

## STEM Eğitiminde Geogebra Kullanımı: Atwood Makinesi Örneği (Using Geogebra in STEM Education: Atwood Machine Example)

Erhan ŞAHİN<sup>1,\*</sup> ve Vedat KABASAKAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yasemin Karakaya Bilim ve Sanat Merkezi, Ankara, ORCID No: 0000-0003-3683-3840

<sup>2</sup> Yasemin Karakaya Bilim ve Sanat Merkezi, Ankara, ORCID No: 0000-0001-6449-1070

(Cilt: 9, Sayı: 1, Haziran 2021, s. 127-147)

### Öz:

Bu çalışmanın amacı; Geogebra'nın bir Atwood makinesi modellenmesi örneği üzerinden STEM etkinliklerinde kullanılabilirliğine yönelik bir öneri sunmaktır. Bir dinamik matematik/geometri (DMY) yazılım aracı olan Geogebra öğrencilerin yaparak öğrenmesini ve keşfetme sürecini desteklemektedir. Alan yazında Geogebra'nın fen bilimleri eğitiminde ve STEM eğitiminde kullanımına yönelik sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Etkinlik içeriğinde Geogebra ile Atwood makinesi tasarımı komutlar ve görseller eşliğinde adım adım anlatılmıştır. Bu etkinlik sonucunda oluşturulan Atwood makinesi ile alınan verilerle Newton'un 2. hareket yasası doğrulanmaya çalışılmıştır. Geogebra'nın STEM eğitiminde kullanılabilirliğine yönelik etkinlik içerik bilgisi, uygulama basamakları ve özel alan kazanım tablosu çalışma da sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** FeTeMM eğitimi, geogebra, Atwood makinesi

### Abstract:

The aim of this study is to present a suggestion for the use of Geogebra in STEM activities through an Atwood machine modeling. Geogebra, which is a dynamic math/geometry (DMS) software tool, supports students learning by practicing and process of discovering. In the literature, there are limited number of studies on the use of Geogebra in science education and STEM education. In the content of the activity, the design of Atwood machine with Geogebra was explained step by step with commands and visuals. As a result of this activity, it was tried to verify Newton's 2nd law of motion with the data obtained by the Atwood machine. The activity content information, application steps and special field acquisition table for the usability of Geogebra in STEM education are also presented in the study.

**Keywords:** STEM education, geogebra, Atwood machine

\* Sorumlu Yazar: E-mail: [erhansahin38@gmail.com](mailto:erhansahin38@gmail.com)

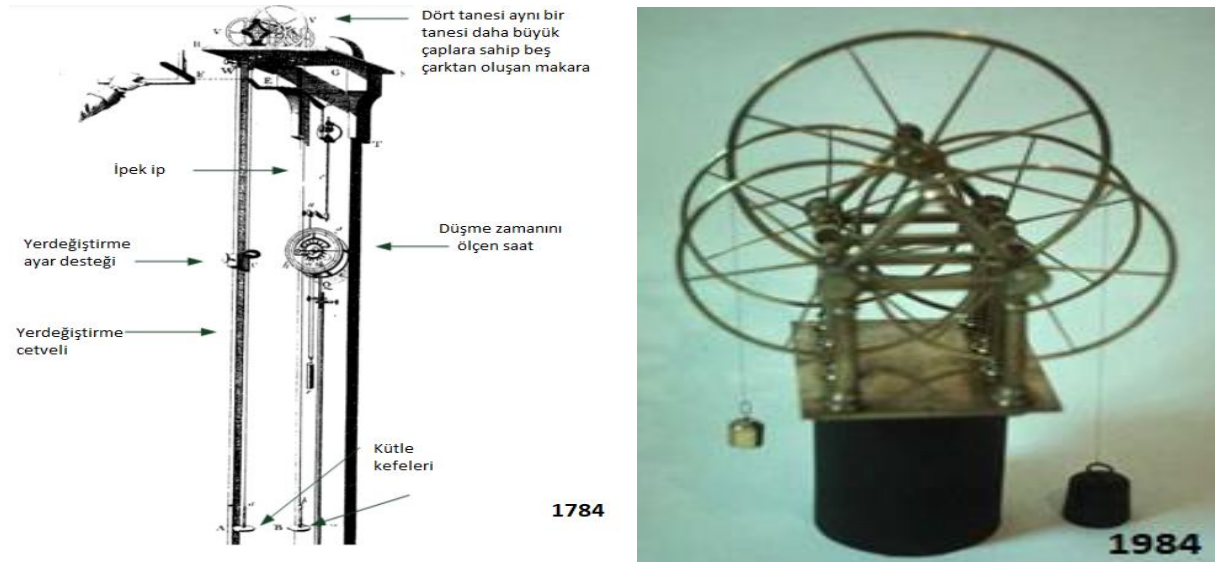
## Giriş

Yaşamın tüm alanlarını olumsuz bir şekilde etkileyen koronavirüs salgınının yaşandığı şu günlerde fiziki eğitim ortamına erişimde sorunlar yaşanmakta ve uzaktan eğitim ortamlarına, araçlarına, içeriklerine ve eğitim yazılımlarına olan ilgi ve ihtiyaçlar da artmaktadır. Bu süreçte bilgisayar yazılımları, simülasyonlar, animasyonlar, artırılmış gerçeklik uygulamaları STEM odaklı öğrenme ortamlarına eğitim süreçlerinde teknoloji entegrasyonunda kullanılabilecek önemli araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. STEM eğitim yaklaşımı fen, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi birden fazla konu alanını veya disiplini belirli bir amaç dâhilinde bir araya getiren, öğrencilerde bilime karşı bütüncül bir bakış açısı kazandıran ve öğrencilere çeşitli fırsatlar sunan bir eğitim yaklaşımıdır (Çorlu, 2014; Morrison, 2006; Wang, Moore, Roehring & Park, 2011). STEM eğitiminde teknoloji entegrasyonu kapsamında simülasyon kullanımının fen ve matematik kavramlarının somutlaştırılarak daha kolay öğrenilmesini sağladığı, öğrencilerin zaman, fiziki ortam ve materyal sorunu olmadan deney, tasarım ve modellemelerini rahat bir şekilde yapmalarına olanak tanıdığı anlaşılmaktadır (Aktamış & Arıcı, 2013; Buluş Kırıkkaya & Şentürk, 2018; Jannati vd., 2020; Lincoln, 2020; Şahin, 2018). STEM eğitiminde mühendislik eğitimi, günlük yaşam sorunlarına çözüm bulmak için fen, matematik ve teknoloji bilgilerini kullanmaktır (Gülhan & Şahin, 2016). Mühendislik ve tasarım sürecinde öğrenciler, bir probleme yönelik çözüm önerilerini araştırma ve sorgulama süreçleriyle birlikte ortaya koyar ve olası en iyi çözüm önerisine ulaşabilmek için oluşturduğu önerilerini test ederler. Bu süreç öğrencilerin mühendislik becerilerini geliştirirken, fen ve teknoloji ile ilgili kavramları da anlamlı ve kalıcı bir şekilde öğrenmesini sağlar. Ayrıca bu süreçte kariyer hedeflerine yönelik farkındalık olarak mühendislik mesleklerini de yakından tanımış olurlar (Katehi, Pearson & Feder, 2009; Marulcu & Sungur, 2012; Sarı, Alıcı & Şen, 2018).

STEM odaklı öğrenme ortamlarında teknoloji entegrasyonu yapmak üzere kullanılabilecek yazılımlardan biri de Geogebra'dır. Bir dinamik matematik/geometri (DMY) yazılım aracı olan Geogebra ile geometrik şekiller oluşturulabilir, geometrik inşa adımları oluşturularak bunlarla etkileşime girilip çeşitli ölçümler ve veriler alınabilir (Budinski, Lavicza & Fenyvesi, 2018; Öçal & Şimşek, 2017). Geogebra, Markus Hohenwarter tarafından geliştirilmiş olup (Hohenwarter, 2002; Hohenwarter, Hohenwarter & Lavicza, 2009) tüm araçlara ücretsiz olarak kurulabilmesi (<https://www.geogebra.org/?lang=tr>), farklı dil ve işletim sistemi seçeneklerinin olması (IOS, Android, Windows, Mac, Chromebook ve Linux) ve her ortamda rahatlıkla kullanılabilmesi kullanıcılara avantaj sağlamaktadır.

Geogebra yazılımında yer alan araçlar öğrencilerin yaparak öğrenmesini ve keşfetme sürecini desteklemektedir. Geogebra öğrencilerin geometrik nesnelere etkileşim kurmasına ve anlık değişimleri gözlemlemesine olanak sağlar (Ulusoy, 2019). Geogebra yazılımının bu avantajları STEM etkinlikleri çerçevesinde ele alınan sorunların çözümüne yönelik tasarım süreçlerini zenginleştirir. Ayrıca bu süreçte problemin çözümüne yönelik oluşturulan iddiaların matematiksel modellerinin görsel, dinamik ve etkileşimli bir şekilde incelenmesini sağlar (Budinski, 2017; Şahin & Kabasakal, 2018). Çalışma kapsamında ele alınan Atwood makinesi (düzeneği); 1784 yılında, George Atwood tarafından icat edilmiş olup farklı kütle değerlerine

sahip iki cismin, ağırlığı önemsiz ve esnek olmayan bir ip yardımıyla makaraya bağlı olduğu bir düzenektir (Resim 1).



