

Arduino ile Yer Çekim İvmesinin Hesaplanması **

(The Calculation of the Gravitational Acceleration with Arduino)

Meral GÜNGÖR BABAĞLU ^{1,*}, Kadir Kaan DURMAZ ² ve Mehmet Eren ÖZTEKİN ³

¹ Milli Eğitim Bakanlığı, Özel Eğt. ve Reh. Hizm. Gen. Müd., ANKARA, ORCID NO: 9612-6115

² Şehit Hüseyin Gültekin Bilim ve Sanat Merkezi, ANKARA, ORCID NO: 2716-8092

³ Şehit Hüseyin Gültekin Bilim ve Sanat Merkezi, ANKARA, ORCID NO: 2160-4642

(Cilt: 8, Sayı: 1, Haziran 2020, s. 92 - 100)

Özet:

Son yıllarda Arduino'nun fizik eğitiminde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Fizikte deney yapmak, ölçüm alıp veri toplamak için Arduino Uno mikro denetleyicisini kodlamak bir alternatif olarak kullanılabilir. Bu çalışmada Arduino Uno kullanılarak yerçekim ivmesinin hesaplanmasına yönelik alternatif bir yöntem gösterilmeye çalışılmıştır. Parallax Data Acquisition Tool (PLX-DAQ) yazılımı kullanılmış, Arduino Uno üzerinden programlanan HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü ile eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan arabanın zaman ve konum verileri toplanmış ve Microsoft Excel üzerine kaydedilmiştir. Farklı açılarda serbest bırakılan arabanın konum-zaman grafikleri excelde çizilmiş ve incelenmiştir. Serbest bırakılan arabanın hızlanan hareket yaptığı gözlenmiştir. Arabanın konum zaman verilerinden ortalama ivmesi hesaplanmış ve ivmenin açıya bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Bu verilerden yararlanarak Newton'un dinamiğin temel kanunu kapsamında yerçekim ivmesi hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada 5°, 10°, 15° ve 20° için g yerçekim ivmesi sırasıyla 9.62, 9.56, 10.04 ve 11.18 m/s² olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arduino, eğik düzlem üzerindeki hareket, g yerçekim ivmesi, ultrasonik mesafe sensörü

Abstract:

The use of Arduino in physics education has become very common in recent years. In physics, make experiment, take measurements, and collect data to Arduino Uno microcontroller can be used to encode as an alternative. In this study, an alternative method for the calculation of the acceleration of gravity tried to be shown by using Arduino Uno. Parallax Data Acquisition Tool (PLX-DAQ) software was used, the time and location data of the car, which was the released on

* Sorumlu Yazar: E-mail: meralbabaoglu@gmail.com

** Bu çalışma Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi'nde (FGMTEK 2019) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

ISSN: 2148-2160 ©2020

Gönderilme Tarihi: 29/11/2019 – Kabul Tarihi: 13/05/2020

the inclined plane with the HC-SR04 ultrasonic distance sensor programmed via Arduino Uno, were collected and recorded on Microsoft Excel. Released at different angles of the car, position-time graphs were drawn and examined in Excel. It was observed that the car that was released made accelerated movement. The average acceleration of the car's position time data was calculated, and it was observed that the acceleration varied depending on the angle. Using this data, gravitational acceleration was calculated under Newton's basic law of dynamics. In the research, g the gravitational accelerations for 5, 10, 15, and 20 degrees were calculated as respectively 9.62, 9.56, 10.04, and 11.18 m/s^2 .

Keywords: *Arduino, motion on an inclined plane, g the gravitational acceleration, ultrasonic distance sensor*

Giriş

Dünyada bilim ve teknoloji alanında yaşanan hızlı gelişimler eğitimde de kendini göstermektedir. Özellikle adını Bilim (Science), Teknoloji (Technology), Mühendislik (Engineering) ve Matematik (Mathematics) kelimelerinin baş harflerinin kısaltmasından alan STEM eğitimi ön plana çıkmıştır. STEM eğitimi bu dört temel disiplinin birleştirilmesini ve bütünleştirilmesini sağlayan bir eğitim modelidir (Çorlu & Çallı, 2017).

