



EĞİTİMİ DERGİSİ

STEM $\equiv$ ED

STEM PD
Community of Practice

dergi.stempd.net

UYGULAMA ÖRNEĞİ

Fizik Öğretimine Yönelik Arduino Destekli Bir STEM Etkinliği: Doppler Etkisi

Meral Güngör Babaoğlu^{a1}  Hasan Özcan^b 

^aMilli Eğitim Bakanlığı, ^bAksaray Üniversitesi

Özet: Fizik dersi, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerinin bütünsel olarak ele alınmasına olanak sağlayan STEM eğitimi yaklaşımına uygun bir ders olarak görülebilir. Bu araştırma ile Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018a) kapsamında yer alan Doppler Etkisi konusunun hız ölçümünde kullanılmasının, anlamlı olarak kavranmasına yönelik bir STEM etkinliği tasarlanmıştır. İlk olarak eğik düzlem üzerinden serbest bırakılan bir arabanın HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü ve arduino elektronik devre geliştirme kartı ile zamana bağlı konumu ölçülerek hızı hesaplanmıştır. İkinci durumda ise eğik düzlem üzerinden serbest bırakılan bir arabanın üzerine akıllı telefon uygulamalarından frekans üreten (Frequency Genarator) bir program, eğik düzleme de frekans ölçen (Oscope) bir program yerleştirilerek hızı hesaplanmıştır. Bu iki sonuç karşılaştırılarak Doppler Etkisinin hız ölçümünde nasıl kullanılabileceği tartışılmıştır. Bu çalışmada tartışılan uygulamanın, öğretmenlerin disiplinlerarası etkinlikler geliştirmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: STEM Eğitimi, Fizik Öğretimi, Doppler Etkisi, Arduino, Teknolojinin Doğası

Giriş

STEM eğitimi, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin eğitim öğretim sürecine yönelik olarak organize edilmesi şeklinde ele alınmaktadır. STEM eğitiminde sürecin, günlük yaşam ve gerçek hayat problemleri ile ilişkilendirilmesi ve yapılandırılması önemlidir (Breiner vd., 2012). Ülkemizde Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programlarında da öğrencilerin sadece

¹ Sorumlu Yazar: Dr. Meral Güngör Babaoğlu, Milli Eğitim Bakanlığı, meralbabaoglu@gmail.com

bilgi sahibi olmasına değil; bilgiyi elde etmelerine, elde ettikleri bilgileri transfer ederek günlük yaşamda karşılaştıkları problemleri çözmek için kullanabilmelerine vurgu yapılmaktadır (MEB, 2017, 2018). Bireylerin bilimsel bilgiyi edinmek için kullandığı bu beceriler, bilimsel süreç becerileri olarak nitelendirilmektedir (Bhakti vd., 2020). Laboratuvar ortamında yürütülmesi ve deneysel etkinliklerle zenginleştirilmesi sıklıkla önerilen fizik dersinin, sözü edilen bilimsel süreç becerilerinin kazandırılmasına ve geliştirmesine olanak sağladığı ifade edilebilir (Bhakti vd., 2020). Ayrıca Fizik dersinin, STEM eğitimi kapsamında değerlendirilen disiplinlerin bütünsel olarak ele alınması açısından en elverişli dersler arasında olduğunun (Yuliatı vd., 2018) altı çizilmekte; teknoloji ile birlikte kullanımının öğretim sürecindeki olumlu etkisinden bahsedilmektedir (Nugraha vd., 2018).

Teknoloji insan yaşamı için kuşkusuz çok önemlidir. Bu nedenle insanların özellikle okul yaşamlarında teknolojiye ilişkin anlayışlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda teknolojinin sadece bilgisayar, elektronik ve internetin yanı sıra elektrikle çalışan gereçler ile ilişkilendirildiği tespit edilmiştir (DiGironimo, 2011; Lachapelle vd., 2019; Özcan ve Yılmaz, 2019). Yine teknolojinin sıklıkla bilim ile karıştırıldığı hatta bazı insanlar tarafından özdeş oldukları bile ifade edilmektedir (de Vries, 2005; Gil-Pérez vd., 2005; Özcan ve Yılmaz, 2019). Oysaki her ikisi de beşeri bir faaliyet olan ve adeta ayrılmaz bir ikili olarak görülen bilim ve teknoloji, amaçları yönünden ciddi farklılıklara sahiptirler (de Vries, 2005). Bilim dünyayı anlamaya ve açıklamaya çalışırken teknoloji insanların ilgi istek ve ihtiyaçlarından doğarak onları gidermek ve daha konforlu bir yaşama ilişkin çözümler sunmaktadır (MEB, 2006, ss. 61-62). Bu noktada öğretmenlere öğrenme sürecinin henüz başında öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeylerinin tespiti ve öğretimin planlanmasına yönelik fikir vermesi açısından Lachapelle vd. (2019) tarafından yaşları 6 ila 11 arasında değişen öğrencilerle yapılan deneysel bir çalışmanın sonuçları Tablo 1’de paylaşılmaktadır. Burada öğrenme sürecinde teknoloji kavramına yönelik karşımıza yaygın olarak çıkan inançların temaları, açıklamaları ve buna yönelik örnekleri yer almaktadır. Buradan yola çıkarak Lachapelle vd. (2019) tarafından yapılan çalışmadan uyarlanarak oluşturulan (EK 2’te 5. soru) öğretmenlerin konu ile ilgili olarak sınıf içinde ölçme ve değerlendirme amaçlı kullanılabilecekleri bir örnek çalışma bulunmaktadır.

Tablo 1. Teknoloji kavramına yönelik yaygın inançlar (Lachapelle vd., 2019)

Tema	Tanım	Örnek
Elektrik Teknolojisi	Elektrik kabloları olan veya pil kullandığı yaygın olarak bilinen teknolojiler.	Diz üstü bilgisayar, Cep Telefonu, Arduino Devresi
Mekanik Teknolojisi	Elektrik enerjisi kullanmayan, çok sayıda hareketli parçaya sahip teknolojiler.	Paten, Bisiklet, Rüzgâr türbini
Basit Teknolojiler	Bunlar, mekanik olarak hareketli parçaları olmayan veya elektrik enerjisi kullanmayan teknolojilerdir.	Parmak Arası Terlik, Yelpaze, Süpürge

Doğal Öğeler	Bu öğeler teknoloji değildir.	Kartal, Kara Hindiba, Volkan
--------------	-------------------------------	------------------------------

Bu çalışmanın STEM eğitimi açısından teknoloji bileşenini oluşturan ve Tablo 1'e göre elektrik teknolojisi temasında yer alan arduino elektronik devre geliştirme kartı ile mekanik, optik, elektrik, manyetik, termodinamik gibi alanlarda, kullanılabilecek deney düzenekleri geliştirilebilmektedir (Babaoğlu vd., 2020a; Babaoğlu vd., 2020b; Galeriu vd., 2014; Marinho ve Paulicci, 2016; Musik, 2017; Nichols, 2017; Sarı ve Kırındı, 2019; Tong-on vd., 2017). Açık kaynak kodlu yazılım ve donanımına sahip bir mikro denetleyici olan Arduino (Nichols, 2017), sensörler ile birlikte kullanılarak veri toplar, kaydeder ve eylemi gerçekleştirir. Bunun yanında ekonomik olması ve programlama dilinin basit olmasından dolayı öğretim sürecinde sıklıkla tercih edilmektedir (Silva vd., 2020). Arduino elektronik devre geliştirme kartı bu çalışmada, gerçek yaşamda tasvir edilmesi zor konular arasında gösterilen Doppler Etkisinin (Mosabala, 2018), kavramsal olarak anlaşılmasına yönelik geliştirilen bir STEM etkinliği içerisinde bir deney düzeneginde kullanılmıştır. Bilim tarihinde konu ile ilgili alana katkı sağlayan bilim insanları da Ek 1'de sunulmaktadır.

Doppler Etkisi ile günlük yaşamımızda pek çok alanda karşılaşırız. Örneğin sireni çalan bir ambulans hareket ettiğinde işittiğimiz sesin frekansı bize yaklaşırken daha yüksek, bizden uzaklaşırken daha düşüktür. En genel anlamda bu Doppler Etkisi olarak bilinir. Doppler Etkisinin kaynak ile gözlemci arasında bağlı bir hareket olduğu zaman ortaya çıktığı ifade edilebilir ve bir dalganın dalga boyunun ve frekansın değişmesi olarak gözlemlenir.