**Resim 1.** Atwood makinesi modellemeleri (Yavuz, 2008; Greenslade, 1985)

Bilimsel bir çalışmanın ürünü olan Atwood makinesi, mekanik eğitimindeki birçok değişime ve gelişime tanık olmuştur. İcat edildiği dönemden bu zamana gerçekleşen değişim, mekanik eğitiminin doğasında meydana gelen paradigma değişimini gösterir. Bu durum, Atwood makinesi probleminin ve çözümünün de değişim sürecini beraberinde getirmiştir. Atwood makinesinin icadına yönelik iki farklı görüş ortaya atılmıştır. Kuhn (2018), Atwood makinesinin Newton'un ikinci hareket yasasını doğruladığını iddia etmiştir. Bazı kaynaklar Kuhn'un tersine, Atwood makinesinin Newton'un ikinci yasasını değil, Galileo'nun serbest düşme yasasının sonucunda icat edildiğini iddia etmektedir (Eyim & Uygur, 2016; Öztürk, 2012). Her iki görüşün üzerinde anlaşıldığı durum, klasik mekanik yasalarını ortaya koymak için kullanılan bu makinenin, sabit ivmeli hareket ile ilgili deneyler sırasında ortaya çıktığıdır. Fizik eğitimi ve klasik mekanik ile ilgili kaynakların Newton yasalarının öğretilmesindeki rolü çok önemlidir. Günümüzde Atwood makinesi ve problemleri klasik mekanik ilkelerini daha iyi anlamaya yarayan bir düzenektir (Yavuz & Özdemir, 2009).

Literatür tarandığında Geogebra'nın fen bilimlerine yönelik kavram ve düzeneklerin ele alındığı veya STEM eğitiminde tasarım süreçlerinde kullanıldığı az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır (Furner & Marinas, 2013; Klllogjeri & Klllogjeri, 2017; Suweken, 2020; Şahin & Kabasakal, 2018; Ulusoy, 2019; Walsh, 2017). Bu bağlamda çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında öğrencilerin Geogebra yazılımını kullanarak fiziksel ortam ve malzeme kısıtlaması olmadan oluşturacakları tasarımlarla, fiziksel bir yasayı doğrulayabilecekleri bir STEM etkinlik önerisi sunmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda; bir Atwood makinesi modellenmesi örneği üzerinden Geogebra'nın STEM eğitiminde kullanılabilirliğine yönelik bir etkinlik önerisi sunulmaktadır.

## **Metodoloji**

Bu çalışmada cisimlerin düşme hareketinin ayrıntılı ve anlaşılabilir bir şekilde incelenebileceği, dinamiğin temel prensibi ve eylemsizlik ilkesinin bağlam alındığı, fen eğitiminde mühendislik içeriği ve tasarım sürecini merkeze alan bütünleşik STEM eğitimi modeli esas alınmıştır. Fen bilimleri eğitimine yönelik kavramları, teknoloji ve mühendislik eğitiminin kavram ve uygulamaları ile istendik bir şekilde bütünleştiren mühendislik ve teknoloji tasarımına dayalı öğrenme yaklaşımı bütünleşik STEM eğitimi olarak tanımlamaktadır (Sanders, 2012). Bu yaklaşım fen ve mühendislik disiplinlerine ait içeriklerin bilim ve mühendislik uygulamaları yoluyla bilimsel sorgulama, mühendislik tasarım süreçleri işe koşularak kazandırılmasına dayanır (Bybee, 2011; Honey, Pearson & Schweingruber, 2014, s.33; Ring, 2017).

Çalışmada bağlam entegrasyonu esas alınmış (Moore & Smith, 2014) ve etkinlik mühendislik tasarım süreci çerçevesinde hazırlanmıştır (Daugherty, 2013). Bu kapsamda geliştirilen etkinlikte ele alınan fen bilimleri eğitimine yönelik kavramlar, mühendislik tasarım sürecinin ve teknoloji alanlarının entegrasyonu ile kalıcı ve anlaşılabilir olacaktır (Deveci, 2010; Ercan & Şahin, 2015; Özer & Canbazoglu Bilici, 2020). Alan yazında mühendislik tasarım süreçlerinin yapılandırıldığı farklı modeller incelendiğinde (Brunsell, 2012; Cunningham, 2009; Goeser, Coates, Johnson & McCarthy, 2009; Hynes vd., 2011; International Technology and Engineering Educators Association [ITEA], 2007; Katehi vd., 2009); National Research Council [NRC], 2012) sürecin döngüsel çeşitli basamaklardan oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmada mühendislik tasarım sürecine yönelik “*problemin veya ihtiyacın belirlenmesi*”, “*olası çözümler geliştirme*”, “*en iyi çözümün seçilmesi*”, “*prototipi yapılandırma*”, “*çözümleri test etme ve değerlendirme*” ve “*çözümü sunma*” basamakları esas alınmıştır (Hynes vd., 2011; NRC, 2012, s.49, 204).

Mühendisler problemlerin çözümüne yönelik tasarımlarını başarılı bir şekilde çözümlenebilmek için problemlerini çeşitli kriterler ve sınırlıklar bağlamında ele alırlar (Karslı Baydere, Hacıoğlu & Kocaman, 2019). Bu bağlamda problem durumuna yönelik çözümlerin oluşturulması ve tasarımı süreçlerinde, etkinliğin amacı doğrultusunda öğrencilerin yaratıcılığını sınırlamadan onlardan problemin çözümüne yönelik öneriler ve tasarım fikirleri alınmıştır. Sonrasında öğretmenin yarı yapılandırılmış yönlendirmesi ile kriterler ve sınırlılıklar bağlamında içerik daraltması yapılmıştır. Böylece öğrencilerin “Atwood makinesi” bağlamında oluşturdukları tasarımlar ve elde ettikleri veriler üzerinden değişkenleri belirleyebilmeleri ve test etmeleri sağlanmıştır. Geogebra'nın STEM eğitiminde kullanılabilirliğine yönelik Atwood makinesi, Geogebra yazılımı ile modellenerek farklı büyüklükler için hesaplamalar yapılmış ve Newton'un hareket yasaları doğrulanmıştır. Dolayısıyla problem durumuna yönelik çözüm önerileri de test edilmiştir.

## **Etik ile İlgili Hususlar**

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen

eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Çalışma teorik nitelikte olup içeriğinde bir düzenek kurulması adım adım tanıtılmıştır. Çalışmada öğrenciler üzerinde herhangi bir uygulama ve veri toplama söz konusu olmadığından etik kurul belgesi alınması gerekli değildir.

### **Bulgular**

Etkinliğin oluşturulmasına ve uygulanmasına yönelik içerik bilgisi, uygulama basamakları ve kazanım tablosu bu bölümde alt başlıklar halinde ele alınmıştır.

### ***Etkinlik Giriş Açıklaması***

Etkinlik süreleri öğretmen ve öğrencinin hazır bulunuşluk düzeylerinin yanı sıra, fiziki şartlar ve materyal yeterliliğine göre değişiklik gösterebilir. Ön bilgiler öğretmen tarafından önceden hazırlanmalıdır. Fen alanındaki yetenek gelişim süreci bilim insanı olma yolundaki süreçleri yansıtır. Bu sebeple öğretmenin rolü, öğrenme süreçlerinde bilgiyi doğrudan yapılandırılmış bir şekilde sunmak değil, öğrencilerin öğrenme süreçlerine rehberlik yapmaktır. Ayrıca etkinlik uygulama sürecinde sınıfta bireysel farklılıkları göz önünde bulundurarak öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarına yönelik çağdaş öğrenme ve öğretme yaklaşımları da uygulanmalıdır.

### ***Etkinlik Uygulama Basamakları***

#### ***Problemin veya ihtiyacın belirlenmesi***

Etkinliğe başlarken bir görsel ve buna dayalı bir problem durumu veya günlük yaşam temelinde bir olay ile etkinliğe giriş yapılır. Bu süreçte öğrenci günlük hayattan gerçek yaşam sorunlarına yönelik soru ve problem durumları ile ilgili düşünmeye ve sorgulamaya yönlendirilir. Soru ve problem durumuna yönelik giriş ve ilgi çekme aşamasında video, simülasyon, animasyon vb. içerikler kullanılabilir. Etkinliğe giriş için örnek bir senaryo aşağıda verilmiştir.



**Resim 2.** Örnek senaryo görseli

## Örnek Senaryo

Umut her yaz olduğu gibi bu yaz da yaylada yaşayan dedesinin yanına gitmek için gün sayıyordu. Sıcak yaz günlerinde serin ve temiz yayla havasını çok seviyordu. Beklenen gün gelmişti. Sabah erken yola çıkabilmek için Umut'un babası Ertuğrul Bey bütün hazırlıkları akşamdan yapmıştı. Ailece hep birlikte sabah erkenden yola çıktılar. Kız kardeşi Betül'de yaylayı ve dedesinin bahçesini çok seviyordu. Uzun ve yorucu bir yolculuktan sonra nihayet yaylaya ulaşmışlardı. İki kardeş babalarının arabayı park etmesiyle birlikte arabadan hemen inerek bahçe kapısını açıp dedelerinin yanına doğru koşmaya başladılar. Torunlarını karşılarında gören dede ve babaanne çok sevinmişti. Uzun bir hal hatır ve hasret giderme sürecinin ardından Ertuğrul Bey;

- "Baba çok yorgun görünüyorsun!" diyerek babasına seslendi.