STEM eğitimi kapsamında Arduino'nun kullanımı budört temel disiplinin bir arada kullanılmasına imkân vermesi bakımından giderek önem kazanmış ve oldukça yaygınlaşmıştır. Arduino sensörler yardımı ile çevresi ile etkileşen, veri toplayan, kaydeden ve eyleme dönüştüren bir mikro denetleyicidir (Arduino Home Page, 2019). Açık kaynak kodlu yazılım ve donanıma sahip olmasından, ucuz ve kolay elde edilebilir olmasından, programlama dilinin kolay ve anlaşılır olmasından dolayı tercih edilmektedir.

Yapılan bir araştırmada son yıllarda Arduino'nun başta fizik eğitimi olmak üzere kimya, mühendislik, robotik, elektronik, eğitim vb. alanlarda kullanıldığına dikkat çekilmiştir. Arduino Uno mikro denetleyicisinin eğitimden mühendisliğe kadar farklı alanlarda uygulama geliştirmeye imkân sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca öğrencilerin temel elektrik ve elektronik bilgilerini uygulayarak fizikteki konu, kavram ve ilkeleri öğrenmelerine, deneyleri ispatlayarak, uygulamalı gerçekleştirmelerinin anlamlı ve kalıcı öğrenmelerine katkı sağladığı vurgulanmıştır (Duman, 2019).

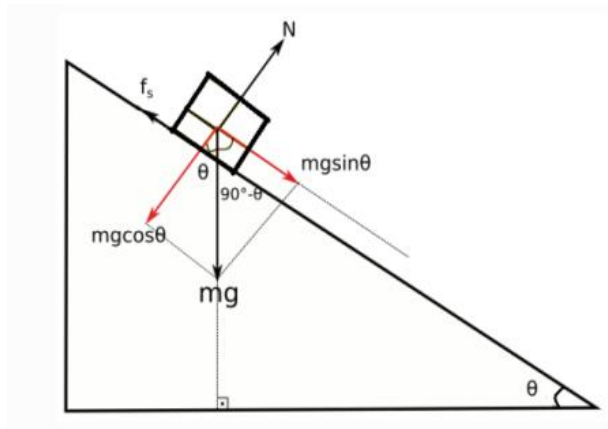
Fizikte deney yapmak, ölçüm alıp veri toplamak için Arduino Uno mikro denetleyicisini kodlamak bir alternatif olarak kullanılabilir. Bu bakımdan da Arduino Uno mikro denetleyicisi ile ölçme araçları ve deneysel düzenekler tasarlanarak fizik laboratuvarı zenginleştirilebilir. Arduino ile kullanılacak sensörlerin tanıtımı ve ölçülecek büyüklüklerin belirtildiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Fisher & Gould, 2012; Organtini, 2016). Bunun yanında fizik laboratuvarında gerçekleştirilen elektrik deneylerinin Arduino programı ile yeniden düzenlenmesi ile ilgili çalışmalar da mevcuttur (Kırıkkaya & Başaran, 2017). Bu kapsamda maddelerin elektriksel, mekaniksel, manyetik özelliklerinin belirlenmesine yönelik projeler geliştirilebileceği belirtilmiştir (Bouquet ve diğ., 2017; Huang, 2015). Arduino'nun fizik eğitiminde kullanımına ilişkin olarak; elektriksel direncin sıcaklığa bağımlılığı (Sarı & Kırındı, 2019), kinematik ölçümler kapsamında basit harmonik hareketin incelenmesi (Galeriou, 2014; Franciole da Cunha & Paulicci, 2016; Music, 2017; Tong-on, Saphet & Thepnurat, 2017)

manyetik alan ölçümlerinin yapılabileceği (Organtini, 2016) çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Nichols yaptığı bir çalışmada Arduino Uno üzerinden alınan verilerin Excel, LabVIEW, MATLAB gibi programlara aktarılabilmesini göstererek laboratuvarında kullanılabilecek ölçme araçlarının geliştirilmesine katkı sunmuştur (Nichols, 2017).