Doppler Etkisi ses dalgalarında gözlemlenebildiği gibi elektromanyetik dalga olan ışık dalgalarında da gözlemlenebilmektedir. Ancak ses dalgaları ile görünür ışık dalgaları arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Öncelikle ses dalgaları mekanik dalga olup yayılmak için maddesel bir ortama ihtiyaç duyarlar. Ayrıca ses dalgalarının hızı ortama bağlı olarak da değişmektedir. Bunun yanında görünür ışık dalgaları ise elektromanyetik dalgalar ve ilerlemek için bir ortam gerekli olmadığı gibi ışığın bütün eylemsiz referans çerçevelerinde hızının değişmediği kabul edilmektedir. Elektromanyetik dalgalar için Doppler Etkisinde kaynak ile gözlemci arasındaki bağlı hareket sonucunda Doppler Kayması gözlemlenir. Doppler Kayması astronomide kırmızıya ya da maviye kayma olarak da kullanılmaktadır. Yıldızların gözlemlenen spektrumlarındaki bu renk kaymaları yıldızların bağlı hareketlerini ölçmede kullanılır. Kırmızı ışığın frekansı mavi ışığa göre daha düşüktür. Dolayısıyla yıldız yaklaşırken mavi olan renk, uzaklaşırken kırmızıya doğru kayar. Gözlemlenen yıldızların spektrumlarındaki kırmızıya kayma durumu aslında evrenin genişlediğinin, galaksilerin birbirinden uzaklaştığının fark edilmesi ve anlaşılması bakımından da önemli bir konudur (Güneş, 2017; Mupezeni, 2012; Serway, 1995).

Ses kaynağının hareketli olduğu, gözlemcinin ise sabit olduğu durumu ele aldığımızda: Ses kaynağı gözlemciden uzaklaşarak hareket ediyorsa gözlemci tarafından duyulan frekans azalmıştır.

f kaynağın frekansı

f' gözlemci tarafından işitilen frekans

v_0 kaynağın hızı

v ise sesin hızı olmak üzere; İşitilen frekans Denklem 1 kullanılarak bulunabilir:

$$f' = f(1 - \frac{v_0}{v}) \dots\dots\dots(1)$$

Ses kaynağı gözlemciye yaklaşarak hareket ediyorsa gözlemci tarafından duyulan frekans artar. Bu durumda ise işitilen frekans Denklem 2 kullanılarak bulunabilir:

$$f' = f(1 + \frac{v_0}{v}) \dots\dots\dots(2)$$

Bunun yanında bir boyutta hareket eden bir hareketlinin konumu her an için biliniyorsa; ortalama hızı, Δx yer değiştirmesinin, Δt zaman aralığına oranı ile Denklem 3 kullanılarak hesaplanabilir.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_s - x_i}{t_s - t_i} \dots\dots\dots(3)$$

Diğer yandan Doppler Etkisi konusunun içeriğinde soyut kavramlar barındırması ve matematiksel olarak anlaşılmasında yaşanan güçlükler, öğrencilerin çeşitli kavram yanlışlarına sahip olmalarına neden olmaktadır (Tablo 2). Bu kavram yanlışları incelediğinde örnek olarak öğrencilerin, kaynağın gözlemciye yaklaşırken frekansın artacağını düşünmeleri ancak frekanstaki bu değişimin sebebini görelî hareket ile ilişkilendirememeleri verilebilir. Burada aslında kaynağın frekansındaki değişimin nedeni incelendiğinde, bağıl hareket sonucu algılanan dalga boyundaki değişimi göze çarpmaktadır. Ayrıca öğrencilerin ses dalgaları ile ilişkili olarak dalga boyu, hız, frekans, şiddet, yükseklik, tını gibi kavramları karıştırmaları ve bu kavramları birbirinin yerine kullanmaları kavram yanlışlarına neden olabilmektedir.

Tablo 2. Doppler Etkisi ile ilgili kavram yanlışları

Kavram yanlışları	Yaş grubu	Araştırmacılar
Sesin frekansı ile sesin yüksekliği aynıdır.		
Sesin yayılma hızı sesin şiddetine, yüksekliğine ve tınısına bağlıdır.	5. Sınıf	Demirci ve Efe, 2007
Farklı konumlardaki tüm gözlemciler aynı sesi duyar.	11. Sınıf	Gunhaart ve Srisawasdi, 2012
Kaynak gözlemciye doğru hareket ettiğinde frekans artar.	12. Sınıf	Mosobala, 2014 ve 2018
Frekans, dalga boyu, kaynak, gözlemci, kırmızıya kayma ve maviye kayma temel kavramları birbirlerinin yerine kullanılabilir.	Üniversite	Körhasan ve Özcan, 2015

Çalışmanın Amacı

Doppler Etkisi lise fizik programında öğretilen konulardan biri olup üniversitede genel görelilik teorisinin anlaşılmasına temel oluşturması bakımından önemlidir. Bu araştırmanın amacı 12. sınıf Lise Fizik Öğretim Programında yer alan Doppler Etkisi konusunun hız ölçümünde kullanılmasının, anlamlı olarak kavranmasına yönelik bir STEM etkinliği geliştirmektir. Bu durumun hem teknoloji odaklı bir sürecin fizik öğretiminde kullanılmasına örnek olması bakımından hem de STEM etkinliklerinin tasarlanmasında zengin bir içerik sağladığı düşünülen ses ve dalgalar konusuna vurgu yapması bakımından önemli olduğu ifade edilebilir.

Etkinliğin Planlanması ve Uygulanması

Bu çalışma iki aşama şeklinde planlanan bir STEM etkinliğinden oluşmaktadır. Burada ilk olarak eğik düzlem üzerinden serbest bırakılan bir arabanın HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü ve arduino elektronik devre geliştirme kartı ile zamana bağlı konumu ölçülerek hızı hesaplanmıştır. İkinci durumda ise eğik düzlem üzerinden serbest bırakılan bir arabanın üzerine akıllı telefon uygulamalarından frekans üreten (Frequency Genarator) bir program, eğik düzleme de frekans ölçen (Oscope) bir program yerleştirilerek hızı hesaplanmıştır. Çalışma ile ilgili STEM disiplinleri ve hedeflenen kazanımlar Tablo 3'te paylaşılmaktadır.

Tablo 3. STEM Disiplini ve Hedeflenen Kazanımlar

Disiplin	Kazanımlar
Fen	10.3.4.1. Ses dalgaları ile ilgili temel kavramları örneklerle açıklar (MEB, 2018a). a) Yükseklik, şiddet, tını, rezonans ve yankı kavramları ile sınırlı kalınır. b) Uğultu, gürültü ve ses kirliliği kavramlarına değinilir. c) Farabi'nin ses dalgaları ile ilgili yaptığı çalışmaları hakkında kısaca bilgi verilir.
	10.3.4.1. Ses dalgalarında frekans, dalga boyu ve genliği gösterir (MEB, 2019). a) Ses dalgalarını incelemek için gösteri deneyi ve / veya simülasyonlardan yararlanır. b) Ses dalgalarının kavramlarını, müzik kavramları ile ilişkilendirmeleri sağlanır.
	10.3.4.3. Ses dalgalarında kırılma olayına örnekler verir (MEB, 2019).
	10.4.11.1. Doppler Etkisini günlük yaşamdan örnek vererek açıklar (MEB, 2019). a) Doppler Etkisini, ışık ve ses dalgalarından örnekleriyle açıklaması sağlanır. c) Doppler Etkisinin keşfinin, sonraki başka keşiflere etkisi üzerine araştırma yapmaları sağlanır.
	10. 4.11.2. Teknolojide ışık ve ses dalgalarının kullanım alanlarını özetler (MEB, 2019). a) Araştırma sonuçlarını sınıf ortamında sunar.
	Ses ve dalgalar konusunun, içerik bakımından zenginleştirilmesinde aşağıda yer alan kazanımlardan da yararlanılabilir.
	1. Ses dalgalarının özelliklerini açıklar.
	2. Ses ile dalgalar konusu arasında ilişki kurar.
	3. Dalgalar konusundaki temel kavramları (frekans, periyot, dalga boyu) ses dalgaları ile ilişkilendirir.