Dursun dede;

- "Çatının kiremitlerinin birçoğu kırılmış bazıları da yıpranmış oğlum, her yağmur yağdığında çatı katına su doluyordu. Bu yüzden kiremitlerin değişmesi gerekiyordu. Ben de bugün biraz çatıda kırılan ve eskiyen kiremitlerden aşağıya indirdim ama iş bitmedi. Yarın da kalanların indirilip yeni kiremitlerin ve inşaat malzemelerinin çatıya çıkarılması gerekiyor. Bu yüzden çok yoruldum. Yaşlılık işte..." dedi.

Ertuğrul Bey;

- "Dert etme baba yarın kalanları da biz hallederiz" dedi.

Konuşmaları dinleyen Umut dedesine ve babasına kendisinin de yardım edebileceğini söyledi.

Dedesi;

- "Sen yapamazsın oğlum, sen büyüyünce bize yardım edersin" dedi.

Dedesinin bu sözü Umut'un canını sıktı ve bu duruma da çok üzüldü. O gün boyunca yatağında bile dedesine ve babasına nasıl yardım edebileceğini düşünüp durdu. Ertesi gün sabah uyandığında aklındaki bazı fikirlerin olgunlaşması için evin çevresinde gözlem yaptı. Ağırlıkları büyük o malzemeleri çatıya nasıl çıkaracak ve oradan malzemeleri nasıl güvenle aşağıya indirebilecekti?

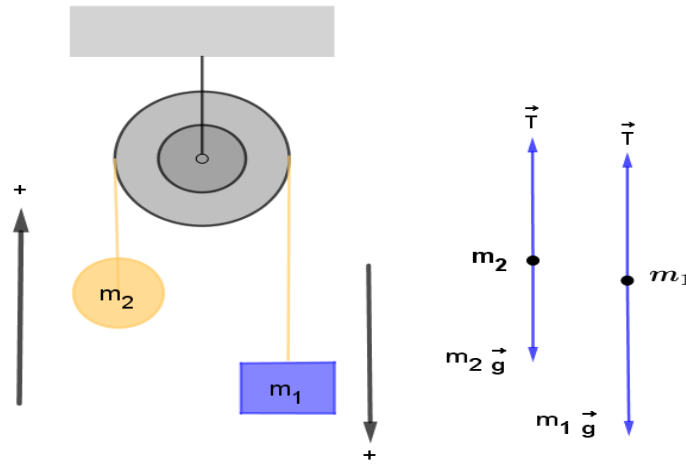
Bu bilgiler ışığında öğrencilere şu sorular sorularak araştırma ve sorgulama sürecine yönlendirilir:

- Siz Umut'un yerinde olsaydınız probleme nasıl bir çözüm önerisi sunardınız?
- Tasarlayacağınız düzeneğin özellikleri ve yapısı hakkında bilgi verir misiniz?
- Çevrenizde veya araştırma sürecinde karşılaştığınız mevcut düzenek ve uygulamaların çalışma prensipleri hakkında bilgi verebilir misiniz? Sizin tasarımınızla benzer ve farklı yönlerini açıklar mısınız?
- Bu problem durumu kapsamında cisimlerin düşme hareketini ayrıntılı ve anlaşılabilir bir şekilde inceleyebileceğimiz, dinamiğin temel prensibini ve eylemsizlik ilkesini inceleyip doğrulayabileceğimiz bir düzenek tasarlayabilir misiniz?
- Literatür tarama sürecinde elde ettiğiniz mevcut yasaların genel matematiksel ifadelerinden hareketle oluşturacağınız hipotezlerinizi geliştireceğiniz tasarımlarınız üzerinden doğrular mısınız?

Öğrenciler bu sorulan sorulardan hareketle farklı kaynaklardan literatür taraması yapmaları için yönlendirilir. Literatür tarama yöntem ve ortamları hakkında gerekli bilgilendirmeler öğretmen tarafından yapılır. Bu aşamaya kadar öğrencilerden yaratıcı düşünme becerilerini işe koşarak problemin çözümüne yönelik tasarım fikirlerini paylaşmaları istenir. Sonra, öğretmenin çalışmanın amacına uygun vereceği özel alan bilgisi ile içerik ve kapsam daraltması (Atwood makinesi ve Newton hareket yasaları) yapılarak kriterler ve sınırlılıklar belirlenmiş olacaktır.

### Özel Alan Bilgisi

“Bu düzenekte kütleleri birbirinden farklı iki cisim, esnek olmayan ve ağırlığı önemsenmeyen bir iple birbirine bağlıdır. İp, ideal (ağırlığı ve sürtünmesi önemsenmeyen) bir makara üzerinden geçmektedir (Resim 3).



**Resim 3.** Atwood makinesi ve serbest cisim diyagramları

Düzenek Resim 3'te gösterildiği gibi bir makaradan geçen ip ile birbirine bağlanmış ve düşey doğrultuda hareket eden iki kütle ( $m_1$  ve  $m_2$ ) oluşmaktadır.  $m_1$  ve  $m_2$  kütlelerinin ivmesini bulabilmek için bu cisimlerin ve makaranın serbest cisim diyagramları çizilir ( $m_1$  kütlelerinin  $m_2$  kütlelerinden büyük olduğu varsayılmıştır). Daha sonra Newton'un ikinci yasasına göre işlem yapılır.

Sistemi oluşturan parçaların hareket denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\sum \vec{F}_{net} = m\vec{a} \quad (1)$$

( $\sum \vec{F}_{net}$  : Cisme uygulanan kuvvet toplamı,  $m$ : cismin kütlesi,  $\vec{a}$  : cismin ivmesi)

$$\vec{F}_{1net} = m_1\vec{a}$$

$$\vec{F}_{1net} = m_1\vec{g} - \vec{T} = m_1\vec{a}$$

$$\vec{T} = m_1(\vec{g} - \vec{a}) \quad (4)$$

$$\vec{F}_{2net} = \vec{T} - m_2\vec{g} = m_2\vec{a}$$

$$\vec{T} = m_2(\vec{g} + \vec{a}) \quad (6)$$

$\vec{T}$  ve  $\vec{a}$  (ip gerilmesi ve ivme büyüklükleri) iki cisim için de aynı olmalıdır. Çünkü ip gerilmesi ipin her noktasında aynı büyüklükte ve aynı ip üzerinde hareket etmektedir. İp gerilmeleri birbirine eşitlenebilir ((4) ve (6) numaralı denklemler);

$$m_1g - m_1a = m_2g + m_2a$$

$$m_1g - m_2g = m_1a + m_2a$$

$$(m_1 - m_2)g = (m_1 + m_2)a$$

$$a = g \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)}$$

Böylece Newton'un ikinci yasasının uygulandığı problemin çözülmesiyle elde edilecek sonuçla ivme denklemi;

$$a = g \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} \quad \text{olarak bulunacaktır.}$$

### ***Olası çözümler geliştirme***

Yaratıcılığın en üst seviyede kullanılmasının gerektiği bu aşamada kaynak tarama sürecinden sonra öğrenciler hipotezlerini oluştururlar. Sonrasında hipotezlerini sınamak için iddia ettikleri modellerin tasarımlarına yönelik beyin fırtınası ve çizim süreci ile birlikte olası çözüm yollarını ortaya koyarlar.

### ***En iyi çözümün seçilmesi***

Belirlenen kriterler ve sınırlılıklar kapsamında olası çözüm yollarının analiz edildiği basamaktır. Olası çözüm yollarının, ortaya konulan tasarım, kriter ve sınırlılıklar ile uyumlu olup olmadığı, bu modeli neden seçtikleri öğrencilere sorulur.

### ***Prototipi yapılandırma***

Hipotezlerini test etmek için iddia ettikleri modellerin taslak çizimleri yapılmıştır. Bu aşamada taslakların bilgisayar veya tablet ortamında inşa süreci gerçekleştirilecektir. Araştırmanın derinleştirebilmesi için alan öğretmeni tarafından Geogebra programının kurulumu ve ara yüzü hakkında temel bilgiler verilmelidir. Daha sonra Geogebra yazılımının öğretime ve kullanımına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Sonrasında Geogebra ile Atwood makinesi örneği modellenerek farklı büyüklükler için hesaplamalar yapılır.