Yapılan başka bir çalışmada Arduino tabanlı deney tasarlayarak serbest düşme deneyi incelenmiştir. Bu çalışmada Arduino ile programlanan HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü ile belirli yükseklikten serbest bırakılan cismin konum ve zaman verilerinden yararlanarak yer çekim ivmesini hesaplanabileceğini gösterilmiştir (Moya, 2018).

Bu araştırmada da fizikteki hareket konusu, Newton'un dinamiğin temel kanunu kapsamında incelenmiştir. Bu kapsamda eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan hareketlinin konum-zaman verileri toplanmış, kaydedilerek excele aktarılmıştır. Bu verilerden yararlanılarak cisme etki eden yerçekim ivmesinin hesaplanmasına ilişkin alternatif bir yöntem sunulmuştur. STEM disiplinlerini içeren bu uygulamanın fizik eğitiminde yol gösterici olması hedeflenmiştir.

Yer çekim ivmesi, bir cismin yerçekimi etkisiyle sahip olduğu ivmedir. Literatürde yer çekimi ivmesinin hesaplanmasına ilişkin pek çok deney yapılmıştır. Dünyanın yer çekimi etkisi nedeniyle oluşan yerçekim ivmesi ilk olarak Galileo tarafından pek çok kez denenecek belirlenmiştir. Genellikle Newton'un dinamiğin temel yasasındaki bağıntılar kullanılarak dünyanın yerçekim ivmesi hesaplanmaktadır. Tersinir sarkaç, serbest düşme yöntemi yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yerçekim ivmesinin değerinin tam olarak 980.1048 cm/s^2 olduğu belirlenmiştir (Tate, 1968).



Şekil 1. Sürtümlü eğik düzlem için serbest cisim diyagramı.

Şekil 1'de gösterilen eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan m kütleli cisim için Newton'un ikinci yasası geçerlidir. Sürtünmesiz olarak değerlendirilen bu eğik düzlem üzerinde cisim F_x kuvvetinin etkisinde hareket edecektir.

$$F_x = m \cdot a \quad (1)$$

$$F_x = m \cdot g \cdot \sin \theta = m \cdot a \quad (2)$$

$$a = g \cdot \sin \theta \quad (3)$$

Burada serbest bırakılan cismin kazandığı ivmenin eğik düzlemin eğim açısı θ 'ya ve g yerçekim ivmesine bağlı olduğu, cismin kütlesine ise bağlı olmadığı anlaşılmaktadır. Dünya üzerindeki bütün cisimlere etki eden g yerçekim ivmesinin büyüklüğü 9.80 m/s^2 'dir (Çolakoğlu, 1995).

Sürtünmesiz kabul edilen sistem üzerinde serbest bırakılan oyuncak araba için 4 ve 5 no'lu hareket denklemleri kullanılabilir.

$$\Delta x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2, \text{den } a = \frac{2x}{t^2} \quad (4) \quad \text{denklemlerle arabanın ivmesi elde edilir.}$$

$$a = g \cdot \sin\theta' \text{ den } g = \frac{a}{\sin\theta} \quad (5) \quad \text{denklemlerle de } g \text{ yer çekim ivmesi elde edilir.}$$

Etik ile İlgili Hususlar

Bu çalışma teorik bir araştırma olduğundan etik kurul izni almayı gerektiren herhangi bir husus bulunmamaktadır.

