım Sürecine Etkisi.*** Yüksek Lisans Tezi. Yıdız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.

[24] D. Talabă. ***A Concept for a Multipurpose. Multi-Modal Interface for Product Engineering Applications.*** Product Engineering. Springer Science+Business Media B.V. Netherlands, 65-86, 2007.

[25] Umut Koçak. ***Development Of Dental Educatıonal Sımulatıon Wıth Haptıc Devıce.*** Master's thesis. The Mıddle East Technıcal Unıversıty, Ankara, 2007.

[26] Elif Elçin Dereli. ***İnme Geçiren Hastalarin Üst Ekstremite Rehabilitasyonunda Sanal Gerçeklik Temelli Ve Göreve Yönlendirilmis Egzersizlerin El Fonksiyonlarina Etkisinin Karsilastirilmasi.*** Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2010.

[27] Görkem Üner. ***Development Of A Material Cutting Model For Haptic Rendering Applications.*** Master's thesis. Middle East Technical University, Ankara, 2007.

[28] Neal E. Seymour, Anthony G. Gallagher, Sanziana A. Roman, Michael K. O'Brien, Vipin K. Bansal, Dana K. Andersen ve Richard M. Satava. ***Virtual Reality Training improves Operating Room Performans: Result of a Randomized, Doubleblinded Study.*** Annals of Surgery, Virginia 236, 458 - 463, 2002.

[29] S.P. Christodoulou, D.M. Garyfallidou, G.S Ioannidis, T.S Papatheodorou ve E.A Stathi. ***What kind of Haptic devices and applications are needed in education? Requirements, Specifications and hands-on experience derived from an IST Project.*** Open Education - The Journal for Open and Distance Education and Educational Technology, 5, 1, 2009.

[30] Nesra Yannier. ***Using Haptics To Convey Cause And Effect Relations İn Climate Visualization.*** Master's thesis. Koç Üniversitesi, İstanbul, 2007.

[31] R. Uehara ve E. Hayashi. ***Construction of a supermicro sense of force feedback and vision for micro-objects: development of a haptic device Artif Life Robotics.*** Artificial Life and Robotics, 14, 2, 104-109, 2009.

[32] Özcan Demirel. ***Kuramdan Uygulamaya Eğitimde Program Geliştirme.*** Pegem A Yayıncılık, Ankara, 2010.

[33] Hünkar Korkmaz. ***Fen Öğretiminde Alternatif Değerlendirme Yaklaşımları.*** Yeryüzü Yayınevi, Ankara, 2004.

[34] Nuray Aydın ve Ayhan Yılmaz. ***Yapılandırıcı Yaklaşımın Öğrencilerin Üst Düzey Bilişsel Becerilerine Etkisi.*** Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education), 39, 57-68, 2010.

[35] Nuray Senemoğlu. ***Gelişim Öğrenme ve Öğretim - Kuramdan Uygulamaya.*** Gönül Yayıncılık, Ankara, 2007.

[36] Bilal Duman. ***Öğretim İlke ve Yöntemleri.*** Maya Akademi, Ankara, 2008.

[37] Yüksel Özden. ***Öğrenme ve Öğretme.*** Pegem A Yayıncılık, Ankara, 2005.

[38] Osman Kazancı. ***Eğitim Psikolojisi Kuram ve İlkelerden Uygulamaya.*** Kazancı Matbaacılık, İstanbul, 1989.

[39] R. M. Gagne. ***The Conditions Of Learning And Theory of Instruction.*** Holt, Rinehart & Winston, New York, 1985.

[40] Haluk Özmen. ***Fen Öğretiminde Öğrenme Teorileri Ve Teknoloji Destekli Yapılandırmacı Öğrenme.*** The Turkish Online Journal Of Educational Technology – TOJET, 1, 14, 100-111, 2004.

[41] Nurettin Fidan. ***Okulda Öğrenme ve Öğretme.*** Pegem Akademi, Ankara, 2012.

[42] Durmuş Ali Özçelik. ***İnsan Nitelikleri ve Okulda Öğrenme.*** Pegem Akademi, Ankara, 2012.