Uygulayıcıya rehberlik etmesi ve örnek olması açısından Geogebra tasarım süreçleri Tablo 1'de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

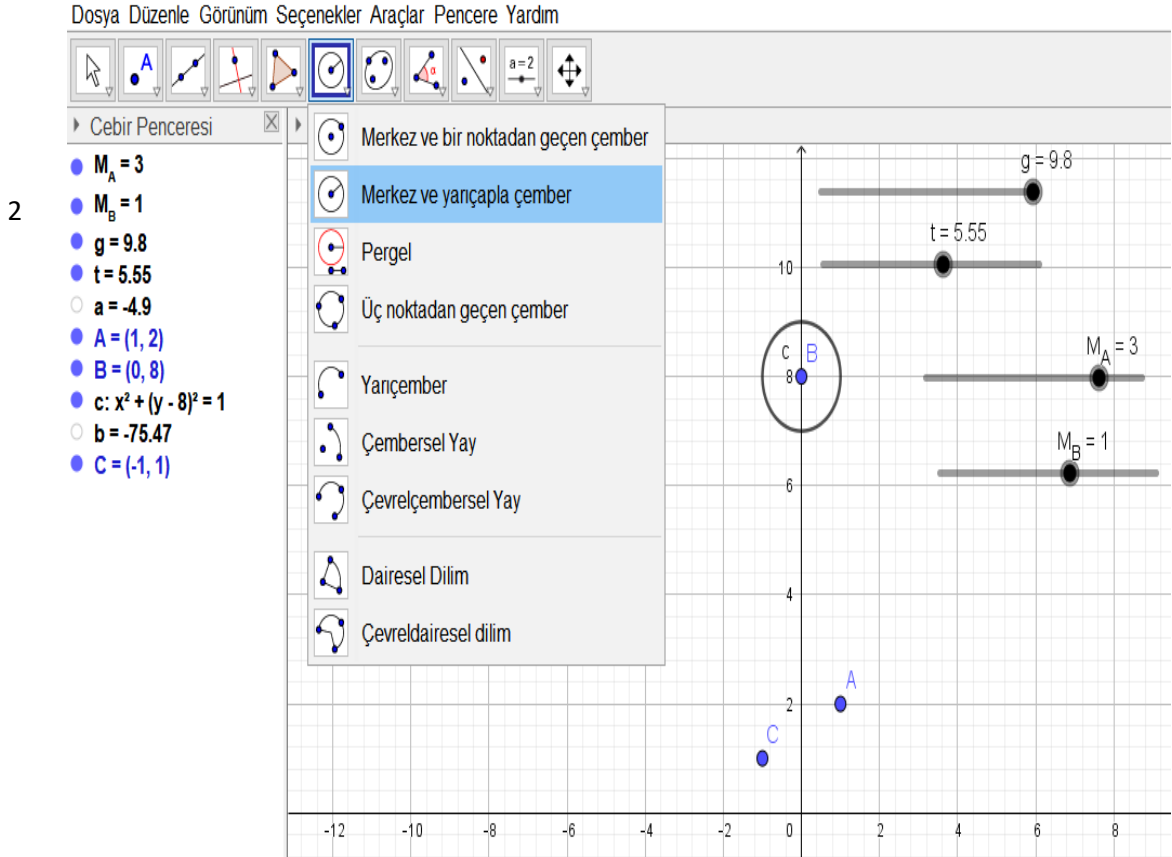


**Tablo 1.** Geogebra uygulama talimatları ve çizim görünümleri

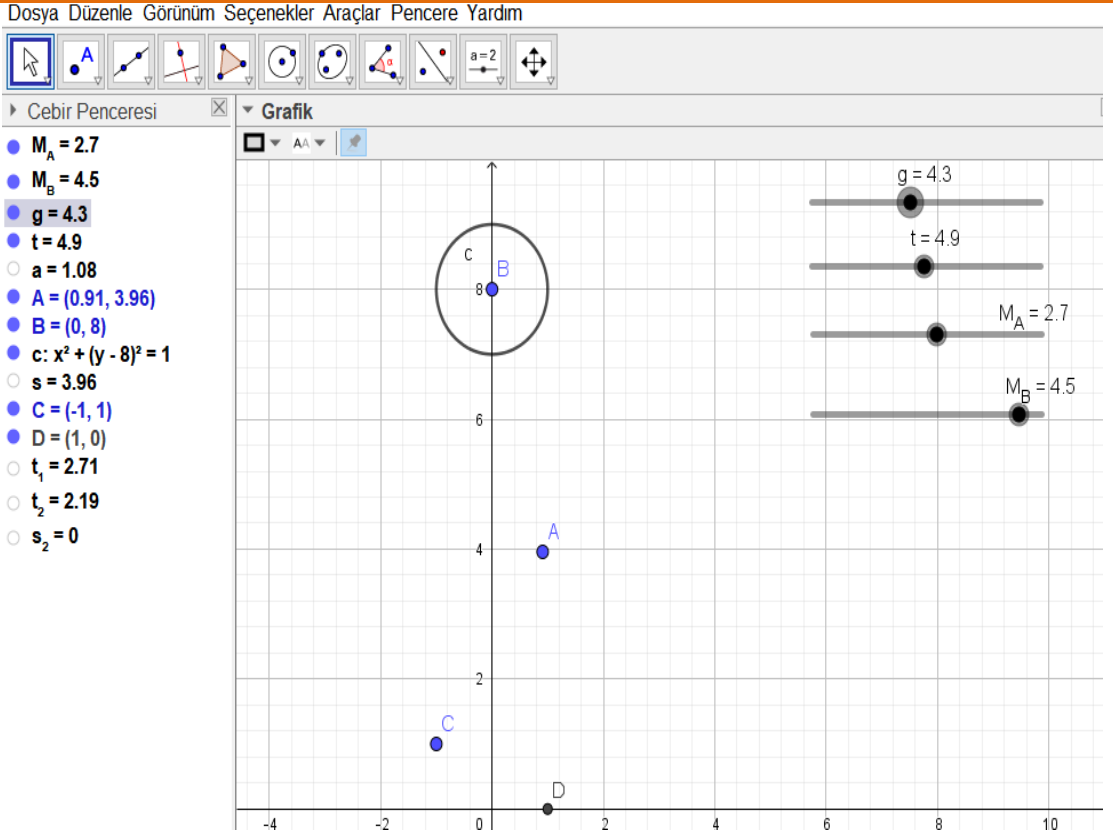
**No** **Uygulama Talimatları ve Çizim Görünümleri**

1 Geogebra kurulu bir bilgisayardan Geogebra programı açılır. “Perspektifler” penceresinden “Cebir & Grafik” kısmına girilir.

- Sürgü Ekle sekmesinden
- $M_A$  sürgüsü min=-5 max=5 Artış=1 (A nesnesinin kütlesi)
- $M_B$  sürgüsü min=-5 max=5 Artış=1 (B nesnesinin kütlesi)
- g sürgüsü min=0 max=10 Artış=0.1 (g yerçekimi(kütle çekim) ivmesi)
- t sürgüsü min=0 max=10 Artış=0.01 (zaman)
- Giriş sekmesinde  $(g (M_B - M_A)) / (M_B + M_A)$  yazılarak a sürgüsü oluşturulur.
- Giriş sekmesinde (1,2), (0,8) ve (-1,1) yazılarak A, B ve C noktaları oluşturulur.
- Merkez ve yarıçapla çember oluştur sekmesinden merkezi B (0,8) ve yarıçapı 1 olan çember oluşturulur.

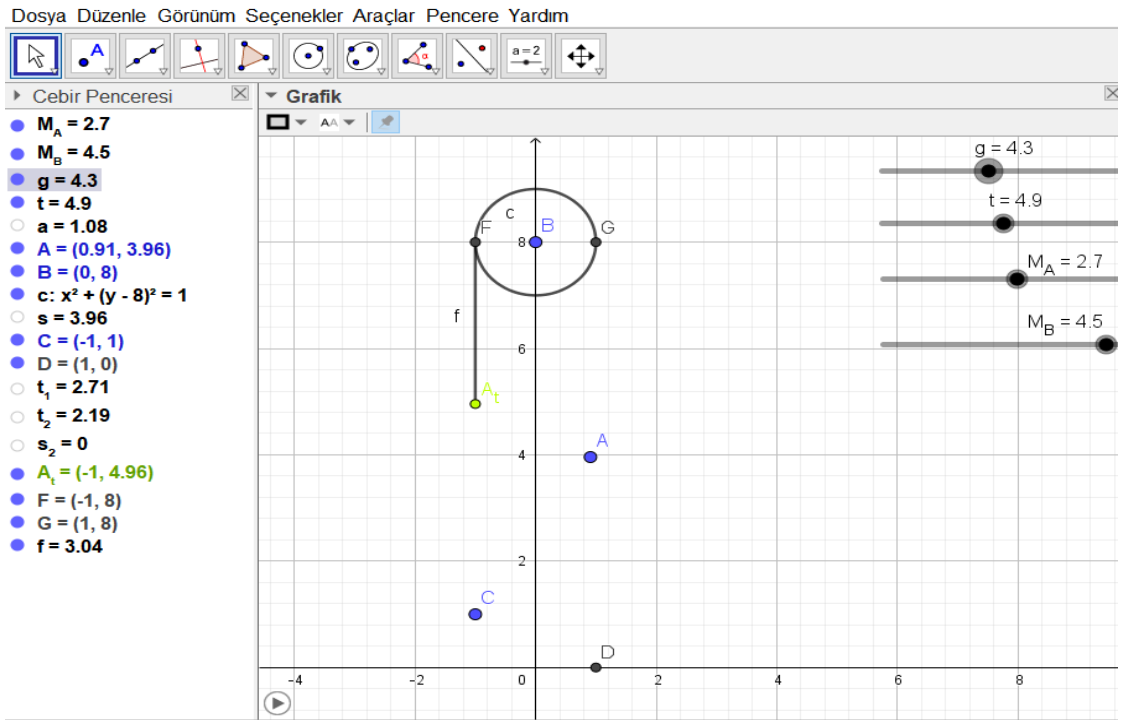


- 3
- Giriş sekmesinde EnKüçük( $0.5a t^2, y(A)$ ) yazılarak s sürgüsü oluşturulur.
  - Giriş sekmesinde  $(1, y(A) - s)$  yazılarak D noktası s sürgüsüne ve A noktasına bağlı oluşturulur.
  - Giriş sekmesinde EnKüçük( $t, (2y(A) / a)^{0.5}$ ) yazılarak sürgü oluşturulur  $t_1$  olarak adlandırılır.
  - Giriş sekmesinde EnBüyük( $t - t_1, 0$ ) yazılarak  $t_2$  sürgüsü oluşturulur.

