



Kuvvet ve Hareket Konusuna Yönelik Lise Öğrencilerinin Grafik Çizme Düzeylerinin İncelenmesi*

Betül Şeyma YELTEKİN ATAR¹ ve Işıl AYKUTLU²

Özet

Kuvvet ve hareket konusu fizik dersi konuları içerisinde en fazla grafik içeren konulardan birisidir. Değişkenler arasındaki ilişkinin anlaşılmasını sağlayan grafikler fizik dersi içerisinde önemli bir yer almaktadır. Öğrencilerin kuvvet ve hareket konusunda bulunan çizgi grafiklerine yönelik grafik çizme düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan bu araştırmaya Anadolu Liselerinde öğrenim gören ve 11. sınıfa devam etmekte olan toplam 209 öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin grafik çizme düzeylerinin belirlenmesinde veri toplama aracı olarak açık uçlu beş soru içeren Grafik Çizme Beceri Formu (GÇBF) kullanılmıştır. Öğrencilerin çizmiş olduğu grafiklerin analizinde Tarakçı (2016)'nın çalışmasında geliştirdiği puanlama rubriğine ek kategori ve kriterler eklenerek grafik çizimlerini değerlendirme rubriği kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen bulguları destekleyebilmek için 42(%20) ile de yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Araştırma sonucunda, öğrencilerin kuvvet ve hareket konusu içerisinde yer alan hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerinin çizimlerine yönelik zorlukların bulunduğu belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca öğrencilerin grafik eksenlerini isimlendirmede, eksenlere verilerin yazılmasında, nokta oluşturmada ve grafik eğrisini çizmede hatalarının ve eksikliklerinin olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda öğrencilerin fizik konularına yönelik grafikleri daha iyi anlaşılması için daha fazla grafik kullanımı gerektiren uygulamalara yer verilmesi önerilmektedir. Kuvvet ve hareket konusunun öğretiminde cismin hareketi ve grafiği aynı anda veren simülasyon veya animasyon uygulamalarının kullanılmasının konuya yönelik grafiklerin anlaşılmasında etkili olacağına inanılmaktadır.

Makale Bilgileri

Araştırma
Makalesi

Gönderim Tarihi
10/11/2022
Kabul Tarihi
13/06/2023
Yayın Tarihi
15/01/2024

Anahtar Kelimeler

Kuvvet ve hareket,
Grafik çizme düzeyi,
Çizgi grafiği,
Lise öğrencileri

* Bu makale, birinci yazarın ikinci yazarın danışmanlığında hazırladığı yüksek lisans tezinin bir bölümünden oluşturulmuştur.

¹ Hacettepe Üniversitesi, <https://orcid.org/0000-0002-8594-1517>
betulseymayeltekin@gmail.com (Sorumlu Yazar)

² Hacettepe Üniversitesi, <https://orcid.org/0000-0003-4068-0453> aykutlu@hacettepe.edu.tr

Atıf:

Yeltekin Atar, B. Ş. ve Aykutlu, I. (2024). Kuvvet ve hareket konusuna yönelik lise öğrencilerinin grafik çizme düzeylerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 60, 65-95. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1202430>