[43] Bahriye Ilgın Başaran. ***Etkili Öğrenme ve Çoklu Zeka Kuramı: Bir İncelem.*** Ege Eğitim Dergisi, 5, 7-15, 2004.

[44] Y. Tombul. ***Yüksek Öğretim Kurumlarında Aktif Öğrenmeyi Uygulamada Gerekli Örgütsel Yapı.*** Ege Eğitim Dergisi, 3, 1, 89-101, 2003.

[45] Ayşe Mentiş Taş. ***Öğretmen Eğitiminde Aktif Öğrenme.*** Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 6, 2, 177-184, 2005.

[46] Gülsemin Uslu. ***Ortaöğretim Matematik Dersinde Probleme Dayalı Öğrenmenin Öğrencilerin Ders İlişkin Tutumlarına, Akademik Başarılarına ve Kalıcılık Düzeylerine Etkisi.*** Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 2006.

[47] Süleymen Yaman ve Necati Yalçın. ***Fen Eğitiminde Probleme Dayalı Öğrenme Yaklaşımının Problem çözme ve Öz-Yeterlilik İnanç Düzeylerinin Gelişimine Etkisi.*** Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Edueation), 29, 42-52, 2005.

[48] D. J. Martin. ***Elementary Science Methods 'A Constructivist Approach'.*** Belmont, CA: Wadsworth/Thomason Learning, 2000.

[49] İsmet Ergin, Uygar Kanlı ve Mustafa Tan. ***Fizik Eğitiminde 5E Modelinin Öğrencilerin Akademik Başarısına Etkisinin İncelenmesi.*** Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27, 2, 191-2009, 2007.

[50] Salih Er Nas, Tülay Şenel Çoruhlu ve Salih Çepni. ***5E Modelinin Derinleşme Aşamasına Yönelik Geliştirilen Materyalin Etkinliğinin Değerlendirilmesi.*** Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 29, 1, 17-36, 2010.

[51] M. Bevevino, J. Dengel & K. Adams. ***Constructivist Theory in the Classroom, Clearing House.*** Clearing House, 72, 59, 275-279, 1999.

[52] Oğuzhan Atam. ***Oluşturmacı Yaklaşıma Dayalı Olarak Fen Ve Teknoloji Dersi Isı - Sıcaklık Konusunda Hazırlanan Yazılımın ilköğretim 5.Sınıf Öğrencilerinde Akademik Başarılarına ve Kalıcılığa Etkisi***. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2006.

[53] Sengül Kurt. ***Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Uygun Çalışma Yapraklarının Geliştirilmesi***. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2002.

[54] Kamile Ün Açıkgöz. ***Aktif Öğrenme***. Eğitim Dünyası Yayınları, İzmir, 2004.

[55] Ersin Bozkurt. ***Fizik Eğitiminde Hazırlanan Bir Sanal Laboratuvar Uygulamasını Öğrenci Başarısına Etkisi***. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2008.

[56] Phimpho Luangrath & Sune Pettersson. ***Problems and Possibilities with Centering Physics Teaching around Student Discussions.*** Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 8, 2, 189-200, 2012.

[57] Kalyan Thokala. ***Haptic enabled multidimensional canvas.*** The University of Akron, 2011.

[58] http://www.opengl.org, 04.04.2013.

[59] Sensable. ***OpenHaptics Toolkit Version 3.1 Programmer's Guide.*** Sensable, USA, 2012.

[60] Erman Eymen. ***SPSS 15.0 Veri analiz Yöntemleri.*** İstatistik Merkezi. www.istatistikmerkezi.com, 2007. 10. 12. 2013

[61] Türker Baş. ***Anket.*** Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2006.

[62] H. Özbek ve S. Keskin. ***Standart Sapma mı? Yoksa Standart Hata mı?*** Van Tıp Dergisi, 14, 2, 64-67, 2007.

[63] Önder Orhun ve Murat Tanışlı. ***Kütle çekimi.*** Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, www.anadolu.edu.tr/aos/kitap/ioltp/2279/unite09.pdf, 03.07.2014

[64] http://www.uzaybilim.net/p/gunes-sistemi.html, 03.7.2014

[65] G. Ö. Douglas C. Giancoli. ***Fen Bilimcileri ve Mühendisler için Fizik***. Akademi Yayıncılık, Ankara 2009.