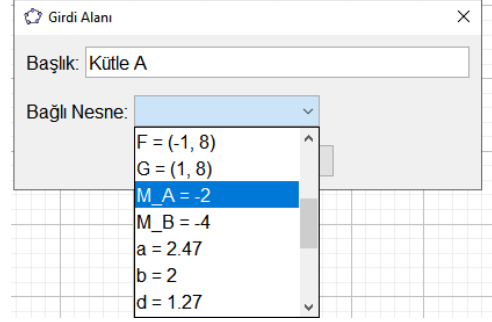


- Giriş sekmesinde  $EnBüyük(a t_1 t_2 - 0.5g t_2^2, 0)$  yazılarak  $s_2$  sürgüsü oluşturulur.
- Giriş sekmesinde  $(-1, y(C) + s + s_2)$  yazılarak  $A_t$  noktası oluşturulur.
- Giriş sekmesinde  $(-1, y(B))$  ve  $(1, y(B))$  yazılarak çember üzerinde F ve G noktaları oluşturulur.

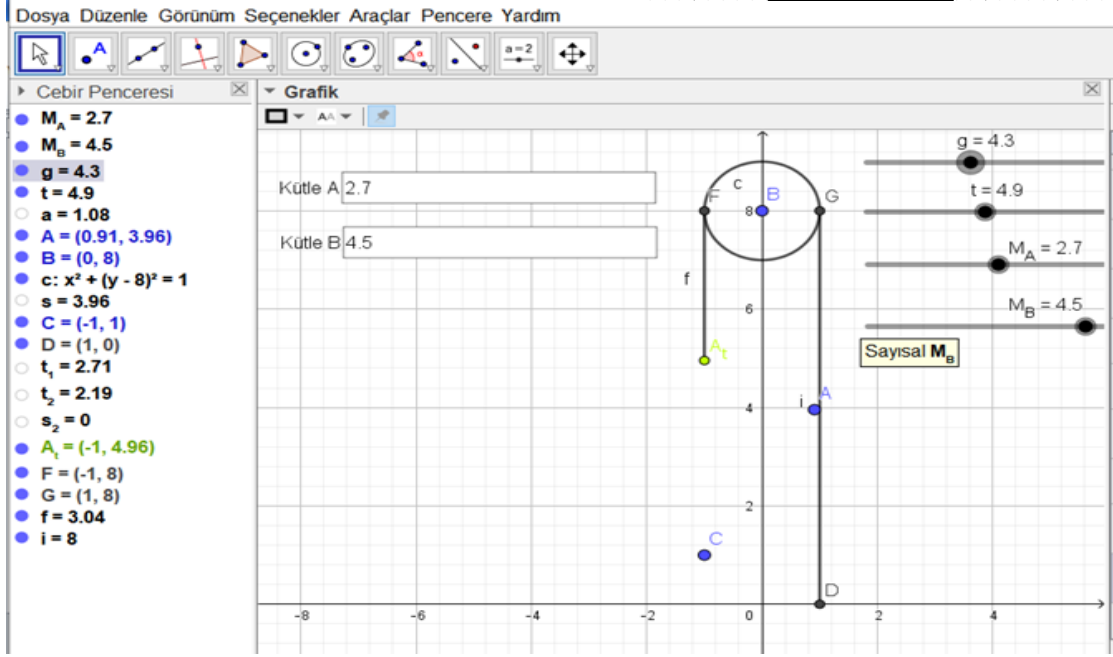
4



- Giriş sekmesinde DoğruParçası(F, A\_t) yazılarak h doğrusu oluşturulur.
- Giriş sekmesinde DoğruParçası(G, D) yazılarak i doğrusu oluşturulur.
- Giriş sekmesinde Kütle A girdisi Bağlı Nesne M\_A seçilir.
- Giriş sekmesinde Kütle B girdisi Bağlı Nesne M\_B seçilir.

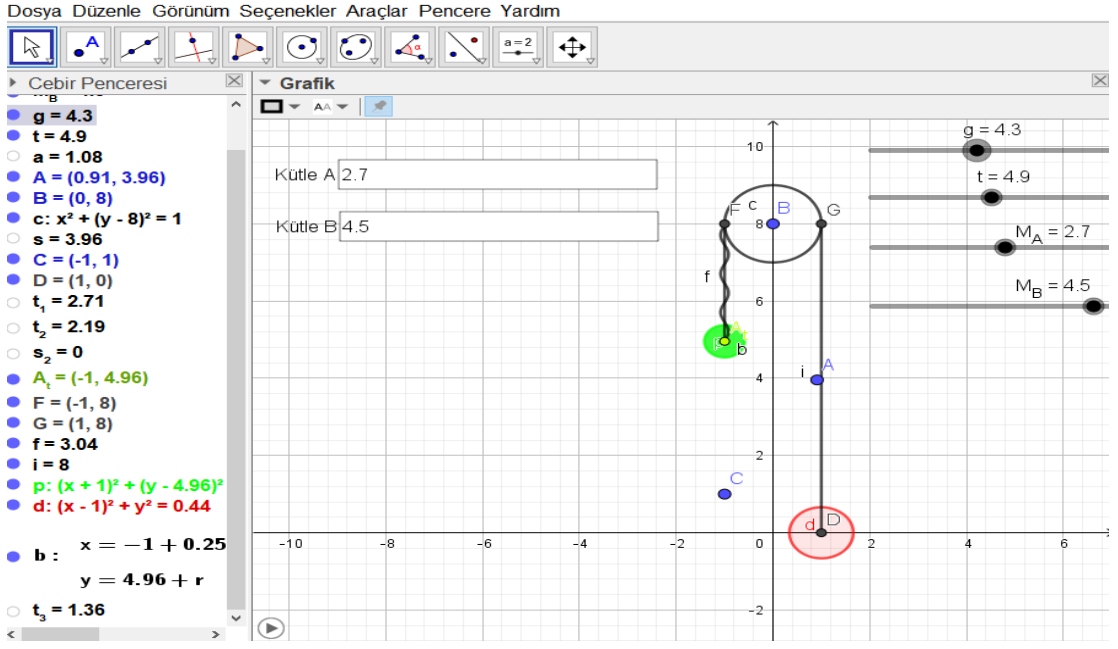


5

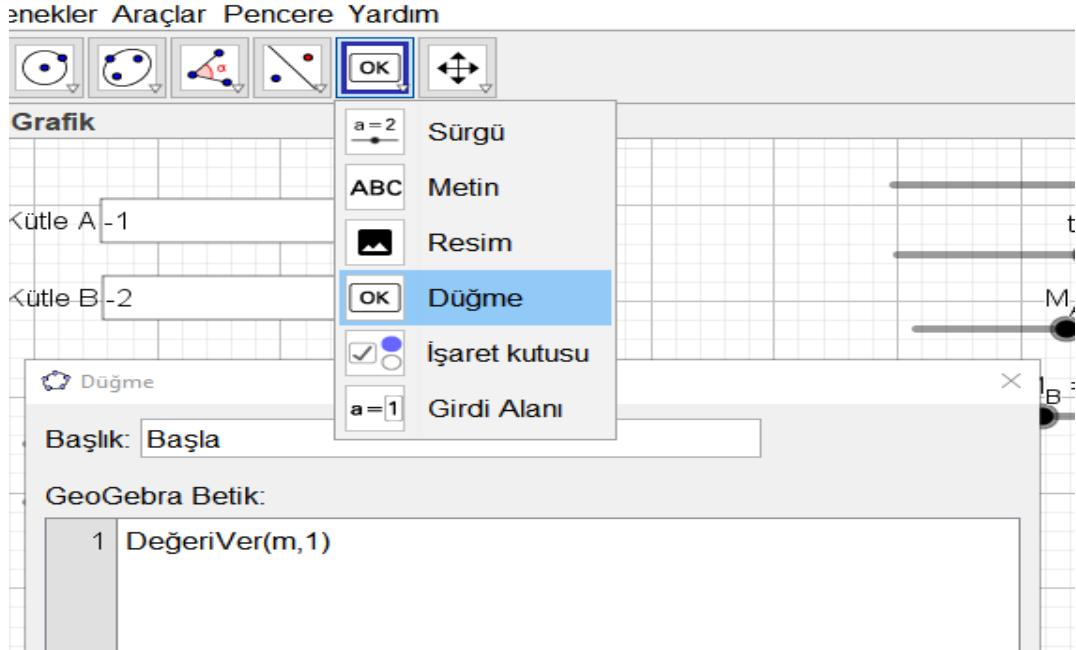


6

- Giriş sekmesinde Çember(E,  $0.3(M_A^{1/3})$ ) yazılarak  $A_t$  merkezli  $M_A$  kütesine bağlı çember oluşur.
- Giriş sekmesinde Çember(D,  $0.4(M_B^{1/3})$ ) yazılarak D merkezli  $M_B$  kütesine bağlı çember oluşur.
- Giriş sekmesinde Eğri  $(-1 + 0.25\sin(2\pi r) / (y(F) - y(A_t)), y(A_t) + r, 0, y(F) - y(A_t))$  yazılarak F  $A_t$  doğru parçası yay görünümüne getirilir.
- Giriş sekmesinde  $2(a t_1) / g$  yazılırsa  $t_3$  sürgüsü oluşur.