Yöntem

Deneyde Şekil 1'de gösterilen Arduino Uno mikro denetleyicisi, HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü kullanılmıştır. Bu sensörün 4 pini bulunmaktadır. Vcc pini, 5V bağlanan güç sağlayan pin, Gnd pini topraklama pini, Trig pini ses dalgası gönderen kısım, Echo pini ise yansıyan ses dalgasını alan kısımdır. Çalışma prensibi ise şu şekildedir: Sensörün Trig pininden uygulanan sinyal 40 kHz frekansında ultrasonik bir ses yayılmasını sağlar. Bu ses dalgası herhangi bir cisme çarpıp sensöre geri döndüğünde, Echo pini aktif hale gelir. Sesin hızı havada, deniz seviyesinde ve $21 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 34320 cm/s olarak alınmıştır. Deneyde kullanılan HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü 2cm–400 cm arası uzaklıkları düzgün bir şekilde ölçebilmektedir (İzgül, 2019).

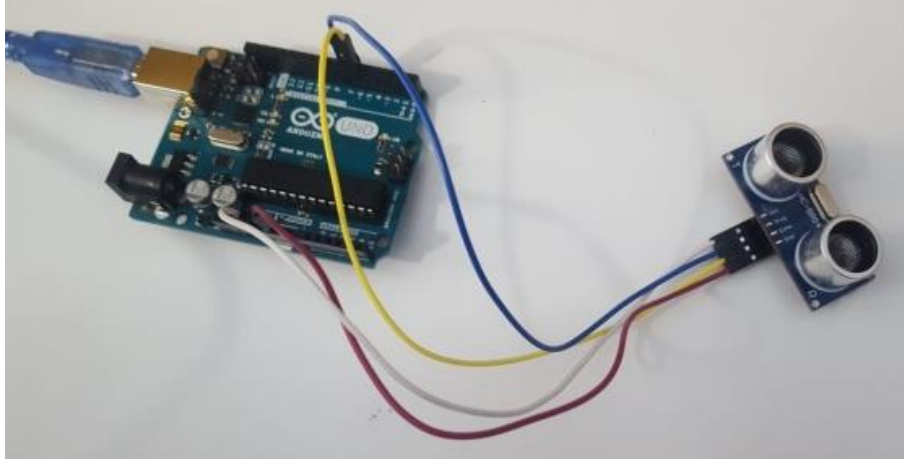


(a)



(b)

Şekil 2. Deneyde kullanılan (a) Arduino Uno mikro denetleyici (b) HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü



Şekil 3. Arduino Uno ve HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün birleştirilmesi

Şekil 2’de gösterilen Arduino Uno ve HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü Şekil 3’teki gibi Trig pin 7 no’lu pine, echo pin 6 no’lu pine bir ucu erkek, diğer ucu dişi olan jumper ile birleştirildi.



Şekil 4. Eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan oyuncak arabanın yaptığı hareketi incelemek için kullanılan bilgisayar destekli sistem.