[66] N H. Tim Kirk. ***Physics***. OXFORD, Glasgow, 2007.

[67] http://davidmlane.com/hyperstat/normal_distribution.html. 03.07.2014

[68] İlker Ercan ve İsmet Kaan. ***Ölçeklerde Güvenilirlik ve Geçerlilik.*** Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 30, 3, 211-216, 2004.

6 EKLER

EK-A Sanal ortamda haptik cihazla ders yapılan sınıflara yapılan anket uygulaması

Fizik öğretimi ve eğitimi uygulaması ile ilgili aşağıdaki ifadeleri lütfen dikkatle okuyunuz. Bu ifadelerde yer alan görüşlerden sizce en uygun olan seçeneğe (X) veya (+) işareti koyarak belirtiniz.

N	Anket Maddeleri	Hayır	Biraz	Orta seviyede	İyi seviyede	Çok iyi seviyede
1	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları görsellik ve materyal yönüyle yeterli buluyor musunuz?					
2	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları sizi motive ediyormu?					
3	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları ders ihtiyacınıza uygun içeriği sunabiliyor mu?					
4	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları size yeni ufuklar açıyor mu?					
5	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları dersi sevmeniz için dersin çekiciliğinin artırılmasında olumlu etkisi var mı?					
6	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları ders içeriklerinizin zengin bir şekilde sunulmasına olanak sağlıyor mu?					
7	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları öğretiminizin artırılmasına katkısı var mı?					
8	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları daha iyi ve daha hızlı öğrenmenize olumlu katkısı var mı?					
9	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları ile konuyu daha kısa zamanda daha etkin bir şekilde öğrendiniz mi?					
10	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları pahalı ve imkansız olan bazı doküman, resim ve bilgiye erişiminizi sağladı mı?					
11	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları kullanımı kendi bilgi teknolojisi bilginizi geliştirmenize olanak sağladı mı?					
12	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları eğlenceli, değişik ve ilginç buluyor musunuz?					
13	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları örnekleri gerçekçi, çalışabilir ve pratik yapılabilir buluyor musunuz?					
14	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları geniş bir bilgi yelpazesine erişim sağlayabiliyor mu?					
15	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları grafik, ses, animasyon size görsel ve dinamik bir çalışma ortamı sunuyor mu?					
16	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları örnek problemleri farklı şekillerde görmenizi ve araştırmaya yönlenmenizi teşvik ediyor mu?					
17	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları problemleri çözümlemenize farklı bakış açıları kazandırıyor mu?					
18	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları laboratuar da veya bilgisayar odasında kullanılması ders ile entegreyi olumlu etkiliyor mu?					

N	Anket Maddeleri	Hayır	Biraz	Orta seviyede	İyi seviyede	Çok iyi seviyede
19	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları uygulama yaptırmak için kullanılması ders ile entegreyi olumlu etkiliyor mu?					
20	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları dersi ilgi çekici hale getiriyor mu?					
21	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları bilgi organizasyonunda size yardımcı oluyor mu?					
22	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları daha hızlı işlem yapabilme gücünüzü artırıyor mu?					
23	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları öğretimde bilgi kaynağı olarak kullanılabilir mi?					
24	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları bilgilerinizi sistemleştiriyor mu?					
25	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları bağımsız öğrenmenize olanak sağlıyor mu?					
26	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları hayal gücünüze olumlu katkısı var mı?					
27	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları var olan bilgi ile yeni bilgi arasında bağ kurmanız da size yardımcı oluyor mu?					
28	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmenize imkanı veriyor mu?					
29	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları bireysel farklılıklardan dolayı çıkacak sorunlar için bireysel öğrenmenize ortam hazırlıyor mu?					
30	Haptik aygıtların kullanıldığı sanal gerçeklik ortamları monotonluktan kurtulmanıza yardımcı oluyor mu?					
31	Sanal güneş sisteminde gezegenler arası çekimi kuvvetini alıyor musunuz?					
32	Sanal nesnelere dokunduğunuzda kolunuzda kuvvet geri bildirim alıyor musunuz?					
33	Haptik cihazın kullanımı kolay buluyor musunuz?					
34	Fizik konularının haptik cihazlarla sanal ortamlarda işlenmesinin başarınızı artıracağını düşünüyor musunuz?					
35	Tasarlanan sanal neneler konuyu anlamak için size yeterli materyali sağlıyor mu?					
36	Hazırlanan sanal ortamlar size sanal ortamda bulunma hissini veriyor mu?					
37	Tasarlanan sanal ortamlar konuları zihninizde somutlaştırmanızı sağlıyor mu?					
38	Tasarlanan sanal ortamlar çekimi kuvveti, kütle ve yörünge yarıçapı gibi kavramları daha iyi algılamanızı sağlıyor mu?					