Giriş

Fizik dersinde yer alan bilgilerin öğrenilmesini kolaylaştırmak amacıyla görsel araçlardan biri olan grafiklerden faydalanılmaktadır (Bozkurt, 2008). Verilerin daha etkili ve anlaşılmasını sağlayan grafikler, fizikteki soyut kavramlarında daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır (Lowrie ve Diezman, 2007; McKenzie ve Padilla, 1986). Nicel ve nitel verilerin bir arada gösterilmesinde ve fizik eğitiminde kanunları ifade ederken kullanılan grafikler öğretimin vazgeçilmez öğeleri arasında yer almaktadır (Çoramık ve Özdemir, 2021). Öğrencilerin grafik kullanma becerisini yorumlama yeteneği, modelleme yeteneği ve dönüştürme yeteneği olarak üç bölümde incelenebilir. Bu becerilerden ilki olan yorumlama yeteneği grafiği sözel olarak ifade etme olarak tanımlanmaktadır. Modelleme yeteneği ise gözlenen bir olaya ait grafiği çizilebilme becerisidir. Grafik kullanma becerilerinden biri olan dönüştürme yeteneği ise verilen bir grafikten yola çıkarak başka bir grafiğin çizilebilmesidir (Kwon, 2002). Grafiği yorumlayabilmek için öncelikle bilginin tanımlanması, veriler arasındaki ilişkinin bulunması ve analiz edilmesi gerektiğini ifade eden Charpenter ve Shah (1998), bu durumları verileri okuma, veriler arası okuma ve verilerin ötesinde okuma olarak belirtmişlerdir. Öğretim süreci içerisinde grafiklerden nasıl bilgi çıkarılacağı ve grafikte yer alan iki nokta arasındaki mesafenin nasıl yorumlanacağına belirtilmesi, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılığı içeren üst düzey düşünme becerilerini harekete geçirmektedir (Bahtaji, 2020). Bu bağlamda grafik kullanma becerilerinin temel bilimsel süreç becerilerinden biri olarak ifade edilebilir (Kanlı ve Yağbasan, 2008; Martin, 1997; Osborne ve Ratcliffe, 2002; Rezba ve diğerleri, 1995).

Bilimsel süreç becerilerinden biri olan deney tasarlama düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan çalışma sonucunda öğretmen adaylarının bu süreçte tablo oluşturmakta ve grafik çizmekte güçlük yaşadıklarını tespit etmişlerdir (Kaygısız ve diğerleri, 2017). Beichner (1994), yaptığı araştırmada öğrencilerin kinematik grafiklerini yorumlamada zorlandıklarını, değişkenler arasında ilişkiden ziyade grafikleri resim gibi gördüklerini tespit etmiştir. Tairab ve Khalaf Al-Naqbi (2004), öğrenciler hem grafik okuma-yorumlama becerilerinde hem de grafik çizme becerilerinde yeterli bilgi ve beceriye sahip olmadıklarını ve bu beceriler arasında grafik çizme becerilerinin daha kötü olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Glazer (2011), öğrencilerin grafikleri okuma-yorumlama, grafikleri dönüştürme ve grafikleri çizmede zorlandıklarını ve grafik okuma-yorumlama ile grafik çizme arasında ilişki olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Berg ve Philips (1994), yaptıkları araştırmada mantıksal düşünme stratejileri gelişmemiş öğrencilerin grafik çizmede güçlükler yaşadıklarını belirlemişlerdir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde öğrencilerin grafiklerle ilgili güçlükler yaşadıkları görülmektedir (Eryılmaz-Toksoy, 2020; Kranda ve Akpınar, 2020; Lai ve diğerleri, 2016; McDermott ve diğerleri, 1987; Seçken ve Çelik, 2021). McDermott vd. (1987) yaptığı çalışmada öğrencilerin grafik çizme ve grafik yorumlamada problemlerinin olduğunu ifade etmişlerdir. Bu problemlerin başında grafikleri resim gibi görme, ölçeği yanlış okuma, grafikleri çizerken orijinden başlatma ve öğrencilerin genellikle doğrusal grafikler çizdiklerini belirlemişlerdir. Alanyazın incelendiğinde öğrencilerin matematiksel becerilerinin, grafik çizmede ve grafik yorumlamada önemli olduğunu belirten çalışmaların olduğu da görülmektedir (Bütüner ve Uzun, 2011; Friel ve diğerleri, 2001; Özgün-Koca, 2008; Parmar ve Signer, 2005; Woolnough, 2000). Ortaöğretim öğrencilerin kinematik grafikleri yorumlama ve grafikleri çizme becerileri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Demirci ve Uyanık (2009)'ın yaptıkları araştırma sonucunda, bu beceriler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer olarak Murphy (1999), öğrencilerin ivme, hız ve konum grafiklerinde zorluk yaşadıklarını belirtmiştir. Rosenquist ve McDermott (1987), ise öğrencilerin kinematik grafik problemlerini çözmede güçlük çekmesinin nedenlerinden birinin grafikleri yeterli düzeyde yorumlayamadıkları olarak ifade etmişlerdir. Coştu (2007), öğrencilerin grafik içeren soruları anlamada yetersiz olduklarını tespit etmiştir. Lise öğrencilerinin fizik dersine yönelik kavramsal, algoritmik ve grafiksel soru çözme başarılarını incelemek amacıyla Kurnaz (2013)'in yaptığı araştırma 68 lise öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Açık uçlu soruların kullanıldığı araştırma sonucunda, öğrencilerin algoritmik ve kavramsal sorularda grafiksel sorulara göre daha iyi olduklarını tespit etmiştir. Lai vd. (2016) öğrencilerin birçoğunun grafik çizmede fen kavramlarına yönelik zorluklar yaşadığını tespit etmişlerdir. Öğretmen adaylarının grafik okuma-yorumlama ve grafik çizme becerilerini incelemek amacıyla Aydın ve Tarakçı (2018)'nin yaptığı araştırma sonucunda, öğretmen adaylarının grafikleri okuma-yorumlamada ve grafikleri çizerken eksen ölçekleme, noktaları birleştirme, grafiğin başlangıç noktasını belirleyerek istenildiği gibi grafiği çizmede zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Coştu ve Satılmış (2020), lise öğrencilerinin hareket konusuna yönelik kavramsal, işlemsel ve grafiksel sorulardaki başarılarını incelemek amacıyla yaptığı çalışmada kavramsal ve işlemsel sorularda öğrenciler benzer başarı düzeyleri gösterirken grafiksel sorularda düşük başarı gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Eryılmaz-Toksoy (2020), öğrencilerin hareket türlerini açıklama, grafik çizme ve grafik yorumlama becerilerini belirlemek amacıyla yaptığı araştırma sonucunda bu becerilerinde anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir. Ancak Kranda ve Akpınar (2020), 7. sınıf öğrencilerin sosyal bilgiler dersinde yer alan grafiklerle ilgili karşılaştıkları zorlukları belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada öğrencilerin birçoğunun grafik