Şekil 4’te eğik düzlem üzerinde oyuncak arabanın serbestçe hareket edebileceği düzenek kuruldu. Burada Renko eğik düzlem deney seti kullanıldı, ancak bu düzenek farklı araç-gereçlerle de kurulabilir.

```

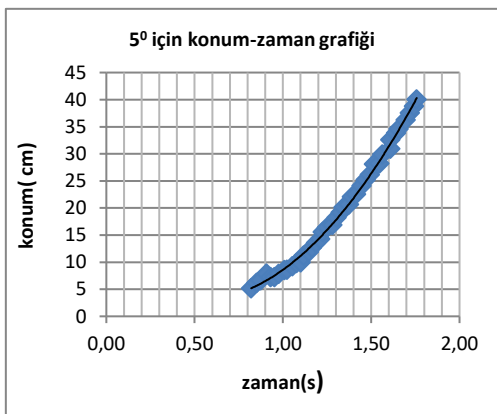
int trigPin = 6;//sensörün Trig pini Arduionun 6 no'lu ayağına bağlandı
int echoPin = 7;//sensörün Echo pini Arduionun 7 no'lu ayağına bağlandı
float pingTime;//süre
float targetDistance;//mesafe
float speedOfSound=34320;//sesin hızı
void setup() {
  Serial.begin(9600);//seri haberleşme başlatıldı
  pinMode(trigPin, OUTPUT); //trig pin çıkış olarak ayarlandı
  pinMode(echoPin, INPUT); //echo pin giriş olarak ayarlandı
  Serial.println("CLEARDATA");//önceki ölçümlerden alınan dataları temizler
  Serial.println("RESETTIMER");//zamanı sıfırlar
  Serial.println("LABEL,Clock Time,DATA");//excele aktarılan sütunlara isim verilir
  //İlk sütun ölçümün başladığı zamanı, ikinci sütun ise ilk sütundaki zamandan beri geçen süreyi,
  //3. sütun ise zamana bağlı olarak bulunduğu konumdaki mesafeyi gösterir
}
void loop() {
  digitalWrite(trigPin,LOW);//sensör pasif hale getirilir
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin,HIGH);//sensöre ses dalgası üretmesi için komut verilir
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin,LOW);//yeni dalgaların üretilmesi için trig pin pasifleştirilir
  pingTime=pulseIn(echoPin,HIGH);//ses dalgasının geri dönmesi için geçen süre ölçülür
  pingTime=pingTime/1000000;//süre, saniye birimine çevrilir
  targetDistance=speedOfSound*pingTime;//sesin hızı ile ölçülen süre çarpılarak mesafe hesaplanır
  targetDistance=targetDistance/2;// toplam mesafe 2'ye(gidiş+dönüş) bölünür
  Serial.print("DATA, TIME, TIMER,");
  Serial.println(targetDistance);// ölçmek istediğimiz büyüklük,mesafe data olarak kaydediliyor,3.sütuna yazılır
  delayMicroseconds(50);
}

```

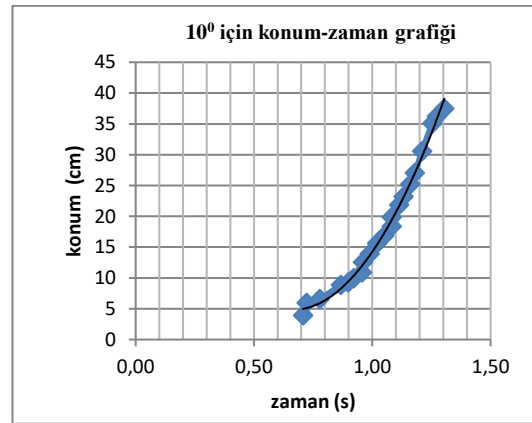
Şekil 5. Veri toplamak için kullanılan Arduino kodu

Arduino Uno mikro denetleyicisi ve HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü veri toplamak ve excele göndermek için Şekil 5'teki gibi kodlandı. Ölçme işlemi ve verilerin excele aktarılması için Parallax Data Acquisition Tool (PLX-DAQ) sistemi kullanıldı. Sürtünmesiz kabul edilen eğik düzlem üzerinde, 5° , 10° , 15° ve 20° lik açılar için serbest bırakılan oyuncak arabanın zamana bağlı olarak değişen konum verileri toplandı ve excele aktarıldı. Elde edilen verilerden yararlanılarak hareketlinin her bir açı için konum-zaman grafikleri çizildi.