EK-B Gleneksel ders anlatımı yapılan sınıflara yapılan anket uygulaması

Fizik öğretimi ve eğitimi uygulaması ile ilgili aşağıdaki ifadeleri lütfen dikkatle okuyunuz. Bu ifadelerde yer alan görüşlerden sizce en uygun olan seçeneğe (X) veya (+) işareti koyarak belirtiniz.

SN	Anket Maddeleri	Hayır	Biraz	Orta seviyede	İyi seviyede	Çok iyi seviyede
1	Geleneksel ders anlatımları nda kullanılan metin ve materyalleri yeterli buluyor musunuz?					
2	Geleneksel ders anlatımları sizi motive ediyormu mu?					
3	Geleneksel ders anlatımları ders ihtiyacınıza uygun içeriği sunabiliyor mu?					
4	Geleneksel ders anlatımları size yeni ufuklar açıyor mu?					
5	Geleneksel ders anlatımları dersi sevmeniz için dersin çekiciliğinin artırılmasında olumlu etkisi var mı?					
6	Geleneksel ders anlatımları ders içeriklerinizin zengin bir şekilde sunulmasına olanak sağlıyor mu?					
7	Geleneksel ders anlatımları öğretiminizin artırılmasına katkısı var mı?					
8	Geleneksel ders anlatımları daha iyi ve daha hızlı öğrenmenize olumlu katkısı var mı?					
9	Geleneksel ders anlatımları ile konuyu daha kısa zamanda daha etkin bir şekilde öğrendiniz mi?					
10	Geleneksel ders anlatımları pahalı ve imkansız olan bazı doküman, resim ve bilgiye erişiminizi sağladı mı?					
11	Geleneksel ders anlatımları kullanımı kendi bilgi teknolojisi bilginizi geliştirmenize olanak sağladı mı?					
12	Geleneksel ders anlatımlarını eğlenceli, değişik ve ilginç buluyor musunuz?					
13	Geleneksel ders anlatımlarını örnekleri gerçekçi, çalışabilir ve pratik yapılabilir buluyor musunuz?					
14	Geleneksel ders anlatımları geniş bir bilgi yelpazesine erişim sağlayabiliyor mu?					
15	Geleneksel ders anlatımları grafik, ses, animasyon size görsel ve dinamik bir çalışma ortamı sunuyor mu?					
16	Geleneksel ders anlatımları örnek problemleri farklı şekillerde görmenizi ve araştırmaya yönlenmenizi teşvik ediyor mu?					
17	Geleneksel ders anlatımları problemleri çözümlemenize farklı bakış açıları kazandırıyor mu?					
18	Geleneksel ders anlatımlarını laboratuvar da veya bilgisayar odasında kullanılması ders ile entegreyi olumlu etkiliyor mu?					
19	Geleneksel ders anlatımlarını uygulama yaptırmak için kullanılması ders ile bütünleşmeyi olumlu etkiliyor mu?					
20	Geleneksel ders anlatımları dersi ilgi çekici hale getiriyor mu?					
21	Geleneksel ders anlatımları bilgi organizasyonunda size yardımcı oluyor mu?					
22	Geleneksel ders anlatımları beyninizde daha hızlı işlem yapabilme gücünüzü artırıyor mu?					