çizerken zorlanmadıklarını belirlemişlerdir. Grafik çizerken zorluk yaşayan öğrenciler bunun nedenini ifade ederken grafik sorularını karışık bulduklarını ve istenilen şekilde grafiği çizemediklerini belirtmişlerdir. Bahtaji (2020), öğrencilerin fizikteki grafik kullanma becerilerini ve kavramsal anlamalarını geliştirmek amacıyla yaptığı araştırmada, birinci grup öğrenciye öğretim sırasında hazır grafikler sunulurken ikinci gruba grafikleri doğru bir şekilde oluşturulması bilgisi verilmiş ancak üçüncü grup öğrencilere aktif olarak katıldıkları grafik oluşturma ile ilgili etkinliklerle öğretim gerçekleştirilmiştir. 110 lisans öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilen araştırmanın sonucunda grafik içeren öğretimlerin yapıldığı tüm gruplarda öğrencilerin kavramsal öğrenmelerinde gelişme sağlanmış ancak aktif olarak grafik oluşturma ve çıkarmada destekleyici öğretim alan gruplarda öğrencilerin ayrıca grafik becerilerinde de gelişme olduğu tespit edilmiştir. Grafik oluşturma ve çıkarmada destekleyici öğretim alan öğrenciler tarafından oluşturulan üst düzey grafik sayısındaki önemli artış aktif grafik çizimlerinin öğrencilerin grafik anlamalarını ve grafik becerilerini geliştirdiğini göstermektedir.

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte artan bilgiyi, yaşamın her alanında oluşan problemleri analiz edebilmek ve birçok veriyi kısa sürede anlaşılır, yalın ve etkileyici kılabilmek için öğretmenler ve öğrenciler tarafından grafikler, şematik veri tabloları gibi birçok görsel aracın kullanıldığı görülmektedir (Arpaguş ve diğerleri, 2011). Bu nedenle grafikleri etkili bir biçimde yorumlayarak, değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz ederek grafiği çizebilmek yaşamın her alanında ve tüm disiplinlerde kayda değer öneme sahiptir (Bahtaji, 2020; Bayazıt, 2011). Öğrencilerin grafikleri aktif bir şekilde kullanması grafikte yer alan değişkenleri bilmesi hem günlük yaşam aktivitelerinde hem de soyut kavramların anlaşılmasında yardımcı olacağı belirtilmiştir (Bahtaji, 2020).