	4. Sesin frekansı ile sesin ince ve kalın olmasını ilişkilendirir. 5. Sesin frekansının ses kaynağına bağlı olarak değişmesini açıklar. 6. Sesin meydana gelişini ve yayılmasını açıklar. 7. Ses dalgalarının hızı ile ortamın özelliklerini ilişkilendirir. 8. Ses dalgalarının frekansı ile işitme olayı arasındaki ilişkiyi açıklar. 9. Uğultu, gürültü, ses kirliliği kavramlarını açıklar. 10. Doppler Etkisi ile görelilik arasında ilişkiyi fark eder. 11. Ses dalgalarında girişim olayını açıklar. Şok dalgalarının oluşumu ile ilişkilendirir.
Teknoloji	Genel olarak, öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümüne ilişkin sorumluluk almaları ve bu problemlerin çözümünde teknoloji geliştirme süreçlerini ve tasarım becerilerini kullanmaları hedeflenmiştir. Aynı zamanda karşılaşılan problemlere farklı malzemeler kullanarak, bilimsel yöntemlerle ve teknoloji tasarım süreçleriyle, çözüm sağlanabileceğini kavramaları hedeflenmiştir (MEB, 2018b). 10.3.4.2. Ses dalgalarının tıp, denizcilik, sanat ve coğrafya alanlarında kullanımına örnekler verir (MEB, 2018b). 10.3.4.4. Ses dalgalarının teknolojideki uygulamalarına örnekler verir (MEB,2019). 1. HCSR-04 ultrasonik mesafe sensörü ile mesafe ölçümü yapar. 2. “Frequency Genarator” ve frekans ölçen “Oscope” vb. programları kullanır. 3. Ses dalgalarının frekansını belirler. 4. Osiloskop aracını kullanır. 5. Ses ile ilgili meslekler hakkında bilgi verir.
Mühendislik	Mühendislik tasarım sürecini kullanarak bir ürün, deney, faydalı model tasarlar. 10.3.4.2. Sesin süratini belirlemeye yönelik yöntem geliştirir (MEB, 2019). a) Sensörler ve robotik bileşenler kullanılır.
Matematik	Genel olarak; 1. Problemlere farklı açılardan bakarak problem çözme becerilerini geliştirmeleri, 2. Matematiksel düşünme ve uygulama becerileri kazanmaları, 3. Matematiği doğru, etkili ve faydalı bir şekilde kullanmaları, hedeflenmiştir. Bu kapsamda öğrencilerin aşağıdaki kazanımları gerçekleştirmesi beklenmektedir. 1. Ölçme araçlarını kullanarak veri toplar. 2. Verileri tabloya dönüştürür. 3. Verileri uygun grafik türüyle ifade eder. 4. Grafik çiziminde ve görselleştirmede bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanır. Ses ve dalgalar konusuyla ilişkili olarak ise öğrencilerin aşağıdaki kazanımları gerçekleştirmesi beklenmektedir. 1. Sesin yayılma hızını hesaplar. 2. Doppler Etkisi ile görelilik arasında ilişkiyi fark eder. 3. Cisimlerin uzaklıklarını kestirmede, Doppler Etkisini kullanıldığını fark eder. 4. Astronomi alanında bir yıldızın etrafında dönen bir dış gezegenin keşfinde kullanılabileceğini kavrar.

Etkinliğin uygulanmasında gerekli malzemeler aşağıda verilmektedir. Şekil 1’de ise uygulama esnasında kullanılan malzemeler ve hazırlanan düzeneklerin gerçek görselleri

paylaşılmaktadır. Burada sırasıyla, uygulama düzeneğinin 10 derecelik açıya sahip durumu (a), aynı düzeneğin ses kaynağı gözlemciden uzaklaştığı andaki durumu (b) ve ses kaynağı gözlemciye yaklaştığı andaki durumu (c) verilmektedir.

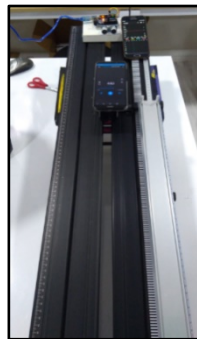
Yine burada etkinlikte kullanılan Arduino Uno elektronik devre geliştirme kartı (d), HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü (e) ve Arduino uno elektronik devre geliştirme kartına yüklenen koda ilişkin görsel (f) yer almaktadır.

Gerekli Malzemeler:

- Bilgisayar
- Arduino Uno elektronik devre geliştirme kartı
- USB bağlantı kablosu
- HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü
- Jumper (bir ucu erkek, diğer ucu dişi olan 4 adet bağlantı kablosu)
- Eğik düzlem düzeneği
- Serbest hareket edebilen oyuncak araba
- 2 adet akıllı telefon ve telefonda bulunan frekans üreten “Frequency Genarator” ve frekans ölçen “Oscope” programları



a)



b)



c)



(d)



(e)

```

1 int trigPin = 6;
2 int echoPin = 7;
3 float pingTime;
4 float targetDistance;
5 float speedOfSound=34320;
6 void setup() {
7   Serial.begin(9600);
8   pinMode(trigPin, OUTPUT); //trig pin çıkış
9   pinMode(echoPin, INPUT); //echo pin giriş
10  Serial.println("CLEARDATA");
11  Serial.println("RESETTIMER");
12  Serial.println("LABEL,Clock Time,DATA");
13 }
14 void loop() {
15  digitalWrite(trigPin,LOW);
16  delayMicroseconds(10);
17  digitalWrite(trigPin,HIGH);
18  delayMicroseconds(10);
19  digitalWrite(trigPin,LOW);
20  pingTime=pulseIn(echoPin,HIGH);
21  pingTime=pingTime/1000000;
22  targetDistance=speedOfSound*pingTime;
23  targetDistance=targetDistance/2;
24  Serial.print("DATA,TIME,TIMER,");
25  Serial.println(targetDistance);
26  delayMicroseconds(10);
27 }

```

(f)

Şekil 1. Uygulama Düzenegi

Uygulama aşamaları ve kullanılan yaklaşım

Tasarım temelli öğrenme yaklaşımına uygun olarak geliştirilen bu etkinlikte, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini özellikle de üst düzey düşünme becerilerini geliştirmeleri hedeflenmiştir. Etkinlik geliştirilirken öğrencilerin bireysel öğrenme farklılıkları göz önüne alınmaya çalışılmıştır.

Birinci aşama:

Geliştirilen etkinliğin ilk aşamasında günlük yaşam ile ilişkilendirilen bir problem senaryosu aşağıda paylaşıldığı şekilde sunulur.

Kerem ailesi birlikte Antalya'ya tatile gitmek için hazırlıklarını yaptı. Sabah erkenden yola çıktılar. Eski bir arkadaşını göreceği için çok heyecanlıydı. Yol çok uzun gelmişti. Pek çok yerde trafik kontrol noktası oluşturulmuştu. İlerde tartışan iki kişi gözüne ilişti. Arabadaki adam ısrarla hızlı gitmediğini iddia ediyordu. Trafik polisleri ise aracın hızını radarla ölçtüklerini anlatıyordu.

Senaryoya ilişkin olarak öğrencilere şu sorular yöneltilir:

- Ceza kesilen kişiye, bu durumu siz, nasıl açıklarsınız?
- Radarların çalışma prensibini açıklayan bir deney tasarlayabilir misiniz?

İkinci aşama:

Öğrencilerden, Kanadalı gökbilimci James Peebles ile İsviçreli gökbilimciler Michel Mayor ve Didier Queloz'ın 1995 yılında, Güneş sistemimizin dışında güneş tipi bir yıldızın etrafında dönen bir dış gezegenin (öte gezegenin) keşfi çalışmalarını anlattıkları makaleyi incelemeleri istenir (Peebles vd., 2019). Bilim insanlarının bu çalışmaları ile 2019 Nobel Fizik Ödülü'nü aldıkları ve buradaki keşifte Doppler Etkisinden yararlandığının altı çizilerek öğrencilerin dikkati bu konuya çekilmeye çalışılır.