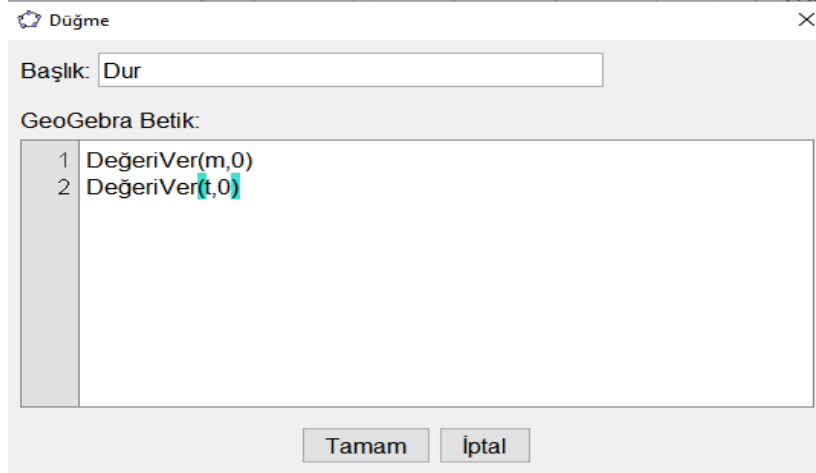


- Sürgü Ekle sekmesinden m sürgüsü min=-5 max=5 Artış=0.1 seçilir.
- Düğme Ekle sekmesinden Başla Düğmesi Betikleme DeğeriVer(m,1) belirlenir.



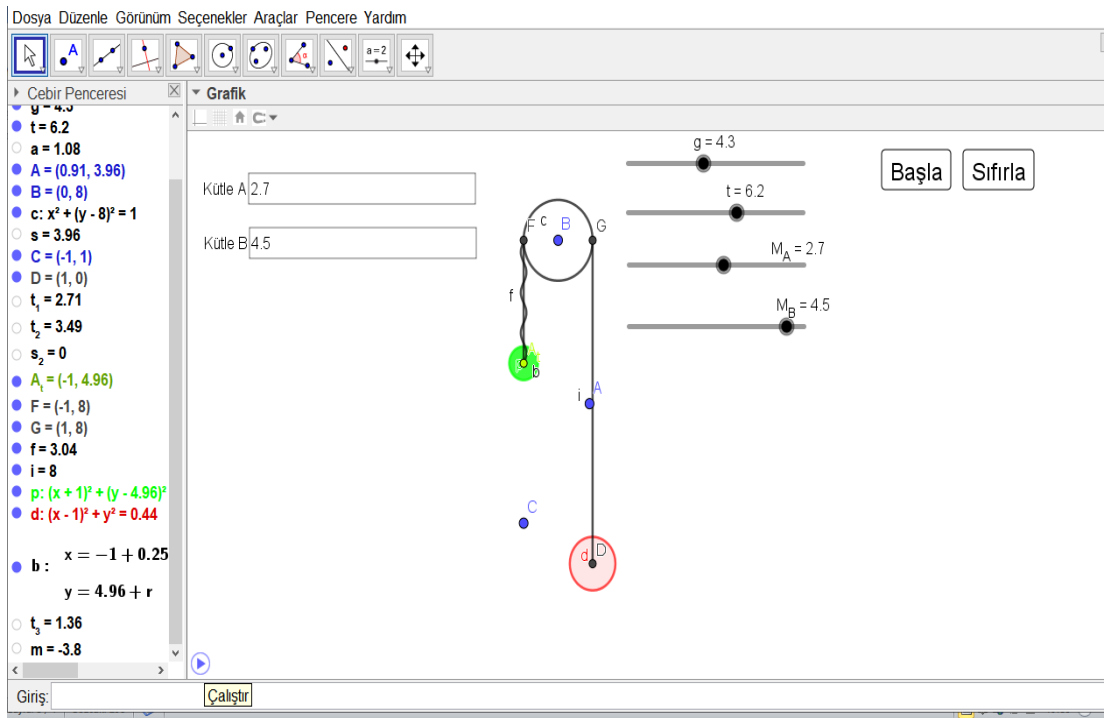
7

- Düğme Ekle sekmesinden Sıfırla Düğmesi Betikleme
  1. DeğeriVer(m,0) belirlenir.
  2. DeğeriVer(t,0) belirlenir.



- t sürgüsü canlandırılır, eksenler ve ızgara görünmez hale getirilir. Kütleler yerçekimi, ivmesi değiştirilerek incelenir.

8



Öğrenciler kaynak tarama sürecinde edindikleri özel alan bilgileri ışığında modellemelerini Geogebra yazılımının kolay ara yüzü sayesinde oluştururlar. Öğrenciler kendi oluşturdukları tasarımlar üzerinden değişkenlerini belirler ve verilerini kaydederler. Elde edilen verilerden yola çıkarak matematik öğretmeni rehberliğinde matematiksel modeller oluşturulur.

### ***Çözümleri test etme ve değerlendirme***

Çözümleri test etme ve değerlendirme basamağında prototip, kriterler ve sınırlılıklar bağlamında test edilerek veriler alınır. Bu süreçte öğrencilere çözümlerini nasıl test edecekleri ve değerlendirebileceklerine yönelik gerekli rehberlik öğretmen tarafından sağlanmalıdır.

Öğrencilerin bu aşamada gözlemleri ve verileri kaydetmeleri, test sonuçlarını gözden geçirmeleri ve tartışmaları sağlanmalıdır.

Prototipi yapılandırma ve çözümünü test etme ve değerlendirme aşamalarında öğrenciler modellerini Geogebra yazılımı ile yapılandırarak prototiplerini oluşturur ve çözümlerini test ederler. Öğrenciler farklı kaynaklardan ulaştıkları bilgileri kullanarak, grup tartışmaları ile problemin çözümünde ulaştıkları kavram ve bilgileri açıklar ve değerlendirir. Bu bilgi ve deneyimler sonrasında yeni kavramlara ulaşmaları beklenir. Öğrenciler öğrendikleri yeni kavramları, farklı durumlara uygulayarak genellemelere ulaşabilir ve somut örnekler oluşturabilirler.

Öğrencilerin öğrendikleri bilgileri teknoloji, mühendislik ve diğer disiplinlerle günlük ilişkilendirmeleri istenir. Oluşturdukları tasarımların ortaya çıkmasında hangi mühendislik dallarının ön plana çıktığına yönelik tartışmalar yapılır. Probleme yönelik çözüm üretme ve model oluşturma süreçlerinde hangi bilim dallarından yararlanıldığına yönelik çıkarımlar yapmaları sağlanır.

### ***Çözümü sunma***

Oluşturulan modeller eğitim ortamında ve internet ortamında sunulur. Etkinlik, öğrenme süreci, içerik ve ürün başlıklarında üç farklı açıdan değerlendirilir. Bu aşamada, öğrencilerin bu süreçte neler öğrendikleri;

- *“Problemin çözümünde hangi bilgi ve kavramlara ulaştın? Bu kavramları hangi alanlarla ilişkilendirebilirsin?”*
- *“Bu bilgileri ve kavramları hangi aşamada nasıl kullandın?”*
- *“Yeniden bu modeli oluşturacak olursan nasıl değişiklikler yapardın? Neden?”*

sorularının yer aldığı yazılı veya sözlü geri bildirim formları ile değerlendirilir. Değerlendirme süreçlerinde ürün değerlendirme rubrikleri, akran değerlendirme ve öz değerlendirme formları kullanılabilir. Ayrıca bu süreçte web 2.0 araçlarından (Quizizz, Kahoot, vb.) da yararlanarak değerlendirme süreçleri zenginleştirilebilir.