Alan yazın incelendiğinde öğrencilerin fizik dersine yönelik grafik okuma-yorumlama ve grafik çizmede yeterince başarılı olmadıkları görülmektedir (Aydın ve Tarakçı, 2018; Eryılmaz-Toksoy, 2020). Özellikle ulusal alan yazında kuvvet ve hareket konusuna yönelik öğrencilerin grafik çizme becerilerinin incelendiği az sayıda araştırmanın bulunduğu görülmektedir (Aydın ve Tarakçı, 2018; Demirci ve Uyanık, 2009; Eryılmaz-Toksoy, 2020). Bu araştırmalardan sadece Eryılmaz-Toksoy (2020)'un çalışmasının 11. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirdiği ve çalışmada öğrencilerin hareket türlerini tanımlamaları ve örnek vermelerinin yanı sıra hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerini okuma çizme ve yorumlama üzerine olduğu görülmektedir. En fazla grafik kullanımı gerektiren konular arasında yer alan kuvvet ve hareket konusunda lise öğrencilerinin grafik çizimlerinin incelendiği bu

araştırmada öğrencilerin grafik çizimleri grafiği oluşturan eksenleri değişkenlere göre etiketleme, grafik eksenlerine verilerin yazılması, grafik eksenlerinde nokta oluşturma ve grafik eğrisinin çizilmesi kategorilerine göre ayrıntılı incelenmesi yapılmıştır. Grafik çizimlerinin bu şekilde ayrıntılı olarak incelenmesi, doğru grafik çizimine yönelik öğrencilerin eksikliklerini ve hatalarının açık bir şekilde belirlenmesini sağladığı düşünülmektedir. Araştırmada elde edilen sonuçların grafiğin oluşturulmasında öğrencilerin karşılaştıkları zorlukların ortaya konulması ve kuvvet ve hareket konusuna yönelik grafiklerin öğrenciler tarafından anlaşılması bakımından alan eğitimcilere önemli bilgiler vereceğine inanılmaktadır. Tüm bu noktalar doğrultusunda bu çalışmanın amacı, 11. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusuna yönelik grafik çizme düzeylerinin incelenmesidir.

Araştırma Problemi

Lise öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusuna yönelik grafik çizimlerinin incelendiği bu araştırma kapsamında aşağıda yer alan araştırma sorusuna yanıt aranmıştır:

Öğrencilerin kuvvet ve hareket konusunda bulunan hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman çizgi grafiklerini çizme düzeyleri nasıl değişmektedir?

Yöntem

Araştırma tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mevcut şartları tanıyarak geçmişte ya da o anda var olan bir durumu, olduğu biçimde betimleyen ve tanımlamayı amaçlayan bir araştırma yaklaşımı olan tarama modeli, araştırmaya konu olan ve var olanı, herhangi bir şekilde değiştirmeden veya etkilemeden tanımlamak ve gözleyebilmektir (Karasar, 2002). Bu araştırma Hacettepe Üniversitesi Etik Komisyonunun 04.09.2018 tarihli toplantı sayısı ve 35853172-300 sayılı kararı ile Etik Kurul onayı alınarak yapılmıştır. Ayrıca Ankara İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün 14588481-605.99-E.19187471 sayılı 12.10.2018 tarihli yazısı ile anket ve araştırma yapma izinleri alınarak tamamlanmıştır.

Katılımcılar

Araştırmanın katılımcılarını, 11. sınıfa devam etmekte olan 209 Anadolu Lisesi öğrencisi oluşturmaktadır. Araştırmaya katılacak okullar Anadolu Liseleri içerisinden rastgele seçilmiştir. Öğrencilerin seçiminde ise seçkisiz olmayan amaçlı örnekleme yöntemlerinden, ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Ölçüt örnekleme yöntemindeki anlayış önceden belirlenmiş bir dizi ölçütü karşılayan durumları çalışmaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Araştırmada kuvvet ve hareket konusunun öğretiminin gerçekleşmiş olması temel ölçüt olarak alınmıştır. Gönüllülük esasına dayalı olarak gerçekleştirilen araştırmada, uygulama öncesi öğrencilere

çocuk/ergen bilgilendirme formu verilmiştir. Ayrıca öğrencilerin veli onay formu kullanılarak ailelerinden izin alınmıştır.