Üçüncü aşama:

Öğretmen öğrencilere, Doppler Etkisinin günlük yaşamda kullanıldığı örnekleri, aşağıda verilen sorular eşliğinde araştırmaları konusunda bir görev verir.

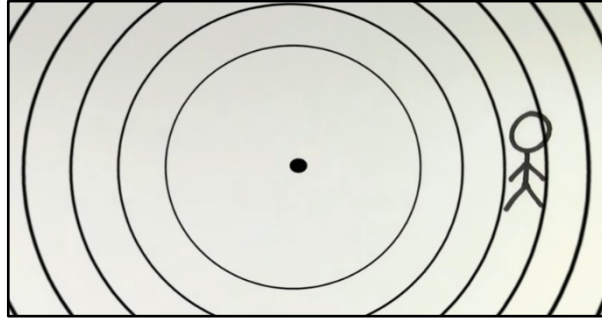
- Yanınızdan gelip geçen araba, ambulans, tren vb. araçların korna, siren ve düdük seslerini dikkatli bir şekilde dinleyiniz, kaydediniz ve gözlem yapınız.
- Sivrisinek seslerini bize yaklaşırken ya da bizden uzaklaşırken nasıl algılayınız?
- Uzay araştırmalarında evrenimizin genişlemekte olduğu ile ilgili çıkarımları bu perspektiften inceleyiniz.

Öğrencilerin elde ettikleri gözlem sonuçlarını, araştırmalarını ve kaydettikleri videoları kendi aralarında paylaşmaları ve tartışmaları sağlanır.

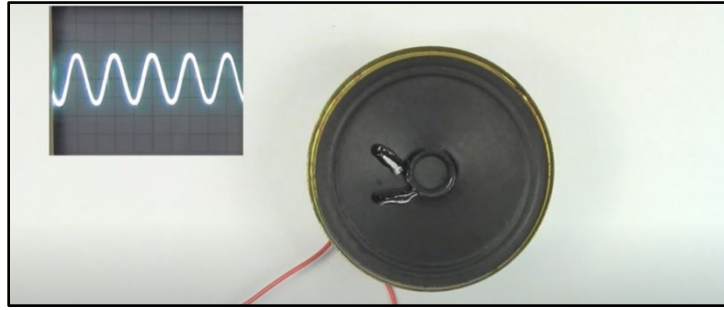
Dördüncü aşama:

Bu konuda çalışmaları olan Avusturyalı matematik ve fizikçi bilim insanı Johann Christian Andreas Doppler tanıtılır. Doppler Etkisi ile ilgili olarak Şekil 2 ([youtube.com/watch?v=mCc-](https://www.youtube.com/watch?v=mCc-)

ZbV390E) ve Şekil 3 (youtube.com/watch?v=D9Cy3kw1LHw) ile birer kesitleri verilen videolar izletilir.



Şekil 2. Hareketli Gözlemci İçin Doppler Etkisi Videosundan Bir Kesit (Khan Academy, 2020a).



Şekil 3. Sesin Özellikleri Videosundan Bir Kesit (Khan Academy, 2020b).

Beşinci aşama:

Öğretmen, öğrencilerin hazırbulunuşluk seviyelerini ve ilgi alanlarını göz önünde bulundurarak aşağıdaki sorular kapsamında etkinliği yapılandırabilir ve ihtiyaca göre içeriği zenginleştirebilir.

- Yıldızları hangi renkte görüyorsunuz?
- Doppler Etkisinden yararlanılarak geliştirilen cihazlar nelerdir?
- Ultrason denilen cihazlarda ses dalgaları kullanarak siyah-beyaz ya da renkli olarak görüntüyü nasıl elde ediyoruz?
- Ses dalgalarının özellikleri ve çeşitleri nelerdir?
- Ses kaynağının ürettiği (örneğin müzik aletleri) ses dalgalarının frekansını ve periyodunu nasıl ölçeriz?
- Ses dalgalarında frekans nelere bağlıdır? Frekans değişir mi? Nasıl değişir?
- Müzik aletlerini akort etmek ne demektir? Nasıl yapılır?
- Müzikte ses olarak adlandırılan notaların frekansları aynı mıdır? Değişir mi?
- Teknolojide ses dalgalarının kullanıldığı farklı alanlar var mıdır?

Altıncı aşama:

Öğrencilerden Doppler Etkisinin hız ölçümünde nasıl kullanıldığına ilişkin aşağıdaki verilen soruları (Ergin vd., 2012) göz önünde bulundurarak yazılı bir plan hazırlamaları ve raporlaştırmaları istenir.

- *Bu etkinlikte kullanacak olduğunuz bağımlı, bağımsız, kontrol değişkenlerini belirleyiniz.*
- *Neleri ölçeceksiniz?*
- *Nasıl ölçeceksiniz?*
- *Kaç ölçüm alacaksınız?*

Yedinci aşama:

Şekil 1.a'daki düzenek kurulur. Burada 440 Hz frekans ses üreten telefon aracın üzerine Şekil 1.a'da olduğu gibi yerleştirilmiştir. 440 Hz keyfi olarak seçilmiş bir değerdir.

Sekizinci aşama:

Üretilen frekansı ölçen telefon, gözlemci olarak sabit tutulur. İlk olarak eğik düzlemin tepesinde, Şekil 1.b'de gösterildiği gibi kaynak uzaklaşırken; ikinci olarak eğik düzlemin aşağısında Şekil 1.c'de gösterildiği gibi kaynağın yaklaşma durumundaki frekans ölçümleri akıllı telefonda bulunan osiloskop uygulaması kullanılarak kaydedilir. Video kayıtları incelenerek frekansın hangi aralıkta değiştiği belirlenir.

Dokuzuncu aşama:

Şekil 1.d ve Şekil 1.e'de gösterilen Arduino uno mikrodenetleyicisi ve HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü, veri toplamak ve Excel'e göndermek için Şekil 1.f'deki gibi kodlanır. Ölçme işlemi için Parallax Data Acquisition Tool (PLX-DAQ) sistemi kullanılabilir. Bu program ile zamana bağlı olarak alınan konum verileri Excel programına aktarılabilir (Nichols, 2017).

Onuncu aşama:

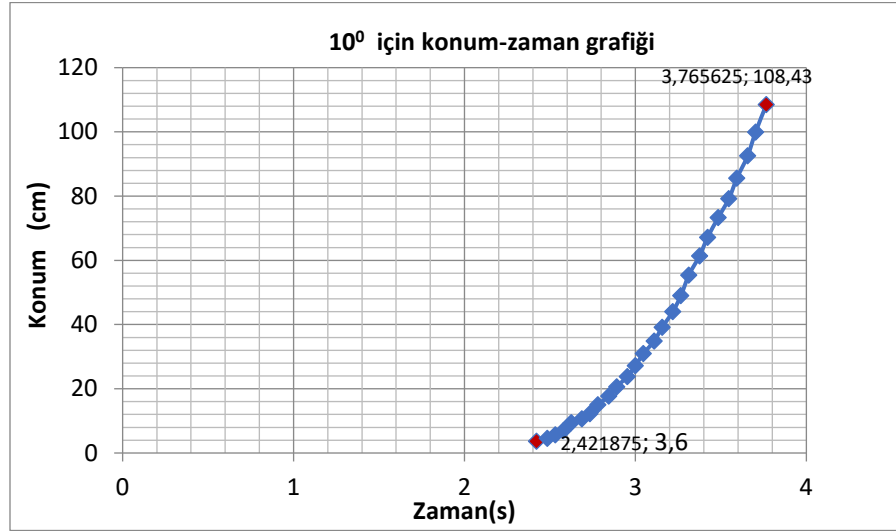
Sürtünmesiz olarak kabul edilen bir eğik düzlem üzerinde 10 derecelik açı ile serbest bırakılan bir oyuncak arabanın konum-zaman verileri kaydedilerek, grafikleri çizilir.

On birinci aşama:

Değerlendirme, eğitim-öğretim sürecinin önemli aşamalarından biridir. STEM etkinliklerinde genellikle sürecin değerlendirilmesi önerildiğinden, burada etkinlik raporu ve gözlem formları kullanılabilir.