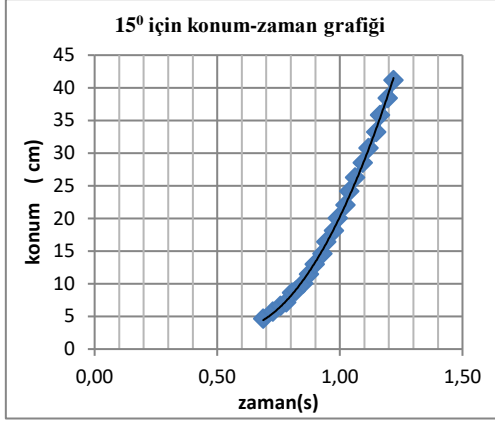
Bulgular



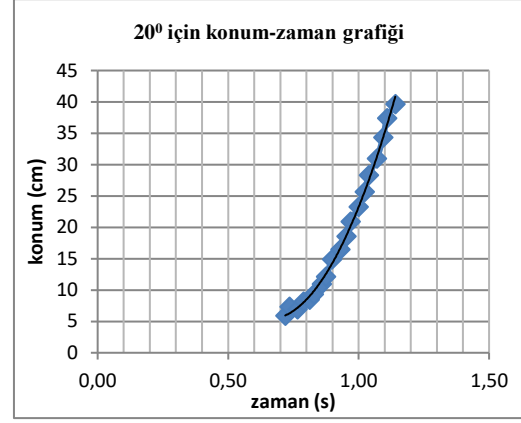
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 6. (a) 5⁰, (b)10⁰, (c)15⁰, (d) 20⁰ için konum-zaman grafikleri

Şekil 6'daki grafikler incelendiğinde eğim açısı arttıkça arabanın hızı arttığı görülmektedir. Farklı açılarda elde edilen konum-zaman-ivme-yerçekimi değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Açılara göre konum-zaman-ivme-yerçekim ivmesi-hata değerleri

| Açı Değeri | Δx (m) | Δt (s) | $(\Delta t)^2$ | a (m/s ²) | g hesaplanan (m/s ²) | g yerçekim ivmesi beklenen (m/s ²) | % Hata= $\left \frac{\text{teorik} - \text{deneysel}}{\text{teorik}} \right \times 100$ |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|--|---|
| 5 ⁰ | 0.3483 | 0.94 | 0.8305 | 0.8387 | 9.62 | 9.80 | 1.83 |
| 10 ⁰ | 0.3664 | 0.66 | 0.4356 | 1.6593 | 9.56 | 9.80 | 2.44 |
| 15 ⁰ | 0.3650 | 0.53 | 0.2809 | 2.5987 | 10.04 | 9.80 | 2.44 |
| 20 ⁰ | 0.3374 | 0.42 | 0.1764 | 3.8253 | 11.18 | 9.80 | 14.08 |

5⁰, 10⁰, 15⁰ ve 20⁰'lik açılar için 4 ve 5 no'lu denklemlerde konum-zaman verileri yerine konulmuş, ivme ve yerçekim ivmesi hesaplanmıştır. 5⁰ için g yerçekim ivmesi 9.62 m/s², 10⁰ için g yerçekim ivmesi 9.56 m/s², 15⁰ için g yerçekim ivmesi 10.04 m/s², 20⁰ için g yerçekim ivmesi 11.18 m/s² olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar

Bu çalışmada eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan cismin hareketinin incelenmesi için Arduino tabanlı deney tasarlanmıştır. Eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan arabanın konum-zaman verileri Arduino ve mesafe sensörü kullanılarak toplanmış ve Parallax data Acquisition Tool (PLX-DAQ) programı üzerinden excele aktarılmıştır. Arabanın konum-zaman verileri 4 no'lu denklemde yerine konularak arabanın ortalama ivmesi hesaplanmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak her bir açı için konum-zaman grafikleri çizilmiştir. Arabanın ivmesinin g yerçekim ivmesine ve açığa bağlılığı araştırılmıştır. Arabanın konum zaman verilerinden ivmesi hesaplanmış ve ivmenin açığa bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Bu

verilerden yararlanılarak yerçekim ivmesi hesaplanmıştır. Ultrasonik mesafe sensörü kullanılarak cismin konum-zaman verileri elde edilmiş, yerçekim ivmesi 5 derecelik açı için %1.83 hata ile 9.62 m/s^2 hesaplanmıştır. Elde edilen veriler literatürde yapılan çalışmalar ile uyumludur (Çolakoğlu, 1995; Tate, 1968).