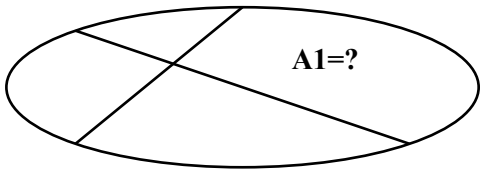
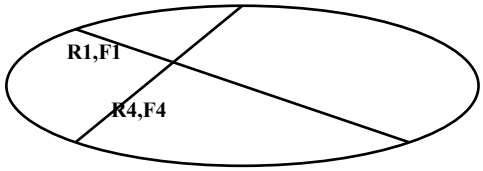
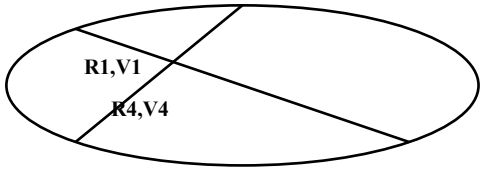
SN	Anket Maddeleri	Hayır	Biraz	Orta seviyede	İyi seviyede	Çok iyi seviyede
23	Geleneksel ders anlatımları öğretimde bilgi kaynağı olarak kullanılabilir mi?					
24	Geleneksel ders anlatımları bilgilerinizi sistemleştiriyor mu?					
25	Geleneksel ders anlatımları bağımsız öğrenmenize olanak sağlıyor mu?					
26	Geleneksel ders anlatımlarının hayal gücünüze olumlu katkısı var mı?					
27	Geleneksel ders anlatımları var olan bilgi ile yeni bilgi arasında bağ kurmanız da size yardımcı oluyor mu?					
28	Geleneksel ders anlatımları sınıf ortamına taşınamayacak materyalleri görmenize imkanı veriyor mu?					
29	Geleneksel ders anlatımları bireysel farklılıklardan dolayı çıkacak sorunlar için bireysel öğrenmenize ortam hazırlıyor mu?					
30	Geleneksel ders anlatımları monotonluktan kurtulmanıza yardımcı oluyor mu?					
31	Konu anlatımında kütle çekimi kuvvetini algılıyor musunuz?					
32	Gördüğünüz dünya gibi nesnelere dokunabiliyor musunuz?					
33	Ders anlatımında kullanılan cihazların kullanımını kolay buluyor musunuz?					
34	Derslerinizin bu şekilde işlenmesinin başarınızı artıracağınızı düşünüyor musunuz?					
35	Konu anlatılırken tahtaya çizilen şekiller konuyu anlamada size yeterli materyal sunuyor mu?					
36	Konu anlatımı yöntemi size anlatılan konu ortamında bulunmanızı sağlıyor mu?					
37	Anlatılan konular zihninizde somutlaşıyor mu?					
38	Konu anlatım ortamları çekimi kuvveti, kütle ve yörünge yarıçapı gibi kavramları daha iyi algılamanızı sağlıyor mu?					

EK-C Uygulamalar sonunda öğrencilere yapılan sınav soruları

ADI: SOYADI: PUANI:

SINIFI: NO:

KÜTLE ÇEKİM KANUNU SINAV SORULARI

1) Kepler kanunlarını yazınız?	5) Dünyanın güneşe olan uzaklığı R periyotu 1 yıldır. Buna göre periyotu 10 yıl olan gezegenin güneşe olan uzaklığı kaç R olur?
2) Gezegenlerin çizdiği yörüngenin kaç odağı vardır?	5) Şekilde dünya 10 günde 8A alanını tarıyor. 40 günde taradığı A1 alanı kaç A olduğunu bulunuz? 
3) Güneş ile dünya arasındaki çekimi kuvveti yarıçapa bağlı olarak nasıl değişir?	7) Şekilde R3>R4>R1>R2 tür. Buna göre F1, F2, F3 kuvvetlerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız? 
4) Gezegenlerin dönüş hızları güneşe olan uzaklığa bağlı olarak nasıl değişir?	8) Şekilde R3>R4>R1>R2 tür. Buna göre V1, V2, V3,V4 hızlarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız? 