Bulgular

Etkinliğin sekizinci uygulama aşamasından elde edilen Şekil 4'teki konum-zaman grafiği incelendiğinde arabanın hızı arttığı izlenmektedir. 10 derecelik açı için Denklem 3'te konum-zaman verileri yerine konulmuş ve hareketlinin ortalama hızı 78.23 cm/s olarak hesaplanmıştır.

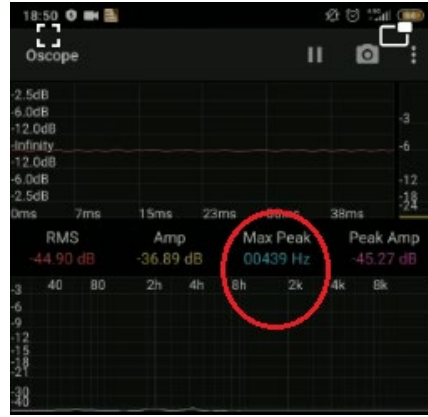


Şekil 4. 10 derecelik açığa sahip bir eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan arabanın konum-zaman grafiği

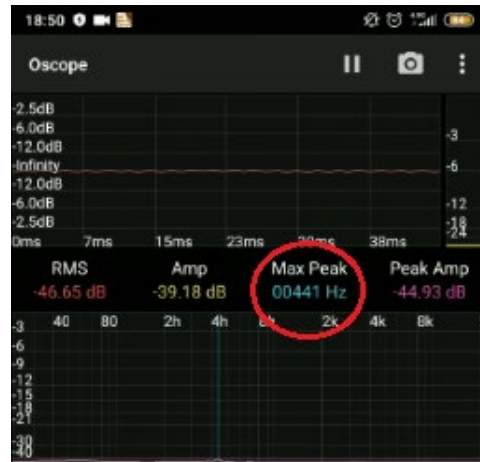
Şekil 5'te ses kaynağı hareket eden aracın üzerinde frekans ölçen diğer araçtan uzaklaşırken ses kaynağının frekansı 439 Hz olarak ölçüldüğünü görülmektedir.

Denklem 1'de kaynağın frekansı, ölçülen bu frekans değeri yerine yazılıp, sesin havadaki hız 34320 cm/s olarak yerine konulup işlem yapıldığında aracın hızının 78 cm/s olarak bulunduğu ifade edilebilir. Şekil 6'da da frekans ölçen telefon, eğik düzlemin aşağı kısmına konulur, araç ona doğru hareket ederken yani ses kaynağı yaklaşırken ses kaynağının frekansı ise 441 Hz olarak ölçülür.

Denklem 2'de kaynağın frekansı, ölçülen bu frekans değeri yerine yazılıp, sesin havadaki hız 34320 cm/s olarak yerine konulup işlem yapılırsa aracımızın hızı 78 cm/s olarak bulunur.



Şekil 5. Ses kaynağı uzaklaşırken sesin frekansı 439 Hz



Şekil 6. Ses kaynağı yaklaşırken sesin frekansı 441 Hz

Denklem 2’de kaynağın frekansı, ölçülen bu frekans değeri yerine yazılıp, sesin havadaki hız 34320 cm/s olarak yerine konulup işlem yapıldığında aracın hızı 78 cm/s olarak bulunur.

Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan cismin hareketini incelemek için Arduino Uno elektronik devre geliştirme kartı ve mesafe sensörü kullanılmış, Doppler Etkisini gözlemlemek için akıllı telefon uygulamaları (Frequency Genarator ve Oscope) kullanılarak bir STEM etkinliği geliştirilmiştir.

Eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan arabanın konum-zaman verileri PLX-DAQ programı üzerinden excele aktarılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanarak 10 derecelik açı için

konum-zaman grafiği çizilmiştir. Bu grafikteki verilerden yararlanarak aracımızın hızı ortalama 78.23 cm/s olarak hesaplanmıştır.

Ses kaynağı ve gözlemci birbirine yaklaşırken işitilen frekans artmış ve 441 Hz olarak ses kaynağı ve gözlemci birbirinden uzaklaşırken işitilen frekans azalmış ve 439 Hz olarak ölçülmüştür. Bu verilerden yararlanarak aracın hızı Doppler Etkisi ile hesaplanmış ve 78 cm/s olarak bulunmuştur. Bu sonuçların tutarlı olması bize bağıl hız ile hareket eden sistemlerin hızlarının Doppler Etkisi ile ölçülebileceğini göstermektedir.

Lise fizik programında yer alan Doppler Etkisinin öğretimi konusunda öğrenci ve öğretmenlerin zorluklar yaşaması sebebiyle bu etkinliğin fizik öğretiminde kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Öte yandan 1842 yılında A. Doppler tarafından gözlemlenen bu etkiden yararlanılarak önemli bilimsel keşifler yapılmış olup pek çok bilim insanına ilham kaynağı olduğu ifade edilebilir. Doppler Etkisinin bütün dalgalar için geçerli olduğu bilinmektedir. Özellikle astronomi alanında kullanılmasıyla evren hakkındaki yerleşik anlayışların derinden etkilendiği söylenebilir. Bu duruma yıldızların, galaksilerin hareketinin incelenmesinde, konumlarının belirlenmesinde ve evrenin genişlediğine dair önemli kanıtların elde edilmesinde önemli bir araç niteliğinde olması örnek olarak verilebilir. Görelilik Teorisindeki matematiksel formüllerin kullanımının anlaşılmasında da Doppler Etkisinin öğretimi önem kazanmaktadır (Körhasan ve Özcan, 2015). Ayrıca Doppler Etkisinden yararlanılarak geliştirilen pek çok cihaz, teknolojiye yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Örneğin ultrasonografi denilen cihaz özellikle tıp alanında, hamilelikte bebeklerin gelişiminin izlenmesinde, kalp, dolaşım, üreme, sindirim ve boşaltım gibi vücut sistemlerinde yer alan hastalıkların teşhisinde kullanılan önemli bir araçtır. Bunun yanında SONAR (Sound Navigation And Ranging), RADAR (Radio Detection And Ranging) gibi cihazlar ise hız ölçümünde, nesnelerin konumlarının tespit edilmesinde, güneş sisteminin haritasının oluşturulmasında, hava olaylarının tahmin edilmesinde kullanılan cihazlardır (Yener, 2019). Bilginin teknolojiye dönüşümü açısından, STEM alanında da yer alması gereken önemli bir konu olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında ses ve dalgalar konusunda STEM etkinliklerinin zenginleştirilmesine katkı sunacağı düşünülmektedir.

Bu etkinlik ile öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kazanmaları ve geliştirmeleri amaçlandığından, bireysel öğrenme farklılıkları ve hazırbulunuşluk düzeyleri göz önünde bulundurularak gözlem formlarının hazırlanması ve örnek olarak sunulan etkinlik ve aşamalarının zenginleştirilmesi önerilmektedir. Yine hangi bilimsel süreç becerilerinin kazandırılması hedefleniyorsa, öğretim programında o kazanımlar doğrultusunda değişikliklerin yapılması gerektiği önerilmektedir.