Öneriler

Arduino'nun fizik eğitimde kullanılmasının önemi giderek artmaktadır. Bu çalışmanın amacı Arduino ile fizik eğitimi alanında örnek uygulamalar sunarak katkı sağlamaktır. Yapılan çalışma ile Arduino'nun fizik eğitiminde kullanımına yönelik bir etkinlik sunulmuştur. Arduino ile fizik laboratuvarında kullanılacak ölçme araç-gereçleri tasarlamak mümkündür. Bu ölçme araçları ile fiziğin derinlemesine öğrenilmesi daha kolay ve eğlenceli hale gelmektedir. Ekonomik olması, kolay bulunabilir olması sebebiyle alternatif bir yöntemdir. Bu çalışmada farklı matematik programları kullanılarak hareket denklemleri konum-zaman, hız-zaman, ivme-zaman grafikleri incelenebilir. Ayrıca farklı sensörler kullanılarak fiziğin diğer konuları da araştırılabilir.

Kaynaklar

Arduino Home Page. (2019). <https://www.arduino.cc/> adresinden alınmıştır [05.03.2019].

Bouquet, F., Bobroff, J., Fuch-Gallezot, L. & Maurines, L. (2017). Project-based physics labs using low-cost open-source hardware. *American Journal of Physics*, 85(3), 216-222.

Çolakoğlu, K. (1995). *Serway Fen ve Mühendislik için Fizik*. Palme Yayıncılık, Ankara.

Çorlu, M.S. & Çallı, E. (2017). *STEM Kuram ve Uygulamalarıyla Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik Eğitimi*. Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık, İstanbul.

Duman, O. (2019). Eğitimde arduino kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar. *XII. Uluslararası Eğitim Araştırmaları Kongresi*. Rize.

Fisher, D.K. & Gould, P.J. (2012). Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research. *Modern Instrumentation*, 1(2), 8-20.

Franciole da Cunha, M. & Paulicci, L. (2016). Kinematic measurements using an infrared sensor. *European Journal of Physics*, 37(2). DOI:10.1088/0143-0807/37/2/025003.

Galeriu, C. (2014). An arduino investigation of simple. *The Physics Teacher*, 52, 157-159.

Huang, B. (2015). Open-source hardware -- microcontrollers and physics education - integrating diy sensors and data acquisition with arduino. *122nd ASEE Annual Conference & Exposition*, June 14-17, 2015, Seattle, WA.

İzgöl, K. (2019). <https://maker.robotistan.com/>. Nisan 27, 2019 tarihinde <https://maker.robotistan.com/arduino-dersleri-19-hc-sr04-ultrasonik-mesafe-sensoru-kullanimi/> adresinden alındı

Kırıkkaya, E.B. & Başaran, B. (2017). Fizik laboratuvarında gerçekleştirilenelektrik deneylerinin arduino programı ile yeniden düzenlenmesi. *IV. International Eurasian Educational REsearch Congress*, 11-14 Mayıs 2017, Bayburt.

Moya, A.A. (2018). An arduino experiment to study free fall at schools. *Physics Education*, 53(5), 055020, DOI: [10.1088/1361-6552/aad4c6](https://doi.org/10.1088/1361-6552/aad4c6).

Music, P. (2017). Development of computer-based experiment set on simple harmonic motion of mass. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 16(4), 1-11.

Nichols, D. (2017). Arduino-based data acquisition into. *The Physics Teacher*, 55, 226-227.

Organtini, G. (2016). *Scientific Arduino Programming*. Roma.

Sarı, U. & Kırındı, T. (2019). Using arduino in physics teaching: arduino-based physics experiment to study temperature dependence of electrical resistance. *Journal of Computer and Education Research*, 7(14), 698-710.

Tate, R.D. (1968). Accerelation due to gravity at the national bureau of standards. *Journal of Research of the National Bureau of Standards C. Engineering and Instrumentation*, 72C (1), 21-26.

Tong-on, A., Saphet, P. & Thepnurat, M. (2017). Simple harmonics motion experiment based on LabVIEW interface for Arduino. *Journal of Physics: Conf. Series*, (s. 901 (012114)).