### ***Alan entegrasyonu ve kazanımları***

STEM eğitiminin öğrencilere kazandırmayı hedeflediği bilişsel kazanımların yanında özel alan kazanımları da bu eğitim yaklaşımının avantajlarından birisidir (Savran Gencer, Doğan, Bilen & Can, 2019). STEM entegrasyon süreci ile öğrenciler alanlara yönelik de bilgi ve beceri kazanırlar (Wang, 2012; Yıldırım & Altun, 2015). Bu etkinlikle hedeflenen kazanımlar alan bazında Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Alanlara göre öğrenci kazanımları (MEB, 2020)

Alan	Matematik
Konu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Çember ve Daire</li><li>• Çemberin Analitik İncelenmesi</li></ul>
Kazanımlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Birim çemberi tanımlar ve trigonometrik oranları birim çemberin üzerindeki noktanın koordinatlarıyla ilişkilendirir.</li><li>• Çemberde teğetin özelliklerini göstererek işlemler yapar.</li><li>• Merkezi ve yarıçapı verilen çemberin denklemini oluşturur.</li></ul>
Alan	Fen Bilimleri (Fizik)
Konu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fiziğin Doğası</li><li>• Newton'un Hareket Yasaları</li><li>• İvme</li></ul>
Kazanımlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fiziği diğer disiplinlerle ve teknoloji ile ilişkilendirir.</li><li>• Bilimsel bilginin ortaya çıkışında ve gelişiminde gözlem, deney, matematik ve rasyonel düşüncenin rolünün farkında olur.</li><li>• Fizik olaylarını açıklarken gerektiğinde matematik ve modellemelerin kullanılmasının gerekliliğini fark eder.</li><li>• Kuvvet, ivme ve kütle arasındaki ilişkiyi keşfeder.</li><li>• Öğrencilerin Galileo'nun eğik düzlem deneyini inceleyerek bağımlı, bağımsız ve kontrol değişkenlerini tartışmaları sağlanır.</li><li>• Öğrencilerin deney yaparak net kuvvet, ivme ve kütle arasındaki matematiksel modeli çıkarabilmeleri için ortam hazırlanır.</li><li>• Günlük yaşamdaki olayları Newton'un hareket yasalarını kullanarak yorumlar.</li></ul>
Alan	Teknoloji ve Tasarım
Konu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tasarım Süreci ve Tanıtım</li></ul>
Kazanımlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Günlük yaşamda kullanılan bir ürünü mekanik tasarım özelliklerini dikkate alarak yeniden tasarlar.</li><li>• Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.</li></ul>
Alan	Bilişim Teknolojileri (Bilgisayar Bilimi)
Konu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Problem Çözme ve Algoritmalar</li></ul>
Kazanımlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Problem çözme sürecindeki temel kavramları açıklar.</li><li>• Verilen problemin çözümünde sabitleri ve değişkenleri kullanır.</li><li>• Verilen problem için uygun teknikleri kullanarak çözümü planlar.</li></ul>
Alan	Mühendislik Tasarım Becerileri
Kazanımlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mühendislik tasarım döngüsünü kullanır.</li><li>• Çözüm önerilerini modeller.</li><li>• Günlük yaşam problemine çözüm üretmek için bir prototip geliştirir.</li><li>• Geliştirdiği prototipi test eder.</li></ul>
Alan	21. Yüzyıl Becerileri
Kazanımlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Akranları ile iş birliği içerisinde çalışmalarını gerçekleştirir.</li><li>• Problemin çözümüne yönelik fikirlerini paylaşır.</li><li>• Yeni ürünler tasarlar.</li></ul>
Alan	Bilimsel Süreç Becerileri
Kazanımlar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bilimsel Süreç Becerileri</li><li>• Gözlem</li><li>• Verileri Kullanma ve Model Oluşturma</li><li>• Karar Verme</li><li>• Tahmin Etme</li><li>• Yorumlama</li><li>• Deney Yapma</li></ul>

Ayrıca öğretmen yeterliği, öğrencinin bireysel farklılıkları ve hazır bulunuşluk seviyeleri, öğrenme ortamının mevcut durumu gibi faktörler göz önünde bulundurularak farklı öğrenme model ve yaklaşımları da bu içeriklere uyarlanabilir.

Bu etkinlik sonucunda Geogebra ile bir Atwood makinesi tasarlayarak Newton'un ikinci hareket yasası test edilmiştir. Atwood makinesi, kütle, ivme ve net kuvvetler arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılmıştır. İki ağırlık arasındaki kütlelerin dağılımı bağımsız değişken ve zaman, deneylerde bağımlı değişken olacaktır. Gözlemlenen nesnenin ivmesinin, nesneye etki eden net kuvvetle doğru orantılı ve nesnenin toplam kütlesi ile ters orantılı olacağı varsayılmaktadır. Geogebra ile tasarlanan Atwood makinesinden alınan veriler Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Geogebra ile oluşturulan Atwood düzeneğinden toplam kütle sabit olma durumuna yönelik veri tablosu

	Artan $m_1$	Azalan $m_2$	Toplam Kütle $M_{toplam}$ $(m_1 + m_2)$	Net Kuvvet $F_{net}$ $(m_1 - m_2)g$	Teorik $a_{teo}$ $F_{net} / M_{toplam}$
1	24.5	21.5	46.0	0.029	0.63
2	26.5	19.5		0.068	1.47
3	28.5	17.5		0.108	2.34
4	30.5	15.5		0.144	3.13
	[g]	[g]		[g]	[N]

Tablo 3'te Geogebra ile oluşturulan Atwood düzeneğinden toplam kütle sabit olma durumuna yönelik veri tablosu incelendiğinde; aynı kütle farkıyla  $m_1$  kütlesi artırılırken,  $m_2$  kütlesi de azalmıştır. Böylece toplam kütle değeri sabit tutulmuştur. Bu durumda net kuvvet ve ivme değerlerine bakıldığında, net kuvvet artarken ivme değerinin de arttığı görülmektedir.

**Tablo 4.** Geogebra ile oluşturulan Atwood düzeneğinden net kuvvetin sabit olma durumuna yönelik veri tablosu

	Artan $m_1$	Artan $m_2$	Toplam Kütle $M_{toplam}$ $(m_1 + m_2)$	Net Kuvvet $F_{net}$ $(m_1 - m_2)g$	Teorik $a_{teo}$ $F_{net} / M_{toplam}$
5	14.5	10.0	24.5	0.043	1.75
6	16.5	12.0	28.5		1.50
7	17.5	13.0	30.5		1.40
8	27.5	23.0	50.5		0.85
	[g]	[g]	[g]		[N]



Tablo 4'te Geogebra ile oluşturulan Atwood düzeneğinden net kuvvetin sabit olma durumuna yönelik veri tablosu incelendiğinde;  $m_1$  ve  $m_2$  kütleleri aynı kütle farkıyla artırıldıkça toplam kütle değeri artarken net kuvvet sabit olmuştur. Bu durumda toplam kuvvet değeri ve ivme değerlerine bakıldığında, toplam kütle değeri artarken, ivme değerinin azaldığı görülmektedir.

Geogebra modellemesinden alınan veriler ve gözlemler analiz edildiğinde şu sonuçlara ulaşılabilir:  $m_1 = m_2$  olduğu zaman, kütleler ne olursa olsun, düzenek denge durumundadır. Kütle her iki tarafta aynı kütle farkıyla artırıldıkça, ağır olan tarafın yere değmesinin daha uzun sürdüğü ve ivmenin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, ağırlıklar arasında farkın artmasının süreyi önemli ölçüde kısalttığı görülmektedir. Sonuçta gözlemlenen cismin ivmesinin cisme etki eden net kuvvetle doğru orantılı ve nesnenin toplam kütlesi ile ters orantılı olduğu sonucuna ulaşılarak Newton'un ikinci hareket yasası doğrulanmıştır.

Atwood makinesi, günlük yaşamda en çok kullanılan asansörlerin tasarımını ve ortaya çıkmasını sağlamıştır. Asansörde, tahrik motoru asansörü tutma yükünden kurtaran bir karşı ağırlık kullanır. Bu, her iki kütlenin ağırlık ve ataletindeki farkın üstesinden gelmesine neden olur. Doğrudan tahrik yalnızca asansörlere yönelik bir uygulama değil endüstrinin birçok kolunda uygulama bulan bir teknolojidir. Bu sistemin avantajı dişli sistemlerin sebep olduğu istenmeyen durumları (verim düşüklüğü, gürültülü çalışma, periyodik bakım süresi ve sürat sınırı gibi) ortadan kaldırmasıdır (Demiröz, Güngör & Duru, 2010).

Öğrenciler, dinamik yazılımlar ve simülasyonlar yoluyla malzeme ve fiziki ortam kısıtlılığı yaşamadan, zaman alıcı veya tehlikeli olabilecek süreçleri deneyimleyerek keşfedebilirler. Simüle edilmiş veya modellenmiş bir ortamda zaman değişkenleri hızlandırılabilir, yavaşlatılabilir veya soyut kavramlar somut hale getirilebilir. Bu durum anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesini mümkün kılar. Okul laboratuvarlarında veya gerçek yaşamda gerçekleştirilmesi imkânsız veya zor olan ortam ve durumların oluşturularak test edilmesine olanak sağlar (örneğin; yerçekimini ve sürtünmeyi devre dışı bırakmak gibi). Ayrıca bu ortam ve içerikler STEM eğitiminde bilişim teknolojileri ve yazılım alanlarına yönelik entegrasyon süreçlerine katkı sağlayacaktır (Gómez-García, Hossein-Mohand, Trujillo-Torres & Hossein-Mohand, 2020; Kiv & Shyshkina, 2020; Lavicza vd., 2020).

### **Öneriler**

Geogebra'nın bir Atwood makinesi modellenmesi örneği üzerinden STEM etkinliklerinde kullanılabilirliğine yönelik gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında oluşturulan modeller Geogebra materyal kütüphanesinde paylaşılabilir. Bilgisayar tasarım süreçlerinin yanında gerekli mekanik malzemeler de temin edilerek Atwood düzeneği fiziksel olarak da çalışmanın derinleştirilmesi için yaptırılabilir. Yapılan düzenek üzerinden de veri alınarak simüle edilmiş ortam ve teorik değerlerle karşılaştırmalı analizler yapılabilir. Arduino mikrodenetleyici ve sensörleri ile Atwood düzeneği tasarlanarak ilgi çekici hale getirilebilir ve veri zenginliği sağlanabilir. Ayrıca STEM etkinliği kapsamında fen bilimleri ile ilgili farklı kavram ve araçlara yönelik Geogebra tasarımları yapılabilir. Tasarlanan etkinlikler öğrenme ortamında uygulanıp bulguları paylaşılabilir.