Kaynaklar

- Babaoğlu, M. G., Durmaz, K. K. ve Öztekin, M. E. (2020a). Arduino ile yer çekim ivmesinin hesaplanması. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 8(1), 92-100.
- Babaoğlu, M. G., Durmaz, K. K. ve Özbey, K. (2020b). Arduino ile hooke yasasının incelenmesi. *Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 3(1).
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., Okyranida, I. Y., Asih, D. A. S., Marhento, G., Leonard, L., & Yusro, A. C. (2020). Integrated STEM Project based learning implementation to improve student science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*. 1464(1), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1464/1/012016>
- Demirci, N. ve Efe, S. (2007). İlköğretim öğrencilerinin ses konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 1(1), 23-56.
- DiGironimo, N. (2011). What is technology? Investigating student conceptions about the nature of technology. *International Journal of Science Education*, 33(10), 1337-1352. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.495400>
- de Vries, M. J. (2005). The nature of technological knowledge: Philosophical reflections and educational consequences. *International Journal of Technology and Design Education*, 15(2), 149-154. <https://doi.org/10.1007/s10798-005-8276-2>
- Ergin, Ö., Şahin-Pekmez, E. ve Öngel-Erdal, S. (2012). *Kuramdan uygulamaya deney yoluyla fen öğretimi*. Dinozor Yayınevi.
- Galeriu, C., Edwards, S., & Esper, G. (2014). An Arduino investigation of simple harmonic motion. *The Physics Teacher*, 52(3), 157-159. <https://doi.org/10.1119/1.4865518>
- Gunhaart, A., & Srisawasdi, N. (2012). Effect of integrated compute-based laboratory environment on students' physics conceptual learning of sound wave properties. *Social and Behavioral Sciences*, 46, 5750 – 5755. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.510>
- Güneş, B. (2017). *Fizikte Kavram Yanılgıları*, Ankara: Palme Yayıncılık.
- Gürsoy, K. ve Açıkgenç, A. (1986). *Türkiye I. Felsefe-Mantık Bilim Tarihi Sempozyumu Bildirileri*, Ankara: Ülke Yayın Haber.
- İslam Ansiklopedisi (2020). el-Mûsîka'l-Kebîr. <https://islamansiklopedisi.org.tr/el-musikal-kebir>
- Khan Academy (2020a). *Hareketli Gözlemci İçin Doppler Etkisi*. <https://www.youtube.com/watch?v=mCc-ZbV390E>
- Khan Academy (2020b). *Sesin Özellikleri Genlik, Periyot, Frekans, Dalgaboyu*. <https://www.youtube.com/watch?v=D9Cy3kw1LHw>

- Körhasan, D., N., & Özcan, Ö. (2015). Examination of the variation in students' problem solving approaches due to the use of mathematical models in doppler effect. *Hacettepe University Journal of Education*, 30(3), 87-101.
- Lachapelle, C. P., Cunningham, C. M., & Oh, Y. (2019). What is technology? Development and evaluation of a simple instrument for measuring children's conceptions of technology. *International Journal of Science Education*, 41(2), 188-209. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1545101>
- Marinho, F., & Paulicci, L. (2016). Kinematic measurements using an infrared sensor. *European Journal of Physics*, 37(2). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/2/025003>
- MEB (2006). *İlköğretim Fen ve Teknoloji Dersi (6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara: MEB Yayınları.
- MEB (2017). *Fen bilimleri öğretim programı*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- MEB (2018a). *Ortaöğretim fen lisesi fizik dersi 9.,10.,11., 12. sınıflar öğretim programı*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- MEB (2018b). *Teknoloji ve tasarım dersi öğretim programı*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- MEB (2019). *Özel yetenekliler için fizik dersi öğretim programı*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Mosabala, M. S. (2014). The teaching of doppler effect at grade 12- teacher's content knowledge. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(14). <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n14p207>
- Mosabala, M. S. (2018). Teachers' transformed subject matter knowledge structures of the doppler effect. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2407-2417. <https://doi.org/10.29333/ejmste/89842>
- Mupezeni, P. (2012). *Challenges and prospects of teaching the doppler effect at grade 12* (Unpublished Doctoral dissertation). University of South Africa. Pretoria, South Africa.
- Musik, P. (2017). Development of computer-based experiment set on simple harmonic motion of mass. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 16(4).
- Nichols, D. (2017). Arduino-based data acquisition into Excel, LabVIEW, and MATLAB. *The Physics Teacher*, 55(4), 226-227. <https://doi.org/10.1119/1.4978720>
- Nugraha, M. G., Utari, S., Saepuzaman, D., & Nugraha, F. (2018). Redesign of students' worksheet on basic physics experiment based on students' scientific process skills analysis in Melde's law. *Journal of Physics: Conference Series*. 1013(1), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012038>
- Özcan, H., & Yılmaz, Ş. Investigation of preservice science teachers' views about science and technology. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 23(1), 253-270.
- Peebles, J., Mayor, M., & Queloz, D. (2019). *Physical Cosmology and an Exoplanet Orbiting a Solar-Type Star. Scientific Background on the Nobel Prize in Physics*, 1-14. Retrieved from <https://www.nobelprize.org/uploads/2019/10/advanced-physicsprize2019-3.pdf>

- 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.
- Serway, A. R. (1995). *Fen ve Mühendislik için Fizik 1* (Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Silva, V. T. O., de Medeiros Jr, R. N., Silva, W. O., & Medeiros, S. R. (2020). Using an arduino microcontroller to build a planetary scale for study of weight force. *Physics Education*, 55(4), <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab864e>
- The University of Virginia (2020). *Albert Einstein*.
<http://galileo.phys.virginia.edu/classes/609.ral5q.fall04/LecturePDF/EINSTEIN.pdf>
- Tong-on, A., Saphet, P., & Thepnurat, M. (2017). Simple harmonics motion experiment based on LabVIEW interface for Arduino. *Journal of Physics: Conf. Series*, 901 (1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/901/1/012114>
- University of St Andrews (2020a). *MacTutor history of mathematics archive: Edwin Powell Hubble*.
<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Doppler/>
- University of St Andrews (2020b). *MacTutor history of mathematics archive: Armand-Hippolyte-Louis Fizeau*. <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Fizeau/>
- University of St Andrews (2020c). *MacTutor history of mathematics archive: Edwin Powell Hubble*.
<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Hubble/>
- Yener, D. (2019). *Fiziğin Bilim ve Teknolojideki Uygulamaları*. Ankara: Pegem Akademi.
- Yuliati, L., Yogismawati, F., & Nisa, I. K. (2018). *Building Scientific Literacy and Concept Achievement of Physics through Inquiry-Based Learning for STEM Education*. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1097(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012022>

Ek 1. STEM tarihinde bu alana katkı sağlayan bilim insanları

Bilim İnsanı	STEM alanına katkısı
Johann Christian Andreas Doppler (1803-1853)	Doppler 29 Kasım 1803 yılında Avusturya'nın Salzburg kentinde doğdu. Babası ünlü bir taş ustasıydı. Sağlık sorunları nedeniyle aile geleneğini sürdüremeyen Doppler, özellikle matematik alanında çok yetenekliydi. Doppler, 1841 yılından itibaren Prag Politeknik okulunda matematik ve fizik profesörü olarak görev yaptı. Beş çocuğu olan Doppler'in yaşamı boyunca matematik, fizik ve astronomi alanında 50'den fazla yayını bulunmaktadır. En ünlü çalışması 1842 yılında yayınlanan ikili yıldızların ve diğer bazı yıldızların renkli ışığı üzerine yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada kaynağın frekansı ile gözlemcinin hızı arasındaki ilişkiyi açıklamıştır. (1817–1890) yılları arasında yaşayan Christophorus Buys Ballot, 1845 yılında ses dalgalarını kullanarak Doppler etkisini test etmeye yönelik bir deney gerçekleştirdi. Böylece ilk kez ses kaynağı ve gözlemci birbirine yaklaşırken sesin frekansının arttığı, ses kaynağı ve gözlemci birbirinden uzaklaşırken sesin frekansının azaldığı ispatlanmış oldu. Doppler Etkisi her ne kadar ışık ve ses için gözlenmiş olsa da tüm dalga türleri için geçerli olduğu ve frekanstaki bu değişimin göreceli hareket sonucunda oluştuğu zaman içerisinde kanıtlanmış oldu. Viyana üniversitesinde çalıştığı sırada hastalanmış ve 17 Mart 1853 yılında hayata gözlerini yummuştur. Kendisinden sonraki bilim insanlarına yol gösterici olmuştur. Sonraları tıp dâhil modern bilim ve teknolojinin birçok alanını derinden etkileyen devrim niteliğinde olan bu çalışma Doppler Etkisi olarak tarihe geçmiştir. Onun fikirleri ile modern ultrasonografinin temelleri atılmış ve ölümünden yüzyıl sonra bile pek çok keşif için ilham kaynağı olmuştur (University of St Andrews, 2020a).
Farabi (870-950)	Türk düşünürü Farabi'nin, 870 yılında Otrar olarak bilinen ve bugün Kazakistan sınırları içerisinde yer alan Farab şehri yakınlarında küçük bir yerleşim yeri olan Vesiç'te doğduğu söylenmektedir. İlk tahsilini burada bitirdikten sonra Bağdat'a gitmiştir. Buradan da Suriye'ye geçerek Halep'te Emir Seyfûddeve Hemedani'nin sarayında yaşamıştır. Daha sonra gittiği Şam'da 950 yılında öldüğü bilinmektedir. Yaşamı boyunca Bağdat, Halep ve Mısır'da bulunmuştur. Felsefe, mantık, psikoloji, müzik, matematik ve tıp alanında çeşitli çalışmalar yapmıştır. Aristo-