EK-D GDA da anket güvenirlik

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,950	38

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Soru1	96,8596	740,228	,468	,949
Soru2	96,9561	733,246	,602	,948
Soru3	96,6228	736,237	,525	,948
Soru4	97,0088	734,593	,518	,949
Soru5	96,7105	728,473	,636	,948
Soru6	96,9474	734,988	,573	,948
Soru7	96,7544	736,895	,514	,949
Soru8	96,6316	722,111	,721	,947
Soru9	97,0351	733,468	,608	,948
Soru10	97,1228	732,710	,525	,949
Soru11	96,8860	732,916	,561	,948
Soru12	97,0526	729,307	,594	,948
Soru13	96,7368	739,948	,488	,949
Soru14	96,8596	735,325	,612	,948
Soru15	97,1579	738,594	,502	,949
Soru16	96,8596	723,467	,692	,947
Soru17	96,7544	729,851	,598	,948
Soru18	97,0175	736,354	,425	,949
Soru19	96,9474	730,351	,599	,948
Soru20	96,9649	725,662	,616	,948
Soru21	96,7982	731,401	,586	,948
Soru22	96,7281	727,403	,642	,948
Soru23	96,6316	736,394	,544	,948
Soru24	96,6140	734,611	,512	,949
Soru25	96,8421	732,470	,543	,948
Soru26	96,6930	726,392	,614	,948
Soru27	96,6491	728,230	,613	,948
Soru28	97,0088	728,858	,561	,948
Soru29	96,9211	731,896	,533	,948
Soru30	97,0877	734,205	,580	,948
Soru31	96,8333	736,299	,532	,948
Soru32	97,0351	737,609	,446	,949
Soru33	96,8684	744,345	,372	,950
Soru34	96,7895	729,566	,575	,948
Soru35	96,7895	734,256	,522	,949
Soru36	96,8333	727,627	,706	,947
Soru37	96,8333	728,299	,602	,948
Soru38	96,6842	732,395	,531	,948

EK-E SGO'da KGB HU'lı ders anlatım anket güvenirliği

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,851	38

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Soru1	133,7170	376,776	,367	,847
Soru2	133,7075	373,257	,397	,846
Soru3	133,6887	375,169	,386	,846
Soru4	133,7642	380,334	,257	,849
Soru5	133,3208	370,906	,094	,870
Soru6	133,6981	376,232	,319	,848
Soru7	133,5849	376,778	,377	,846
Soru8	133,6509	374,915	,377	,846
Soru9	133,7453	375,068	,393	,846
Soru10	133,7925	373,366	,396	,846
Soru11	133,9623	373,884	,372	,846
Soru12	133,5000	381,814	,213	,850
Soru13	133,6321	378,806	,307	,848
Soru14	133,6981	377,775	,300	,848
Soru15	133,6887	367,874	,534	,843
Soru16	134,0283	372,999	,419	,845
Soru17	133,9057	373,191	,374	,846
Soru18	133,8302	376,885	,313	,848
Soru19	133,7925	372,204	,431	,845
Soru20	133,6981	372,898	,176	,856
Soru21	133,8585	372,808	,409	,846
Soru22	133,6038	372,337	,419	,845
Soru23	133,5849	380,417	,272	,849
Soru24	133,6321	381,111	,245	,849
Soru25	133,7925	371,137	,429	,845
Soru26	133,4811	368,957	,505	,843
Soru27	133,6509	371,525	,413	,845
Soru28	133,5943	376,548	,372	,847
Soru29	133,7642	374,125	,383	,846
Soru30	133,8491	375,539	,332	,847
Soru31	133,6226	374,313	,383	,846
Soru32	133,5189	375,262	,356	,847
Soru33	133,4528	377,507	,334	,847
Soru34	133,7358	367,149	,515	,843
Soru35	133,7642	371,534	,427	,845
Soru36	133,6981	379,451	,295	,848
Soru37	133,5283	372,061	,437	,845
Soru38	133,6321	372,349	,408	,845

T.C.
İSTANBUL VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 59090411/44/1776861
Konu: Araştırma İzni

05/05/2014

Sayın: Turhan CİVELEK
Barbaros Mah. 8. Sok. Bağcılar Tek. End. Mes. Lis
Bağcılar/İSTANBUL

İlgi: a) 28.04.2014 tarihli dilekçeniz.
b)Valilik Makamının 05.05.2014 tarih ve 1768003 sayılı oluru.