Veri Toplama Araçları

Grafik Çizme Beceri Formu

Öğrencilerin grafik çizme düzeylerini incelemek amacıyla, fizik öğretmeni ve fizik eğitimi alan uzmanı olan araştırmacılar tarafından geliştirilen kuvvet ve hareket konusuna yönelik beş adet açık uçlu sorudan oluşan GÇBF kullanılmıştır. Hazırlanan soruların öğretim programının kazanımlarına ve öğrenci düzeyine uygunluğu göz önünde bulundurulmuş ve fizik ve fizik eğitimi alanında uzmanların görüşleri doğrultusunda hazırlanmıştır. GÇBF'nun içinde yer alan sorulardan ilk dört tanesinde öğrencilerden hız-zaman, ivme-zaman, kuvvet-zaman grafiklerini kullanarak hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerini çizimleri istenmiştir. İkinci soruda ayrıca öğrencilere hız-zaman grafiği verilerek grafik ile ilgili hareket türü ve hareket yönü bilgisi sorulmuş, ardından ivme-zaman grafiği çizmeleri istenmiştir. Beşinci soruda ise öğrencilerden hız ve zaman değişkenlerine yönelik verilen veri setini kullanarak grafik çizimlerini yapmaları istenmiştir (EK-A). GÇBF'na yönelik yapılan pilot çalışma, uygulamanın yapıldığı okullardan seçilen aynı seviyedeki 50 Anadolu Lisesi öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışmaya katılan öğrenciler gerçek uygulamaya katılmamıştır. Pilot çalışma sonucunda GÇBF'nun öğrencilerin kuvvet ve hareket konusuna yönelik grafik çizme düzeylerini belirlemede kullanılabileceğine karar verilmiştir.

Uygulamanın Yapılması

Kuvvet ve hareket konusunun öğretiminin tamamlandığı sınıflarda gönüllü öğrencilerin katılımıyla gerçekleştirilen araştırmada, öğrencilere bir ders saati verilerek GÇBF'nda yer alan soruları yanıtlamaları istenmiştir. Daha sonra yine gönüllülük esasına dayalı olarak öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Veri Analizi

Öğrencilerin grafik çizme düzeylerinin belirlenmesinde Tarakçı (2016)'nın çalışmasında geliştirdiği rubrikten yararlanılmıştır. Araştırma kapsamında yeniden düzenlenen rubriğe ek kategori ve kriterler eklenmiştir. Geliştirilen rubriğe yönelik fizik eğitimi alanında uzman üç öğretim üyesinin görüşleri alınmıştır. Öğrencilerin grafik çizimlerinin analizinde kullanılacak rubrik uzmanlardan gelen öneri ve düzeltmeler yapılarak kullanılmıştır. Grafik çizimlerini değerlendirmede kullanılan rubrik Tablo 1' de verilmiştir. Bu çalışmada amaç öğrencilerin grafik çizme düzeylerini belirlemek olduğundan, kategorilerin doğruluk derecesine yönelik rubriğin içeriğinde yer alan puanlama kısmı kullanılmamıştır. Öğrencilerden gelen yanıtlar doğruluk derecelerine

göre sınıflandırılarak ilgili kategorilere yönelik frekans değerleri bulunmuştur.