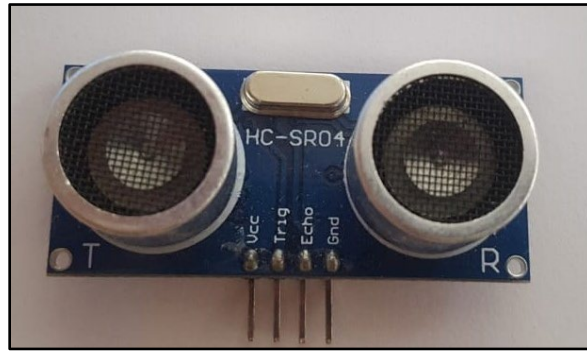
	teles'ten sonra ikinci usta olarak tanınır. Özellikle müzik biliminin kurucusu olarak kabul edilir. Fârâbî müzikle ilgili birkaç eser yazmıştır. Bunlardan en önemlisi <i>Kitâbu'l-Mûsîkâ'l-Kebîr</i> (Büyük Müzik Kitabı) kitabıdır. Farabi'ye göre müzik, matematik biliminin uygulama alanlarından biridir. Sesin özelliklerini incelemiş, sesin oluşumu ve yayılması, perdeler, aralıklar gibi konularda çeşitli çalışmalar yaparak müziğin teorisini ortaya koymuştur. Ud, kanun, tanbur gibi müzik aletlerini icat ettiği ve bunları da çok iyi çaldığı söylenir. Bu müzik aletlerindeki perde hesaplamaları, gam, melodi gibi özellikleri de matematiksel olarak incelemiştir (Gürsoy ve Açıkgeçen,1986; İslam Ansiklopedisi, 2020).
Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896)	23 Eylül 1819' da Paris'te doğmuştur. Fransız fizikçi olan Fizeau'nun ilk bilimsel çalışmaları fotografik görüntüleme işlemlerinin geliştirilmesi üzerine olmuştur. Sınıf arkadaşı Fransız fizikçi Foucault ile birlikte ışık ve sıcaklık arasındaki etkileşim konusunda ciddi araştırmalar yapmıştır. 1845 yılında teleskop yardımı ile Güneşi incelemiş ve Güneş üzerindeki güneş lekelerinin fotoğrafını çekmeyi başarmıştır. 1848 yılında, Doppler'in yaptığı çalışmadan habersiz olarak yıldızlardan gelen ışığın dalga boyundaki kaymaya benzer bir açıklama yaptı. Bu nedenle bazı kaynaklarda Doppler Etkisi adı verilen bu etki Doppler Fizeau etkisi olarak geçmektedir. 1849 yılında ışık hızının kesin değerinin ölçülmesine yönelik bir yöntem geliştirdi. Işın demetini yansıtması için 8 km uzağa yerleştirdiği bir ayna kullandı. Gelen ışının, hızla dönen tekerleğin dişleri arasındaki boşluklardan geçmesini sağladı. Dönen ışık bir sonraki boşluktan geçene ve görülebilene kadar tekerleğin hızı artırıldı. Işığın hızını ölçmeye yönelik geliştirdiği bu araç Fizeau-Foucault aparatı olarak adlandırılmıştır. Bunun yanında Fizeau, 1864'te ışık dalgasının hızının bir uzunluk standardı olarak kullanılmasını önermiştir. 1853 yılında indüksiyon bobininin verimini arttırmak için kondansatörün kullanımını tanımladı. Daha sonra katıların ısı genleşmesi üzerine çalışmalar yaptı. Işığın girişiminden yararlanarak kristallerin genleşmesini ölçmeye çalıştı. 1860 yılında Académie Française'de uzman akademisyen olup, ardından 1878'de Bureau des Longitudes'de görev yapmış olan Fizeau, 18 Eylül 1896'da Venteuil'de vefat etmiştir (University of St Andrews, 2020b).

Albert Einstein (1879-1955)	14 Mart 1879 tarihinde Almanya'nın Ulm kentinde doğdu. Tüm zamanların en büyük fizikçilerinden biri olarak tanındı. Einstein 1905 yılında, 26 yaşındayken fizikte devrim yaratan 4 bilimsel makale yayınladı: Fotoelektrik etki konusunda yayımladığı makale çalışması 1921 yılında Nobel ödülü aldı. Bu olay, 20. yüzyılın başlarında Max Planck'in temel fikirlerini ortaya attığı kuantum mekaniğinin anlaşılmasındaki en önemli olaylardan biridir. Fotoelektrik etki, Işığın bir metal üzerine düşürülerek elektron koparması olayıdır. Einstein, Max Planck'in kuantalanma kavramını elektromanyetik dalgalara genişleterek, ışığın kuantalanmış fotonlardan oluştuğunu varsaydı. Diğer makalesi bir sıvı içinde asılı kalan küçük parçacıkların düzensiz hareketleri (Brown Hareketi) konusundaydı. Bunun yanında Einstein'nın yayınlanan diğer iki makalesi ise görelilik kuramı ile ilgiliydi. Enerji ile kütle arasındaki ilişkiyi açıklayan Einstein, 1915'te kütle çekimini, uzayın yapısına ve zamana bağlayan genel görelilik kuramı üzerine çalışmasını yayınladı. Bu kuramın en çarpıcı öngörüsü ışığın bir kütle tarafından saptırılabilmesidir. Astronomlar 1919 yılında, güneş tutulması olayında Güneşin yakınındaki parlak yıldızların üzerinde yapılan ölçümler ile onun bu öngörüsünü doğruladılar. Einstein modern fiziğin gelişmesine çok önemli katkılarda bulundu. Bunlar arasında ışık kuantumu kavramı ve 40 yıl sonra lazerin bulunmasına ön ayak olan uyarılmış ışınım yayılması düşüncesi de vardır (Serway, 1995). Günümüzde ise lazerler tıp alanında çeşitli uygulamalarda, sanayide, iletişimde, ölçme aletlerinde, hologramlarda, optik mikroskoplar ve tayfölçerlerde olmak üzere çok geniş bir alanda kullanılmaktadır (The University of Virginia, 2020).
Edwin Powell Hubble (1889-1953)	Hubble 20 Kasım 1889 yılında Marshfield' da doğdu. Amerikalı bir gökbilimci olan Hubble hukuk eğitimi almıştır. Ancak çocukluğundan beri astronomiye yoğun ilgisi olduğundan matematik ve astronomi alanında da öğrenim görmüş olup yaşamının geri kalanında Wilson Dağı Gözlemevinde çalışmıştır. Albert Einstein'ın genel görelilik teorisi hakkındaki makalenin yayınlanmasından sonra 1920 yılında Samanyolu Galaksimizin ötesinde sayısız galaksilerin olduğunu keşfederek bizim, evren ve evrendeki yerimiz hakkındaki anlayışımızda bir devrim yaratmıştır.