İlgi (a) dilekçeniz ile ***"Orta Öğretim Öğrencilerinin Fizik Eğiliminde Kullanmak Amacıyla Sanal Gerçeklik Ortamında Kuvvet Geribeslemeli Haprik Uygulamalar Geliştirilmesi"*** konulu tezinize dair araştırma çalışması hakkındaki ilgi (a) dilekçeniz ilgi (b) valilik onayı ile uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve ilgi (b) Valilik Onayı doğrultusunda gerekli duyurunun araştırmacı tarafından yapılmasını, işlem bittikten sonra 2 (iki) hafta içinde sonuçtan Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme Bölümüne rapor halinde bilgi verilmesini rica ederim.

M. Nurettin ARAS
Şube Müdürü

EK:1- Valilik Onayı
2- Ölçekler

Elektronik İmzalı Aslı Sistemimizde Mevcuttur		
Adı Soyadı	:	Mualla ÇELEBİ
Ünvanı	:	Bölüm Şefi
Tarih	:	07/05/2014
İmza	:	

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5 inci maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır
Evrak teyidi http://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden 5280-cc72-38b8-b7b6-755f kodu ile yapılabilir.

İ
İ Milli Eğitim Müdürlüğü D/Blok Bab-ı Ali Cad. No:13 Cağaloğlu
E-Posta: sgb34@meb.gov.tr

A. BALTA VHKİ
Tel: (0 212) 455 04 00-239
Faks: (0 212)455 06 52

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Turhan CİVELEK

Sürekli Adresi: Şükrü Çavuş Mah. Yokuş Çeşme Sok No: 6 Mudanya / BURSA

Doğum Yeri ve Yılı: Akçaabat 03/06/1976

Yabancı Dili: İngilizce

İlk Öğretim: Mudanya 12 Eylül İlköğretim Okulu

Orta Öğretim: Mudanya Lisesi

Lisans: Dicle Üniversitesi Eğitim Fak. Fizik Bölümü

Yüksek Lisans: Bahçeşehir Üniversitesi

Enstitü Adı: Fen Bilimleri

Program Adı: Bilgi Teknolojileri

Doktora: Trakya Üniversitesi

Enstitü Adı: Fen Bilimleri

Program Adı: Bilgisayar Mühendisliği

Çalışma Hayatı: 2014 yılında Prof. Dr. Mümtaz Turhal Sosyal Bilimler lisesinde fizik öğretmeni olarak göreve başladım ve devam etmekteyim. 2008-2014 yılları arası Bağcılar Anadolu Teknik Lisesi, 2007 - 2008 yıları arasında Güngören İzzet Ünver Lisesi, 2005 – 2007 yılları arası Bağcılar Dr. Kemal Naci Ekşi Lisesi, 2002–2005 yılları arası Beykoz Şahinkaya Meslek Lisesinde Fizik Öğretmenliği yaptım. 1998 – 2002 yılları arası Diyarbakır Çermik Saray İlköğretim Okulunda Fen Bilgisi Öğretmeni olarak çalıştım.

TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER

1. ***The Effects of Computer Asssited Simulations of Physics Experiments on Learning.*** Cyprus International Conference on Educational Research. Procedia - Social and Behavioral Sciences. Elsevier. Volume 47, Pages 1780-1786 (2012).
2. ***The effects of computer assisted physics experiment simulations on students' learning.*** Cypriot Journal of Educational Sciences. Volume 08, Issue 4, 457-471. (2013).
3. ***Effects of a Haptics Augmented Simulation on K-12 Students' Achievement and their Attitudes towards Physics.*** Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education. Accepted **aldı**. Yayınlanması beklenmektedir.