Tablo 1

Grafik Çizimlerini Değerlendirme Rubriği

Değerlendirme Kriterleri	Kategoriler
<i>Eksenlerin Değişkenlere Göre İsimlendirilmesi</i>	<p><i>Doğru</i> : Her iki ekseninde doğru olarak isimlendirilmesi ve eksenleri temsil eden fiziksel niceliklerin birimlerinin yanına parantez içinde yazılması.</p> <p><i>Kısmen Doğru</i>: Eksenlerden yalnızca birinin doğru isimlendirilip, diğerinin yanlış isimlendirilmesi veya eksenlere yazılmış olan fiziksel niceliklerin birimlerinin hiç yazılmaması, eksik ya da yanlış yazılması.</p> <p><i>Yanlış</i>: Eksenlerin her ikisinin de yanlış isimlendirilmesi ya da her iki ekseninde isimlendirilmemesi.</p> <p><i>Boş</i>: Sorunun boş bırakılması, çizilmiş bir grafiğin bulunmaması.</p>
<i>Grafik Eksenlerine Verilerin Yazılması</i>	<p><i>Doğru</i> : Her iki ekseninde de verilerin doğru olarak yazılması.</p> <p><i>Kısmen Doğru</i>: Eksenlerden yalnızca bir veri grubunun doğru yazılması diğerlerinin yanlış veri olarak girilmesi.</p> <p><i>Yanlış</i>: Eksenlerin her ikisinde de verilerin yanlış yazılması ya da yazılmaması.</p> <p><i>Boş</i>: Sorunun boş bırakılması, çizilmiş bir grafiğin bulunmaması.</p>
<i>Grafik Eksenlerinde Nokta Oluşturma</i>	<p><i>Doğru</i>: "y" eksenindeki veriler ile "x" eksenindeki veriler doğru kesiştirilmiş ve nokta oluşturulması.</p> <p><i>Kısmen Doğru</i>: Eksenlerden yalnızca birinin verilerini doğru kesiştirip, diğerinin yanlış kesiştirmesi.</p> <p><i>Yanlış</i>: Her iki ekseninde de verilerin yanlış kesiştirilmesi.</p> <p><i>Boş</i>: Sorunun boş bırakılması, çizilmiş bir grafiğin bulunmaması.</p>
<i>Grafik Eğrisinin Çizilmesi</i>	<p><i>Doğru</i>: Grafik eğrisinin tamamının soruya uygun biçimde çizilmesi.</p> <p><i>Doğruya Yakın</i>: Grafik eğrisinin 4 zaman aralıklı kısmının en az 3 zaman aralığının, 3 zaman aralıklı kısmının en az 2 zaman aralığının soruya uygun biçimde çizilmesi.</p> <p><i>Kısmen Doğru</i>: Grafik eğrisinin 4 zaman aralıklı kısmının en az 2 zaman aralığının, 3 zaman aralıklı kısmının en az 1 zaman aralığının soruya uygun biçimde çizilmesi.</p> <p><i>Yanlış</i>: Grafik eğrisinin tamamının istenilene uygun olmaması</p> <p><i>Boş</i>: Sorunun boş bırakılması, çizilmiş bir grafiğin bulunmaması.</p>

Verilerin analizinde ilk olarak, öğrencilerden gelen yanıtlar soru bazında birinci sorunun yanıtları, ikinci sorunun yanıtları şekilde toplanarak

sınıflandırılmıştır. Öğrencilerin birinci soruya verdikleri yanıtların analizi sonrasında soru sıralamasına uygun olarak diğer soruların analizine geçilmiştir. Öğrencilerin sorulara yönelik çizmiş oldukları grafikler, eksenleri değişkenlere göre isimlendirme, grafik eksenlerine verilerin yazılması, grafik eksenlerinde nokta oluşturma ve grafik eğrisinin çizilmesi kategorilerine göre incelenerek grafik çizme düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Değerlendirme kriterlerine içerisinde tüm sorulara verilen yanıtlar, doğru, doğruya yakın, kısmen doğru, yanlış ve boş kategorilerine uygun şekilde analiz edilerek frekans değerleri bulunmuştur.

Araştırmada ayrıca veri toplama aracı ile elde edilen bulguları desteklemek amacıyla grafik çizmede farklı başarı düzeyleri gösteren öğrencilerin 42(%20)'si ile gönüllülük esasına dayalı olarak yarı yapılandırılmış bire bir görüşmeler gerçekleştirilmiştir (EK-B). Öğrencilerle gerçekleştirilen görüşmelerinin temelini, öğrencilerin grafik okuma-yorumlama ve çizme ile ilgili sorular oluşturmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulguları desteklemek amacıyla öğrencilerin grafik çizimi ile ilgili öğrenci görüşlerine yer verilmiştir.