	Doppler Etkisinin bir sonucu olarak keşfedilen evrenin genişleme fikri kozmolojide önemli bir adım oldu. 14 milyar yıldır genişleyen ve gelişen, karanlık madde, karanlık enerji ve milyarlarca galaksi içeren inanılmaz derecede geniş bir evreni ortaya çıkaran gözlemsel kozmoloji alanını başlatan kişidir. Galaksilerin mesafe ve durgun hızları arasındaki ilişkiyi ortaya koyan ve Hubble yasası olarak bilinen yasaya ulaştı. Genişleyen evren modeli ile evren anlayışımızı sonsuza kadar değiştirmiş oldu. 28 Eylül 1953 yılında California’da hayatını kaybeden Hubble’ın anısını yaşatmak için onun adı Hubble Uzay Teleskobu’na verilmiştir. Hubble Uzay Teleskobu ile uzayı gözlemleyerek, evrenin fotoğraflarını çekerek, evren hakkındaki bilgilerimizi arttırmaya ve yeni keşifler yapmaya devam edilmektedir (University of St Andrews, 2020c).
--	---

Ek 2. Ölçme ve değerlendirme amaçlı kullanılabilecek sorular

1. Arduino Uno elektronik devre geliştirme kartı ile uyumlu olarak çalışan HC-SR04 Ultrasonik mesafe sensörü 40 kHz frekansında insan kulağının duyamayacağı ultrasonik ses dalgaları üretir. 2 ile 400 cm aralığındaki mesafeleri ölçebilir. Aşağıdaki görsel üzerinde yazı ile de ifade edildiği şekilde görüleceği üzere Trig pinden üretilen bu ses dalgaları bir engele çarparak geri döner ve Echo pin aktif hale geçer. Gönderilen ses dalgaları ve geri dönen ses dalgaları arasındaki süreyi ölçer ve kaydeder. Sesin hızı hava ortamında, deniz seviyesinde 20°C sıcaklıkta 34320 cm/s'dir. Sesin hızı ve ölçülen süre yardımıyla engelin konumu hesaplanabilmektedir.



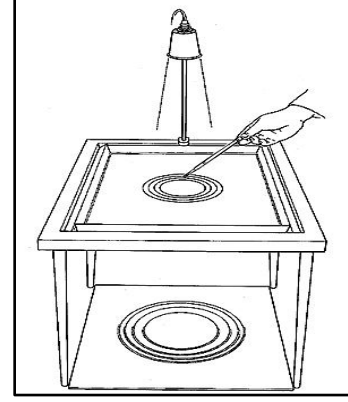
Şekil 7. HC-SR04 Ultrasonik mesafe sensörü

Bu sensörden yararlanarak hangi araçların tasarlanabileceğini ve günlük yaşamda kullanılabileceğiniz örneklerle hayatımızı nasıl kolaylaştırabileceğini, aşağıdaki boş bırakılan alanlara yazınız.

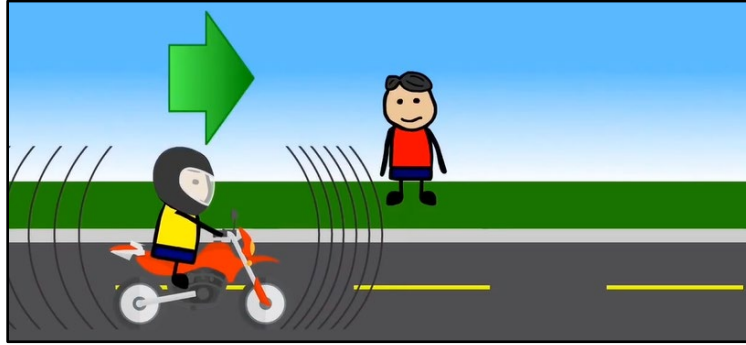
Tasarlanan araç	Hayatımızı nasıl kolaylaştırır?
1	
2	
3	

2. Dairesel dalgalar noktasal kaynaklar ile oluşurlar. Örneğin Şekil 8’de görüldüğü gibi dalga leğenindeki suya bir kalemin ucuyla dokunduğumuzda ya da bir taş bıraktığımızda dairesel dalga elde edebiliriz. Günlük yaşamımızda, bu duruma ilişkin çok sayıda örnek bulunmaktadır. Örneğin Şekil 9’da annesinin doğum gününde hediye olarak aldığı motosikleti, trafiğe kapalı bir alanda kullanan Tankut, ok yönünde hareket ederken dairesel dalgalar oluşmaktadır.

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.



Şekil 8. Dalga leğeni



Şekil 9. Tankut’un motosikleti ile hareketi

a) Tankut motosikletiyle uzaktan annesine doğru gelmektedir. Annesi, motosiklet kendisine yaklaşırken sesi daha ince mi yoksa daha kalın mı duyar? Günlük yaşamda bu duruma benzer bir deneyim yaşadınız mı? Anlatınız.

.....

.....

.....

b) Tankut’un annesinin, kendisine doğru yaklaşan motosikletin sesini daha ince ya da daha kalın duymasının sebebi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

3. Balıkçılık genellikle erkek mesleği olarak görülmektedir. Datça'da baba mesleği olan olta balıkçılığı ile geçimini sağlayan Songül, bu bakımdan çevresinden hayli ilgi görmekteydi. Babası balıkların gün doğumunda ve gün batımında, denizin dalgalı olduğu zamanlarda yemlenmeye çıktıklarını anlatırdı. Çoğu zaman da avlanmaya birlikte çıkarlardı. Kayalık yerlerde,



Şekil 10. Gırgır teknesi

burunlarda ve aniden derinleşen bölgelerde bol balık bulunduğunu da babasından öğrenmişti. O da babası gibi ince olta ve küçük iğne kullanmanın işin püf noktası olduğunu düşünüyordu. Son zamanlarda dip olta kullanarak avlandığı yer hakkında bilgi topluyor ve sonra avlanıyordu. Bu yöntemin epey işe yaradığını fark etti.

Songül işini biraz daha büyüterek babasının arkadaşı Hacı Ahmet amca emekli olmaya karar verince onun Gırgır teknesini satın aldı. Kırmızı renkli büyük bir tekne sahibi olma hayalini gerçekleştirmek onu çok mutlu etmişti. Artık olta ile değil ağ atarak balık avlayacaktı.

Songül aldığı teknenin tüm bakımlarını yaptı ve ağlarını onardı. Bu sırada aldığı teknede elektronik bir cihaz olduğunu fark etti. Bu cihazın ne olduğunu Hacı Ahmet amcaya sordu ve isminin Sonar olduğunu öğrendi. Eylül ayı ile birlikte balık sezonun açılmasını bekleyen Songül, teknesinde bulunan Sonar cihazının tam olarak ne işe yaradığını ve çalışma prensibini bilmiyordu. Songül'e bu konuda yardımcı olmak ister misiniz?



Şekil 11. Sonar cihazı

a) Sonar cihazı balıkçı teknelerinde ne işe yarar? Açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Sonar cihazının çalışma prensibi nasıldır? Açıklayınız.

.....

.....

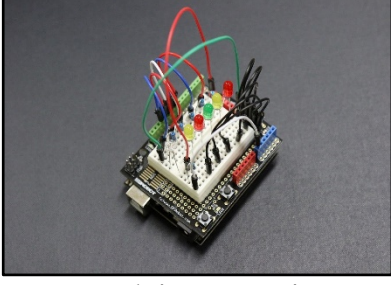
.....

4. Yarasalar mağaralarda yaşayan ve geceleri avlanan hayvanlardır.

Karanlık ortamda yaşadıklarından görme yetilerini kaybetmişlerdir. Peki, yarasalar avlarını nasıl buluyorlar ve görememelerine rağmen hiç bir yere çarpmadan nasıl uçabiliyorlar? Yarasalar uçarken bir ses dalgası yayarlar. Bu ses dalgası bir engele çarptığında geri döner. Bu sayede engellerin yerini kolayca algılayıp hiç bir yere çarpmadan uçabildikleri gibi avının yerini de tespit edebilmektedirler. Doğadaki canlıların bu gibi özellikleri, bilim insanları için de ilham kaynağı olmuştur. Sizler de aşağıdaki canlıların ilginç özelliklerini araştırınız.

Arılar	
Balıklar	
Böcekler (Ağustos böceği, çekirge, örümcek, sinek vb.)	
Fareler	
Köpekler	
Kuşlar	
Yılanlar	
Yunuslar	

5. Aşağıda bir teknoloji örneği olduğunu düşündüğünüz görselleri daire içine alınız (Lachapelle vd. tarafından yapılan 2019 yılında yapılan bir çalışmadan uyarlanmıştır).

		
Süpürge	Kara Hindiba	Diz Üstü Bilgisayar
		
Kartal	Volkan	Parmak Arası Terlik
		
Arduino Devresi	Yelpaze	Paten
		
Rüzgar Türbini	Cep Telefonu	Bisiklet

a) Teknoloji kavramını nasıl tanımlarsınız? Açıklayınız.

.....

.....

.....



EĞİTİMİ DERGİSİ

STEM $\equiv$ ED

STEM PD
Community of Practice

dergi.stempd.net