### **Yazarların Makaleye Katkı Oranları**

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

### **Çıkar Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması söz konusu değildir.

### **Destek Beyanı**

Bu çalışma hiçbir kurum ve kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

### **Etik Beyanı**

Bu çalışmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş olduğunu; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış olduğunu, karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde “*Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi Yayın Kurulunun*” hiçbir sorumluluğunun olmadığını, tüm sorumluluğun sorumlu yazarlara ait olduğunu ve bu çalışmanın herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğunu taahhüt ederiz.

### **Kaynakça**

Aktamış, H. & Arıcı, V.A. (2013). *Fen eğitiminde sanal gerçeklik programları üzerine bir çalışma: “güneş sistemi ve ötesi: uzay bilmecesi” ünitesi örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.

Brunsell, E. (2012). The engineering design process. In Brunsell, E. (Ed.), *Integrating engineering + science in your classroom* (pp. 3-5). Arlington, Virginia: National Science Teacher Association [NSTA].

Budinski, N. (2017). An example how Geogebra can be used as a tool for STEM. *The International Journal for Technology in Mathematics Education*, 24(3), 149-153.

Budinski, N., Lavicza, Z. & Fenyvesi, K. (2018). Ideas for using GeoGebra and origami in teaching regular polyhedrons lessons. *K-12 STEM Education*, 4(1), 297-303.

Buluş Kırıkkaya, E. & Şentürk, M. (2018). Güneş sistemi ve ötesi ünitesinde artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmasının öğrenci akademik başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 181-189.

Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K–12 classrooms: Understanding A framework for K–12 science education. *The Science Teacher*, 78(9), 34–40.

Cunningham, C. M. (2009). Engineering is elementary. *The Bridge*, 30(3), 11-17.

Çorlu, M.S. (2014). FETEMM eğitimi makale çağrı mektubu. *Turkish Journal of Education*, 3(1), 4-10.

Daugherty, M.K. (2013). The prospect of an “A” in STEM education. *Journal of STEM Education*, 14(2), 10-15.

Demiröz, R., Güngör, M. & Duru, H.T. (2010). Asansör sistemlerinde dişsiz tahrik uygulamaları. *Asansör Sempozyumu bildirileri*, 105-110. Erişim: <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/asansor2010.compressed.pdf>.

Deveci, Ö. (2010). *İlköğretim altıncı sınıf fen ve teknoloji dersi kuvvet ve hareket ünitesinde fen-matematik entegrasyonunun akademik başarı ve kalıcılık üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Ercan, S. & Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(1), 128-164.

Eyim, A. & Uygur K. (2016). Thomas S. Kuhn'un paradigma görüşü ve Atwood makinesi üzerine bir tartışma. *Possible Düşünme Dergisi*, 8, 15-21.

Furner, J.M. & Marinas, C.A. (2013). *Learning math concepts in your environment using photography and GeoGebra*. In Electronic Proceedings of the Twenty-fifth Annual International Conference on Technology in Collegiate Mathematics Boston, Massachusetts.

Goeser, P., Coates, C., Johnson, W. & McCarthy, C. (2009). *Pushing the limit: Exposure of high school seniors to engineering research, design, and communication*. ASEE Conference & Exposition.

Gómez-García, M., Hossein-Mohand, H., Trujillo-Torres, J.M. & Hossein-Mohand, H. (2020). The training and use of ICT in teaching perceptions of Melilla's (Spain) mathematics teachers. *Mathematics*, 8(10), 1641-1661.

Greenslade, T.B. (1985). Atwood's machine. *The Physics Teacher*, 23, 24-28.

Gülhan, F. & Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *International Journal of Human Sciences*, 13(1), 602-620.

Hohenwarter, M. (2002). *GeoGebra - ein Software system für dynamische Geometrie und Algebra der Ebene (GeoGebra - a software system for dynamic geometry and algebra in the plane)*. Master's thesis, University of Salzburg.

Hohenwarter, J., Hohenwarter, M. & Lavicza, Z. (2009). Introducing dynamic mathematics software to secondary school teachers: the case of GeoGebra. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28(2), 135-146.

Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.

Hynes, M., Portsmouth, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D. & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. Erişim: <http://ncete.org/flash/pdfs/Infusing%20Engineering%20Hynes.pdf>.

International Technology Educators Association/International Technology and Engineering Educators Association [ITEA]. (2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: Author

Jannati, ED., Susandi, D., Rachmat, D., Kaniawati, I. & Siahaan, P. (2020). Design of STEM-based learning devices in direct current circuit section. *Journal of Physics. Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 012053.

Karslı Baydere, F., Hacıoğlu, Y. & Kocaman, K. (2019). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (stem) eğitimi etkinlik örneği: Pıhtı Önleyici İlaç. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27(5), 1935-1946.

Katehi, L., Pearson, G. & Feder, M. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.

Kiv, A.E. & Shyshkina, M.P. (2020). Proceedings of the 7th workshop on cloud technologies in education (CTE 2019), Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019 (July 27, 2020). *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2643, Erişim: <https://ssrn.com/abstract=3661502>.

Kllogjeri, Q. & Kllogjeri, P. (2017). Geogebra: A vital bridge linking mathematics with biology and other sciences. *SM Journal of Biology*, 3(1), 1015-1019.

Kuhn, T.S. (2018). *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*. (Çev. Kuyaş, N.), Kırmızı Yayınları, İstanbul.

Lavicza, Z., Prodromou, T., Fenyvesi, K., Hohenwarter, M., Juhos, I., Koren, B. & Diego-Mantecon, J.M. (2020). Integrating STEM-related technologies into mathematics education at a large scale. *International Journal of Technology in Mathematics Education*, 27, 3-11.

Lincoln, J. (2020). Virtual labs and simulations: Where to find them and tips to make them work. *The Physics Teacher*, 58, 444; <https://doi.org/10.1119/10.0001853>.

Marulcu, İ. & Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 13-23.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2020). *Millî Eğitim Bakanlığı Öğretim Programları*, Ankara.

Moore, T. & Smith, K.A. (2014). Advancing the state of the art of STEM Integration. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(1), 5-10.

Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for excellence in STEM)*. Erişim: [http://www.wytheexcellence.org/media/STEM\\_Articles.pdf](http://www.wytheexcellence.org/media/STEM_Articles.pdf).

National Research Council. (NRC) (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

Öçal, M.F. & Şimşek, M. (2017). Pergel-çizgeç ve Geogebra inşaları üzerine: Öğretmenlerin geometrik inşa süreçleri ve görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(1), 219-262.

Özer, İ.E. & Canbazoğlu Bilici, S. (2020). Mühendislik tasarım temelli Algodoo etkinliklerinin öğrencilerin tasarım becerilerine ve akademik başarılarına etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(2), 301-316.

Öztürk, Ü. (2012). Thomas Kuhn'un paradigma kavrayışı üzerine analitik bir irdeleme. *Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi*, 19, 173-191.

Ring, E.A. (2017). *Teacher conceptions of integrated stem education and how they are reflected integrated stem curriculum writing and classroom implementation*. Unpublished Doctoral Dissertation, Minnesota University, USA.

Sanders, M.E. (2012). *Integrative STEM education as best practice*. In H. Middleton (Ed.), Explorations of Best Practice in Technology, Design, & Engineering Education. Vol.2 (pp.103-117). Griffith Institute for Educational Research, Queensland, Australia. ISBN 978-1-921760-95-2

Sarı U., Alici, M. & Şen, Ö.F. (2018). The effect of STEM instruction on attitude, career perception and career interest in a problem-based learning environment and student opinions. *Electronic Journal of Science Education*, 22(1), 1-22.

Savran Gencer, A., Doğan, H., Bilen, K. & Can, B. (2019). Bütünleşik STEM Eğitimi Modelleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45(45), 38-55.

Suweken, G. (2020). *STEM oriented mathematics learning with GeoGebra*. In 3rd International Conference on Innovative Research Across Disciplines (ICIRAD 2019) (pp. 258-263). Atlantis Press.

Şahin, E. (2018). Üstün yetenekli öğrencilerin STEM eğitim yaklaşımına ve bir STEM materyali olarak Algodoo'ya yönelik görüşlerinin belirlenmesi. *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 12(26), 259-280.

Şahin, E. & Kabasakal, V. (2018). STEM eğitim yaklaşımında dinamik matematik programlarının (Geogebra) kullanımına yönelik öğrenci görüşlerinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, 55-62.

Ulusoy, F. (2019). Matematik öğretmeni adaylarının pergel-cetvel ve dinamik geometri yazılımı kullanarak yaptıkları geometrik inşalar. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 10, 336-372.

Walsh, T. (2017). Creating interactive physics simulations using the power of GeoGebra. *The Physics Teacher*, 55(5), 316-317.

Wang, H. (2012). *A new era of science education: Science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration*. Unpublished Doctoral Thesis, Minnesota University, USA.

Wang H., Moore T., Roehring G. & Park M. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.

Yavuz, A. (2008). Bir mekanik probleminin evrimi: *Physical Sciences*, 3(2), 181-199.

Yavuz, A. & Özdemir, G. (2009). Öğretim elemanlarının Atwood aleti problemi çözüm stratejilerinin pratikolojik analizi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2), 357-377.

Yıldırım, B. & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28-40.