Bulgular

Araştırma sonucunda öğrencilerin büyük bir bölümünün kuvvet ve hareket konusuna yönelik grafik çizimlerinde zorluklar yaşadıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin grafik çizimleri incelendiğinde eksenleri isimlendirmede, verileri grafik üzerine yerleştirmede, grafik eksenlerinde nokta oluşturmada ve grafik eğrisini çizmede hatalarının ve eksikliklerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Grafik çizimleri değerlendirme rubriği (Bkz. Tablo 1) kullanılarak analiz edilen öğrenci grafiklerine yönelik bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Değerlendirme Rubriğine Dayalı Öğrencilerin Grafik Çizime Düzeylerinin Dağılımı

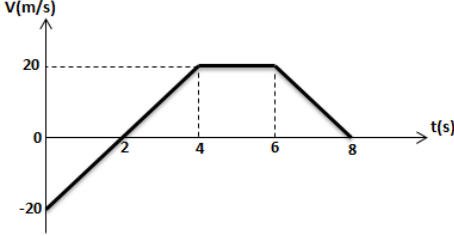
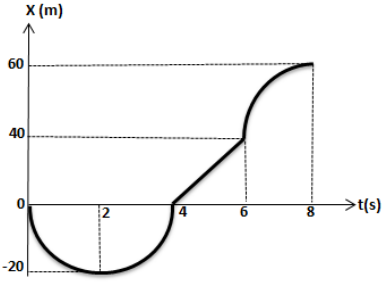
		Soru1	Soru 2	Soru 3	Soru 4a	Soru 4b	Soru 4c	Soru 5
Değerlendirme Kriterleri	Kategoriler	f	f	f	f	f	f	f
Eksenlerin Değişkenlere Göre İsimlendirilmesi	Doğru	4	5	5	3	2	1	5
	Kısmen Doğru	113	91	123	79	77	64	127
	Yanlış	58	53	43	35	23	33	33
	Boş	34	60	38	92	107	111	44
Grafik Eksenlerine Verilerin Yazılması	Doğru	31	52	9	62	3	0	107
	Kısmen Doğru	112	78	146	37	84	74	50
	Yanlış	26	14	11	6	9	17	6
	Boş	40	65	43	104	113	118	46

Grafik Eksenlerinde Nokta Oluşturma	Doğru	37	61	7	86	62	36	119
	Kısmen Doğru	18	50	49	5	6	13	17
	Yanlış	111	33	110	13	28	41	25
	Boş	43	65	43	105	113	119	48
Grafik Eğrisinin Çizilmesi	Doğru	30	63	12	87	68	44	124
	Doğruya Yakın	6	37	7	5	3	9	12
	Kısmen Doğru	35	22	121	5	19	14	2
	Yanlış	94	22	25	8	7	24	23
	Boş	44	65	44	104	112	118	48

Tablo 2 incelendiğinde eksenlerin değişkenlere göre isimlendirilmesi kriterini tüm sorularda öğrencilerin çok azının tam olarak doğru yaptığı tespit edilmiştir. Grafik eksenlerine verilerin yazılması kriterine yönelik bulgular incelendiğinde, beşinci soru haricinde üçüncü (f=9) ve birinci soruda (f=31) az sayıda öğrencinin tam doğru yaptığı, hatta dördüncü sorunun c şikkını tam doğru yapan öğrencinin bulunmadığı belirlenmiştir. Grafik eksenlerinde nokta oluşturma ve grafik eğrisinin çizilmesi değerlendirme kriterine yönelik bulgular incelendiğinde sadece beşinci soruya yönelik öğrencilerin çoğunluğunun (f=119 ve f=124) doğru yaptıkları görülmektedir. GÇBF'nda yer alan sorular içerisinde beşinci soru haricindeki diğer sorularda öğrencilerden, verilen grafikten başka bir grafiği çizerek dönüştürmeleri istenmiştir. Bu doğrultuda öğrencilerin bir çoğunluğunun hız-zaman, ivme-zaman ve kuvvet-zaman grafiklerini kullanarak konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çizmede zorluklar yaşadığı belirlenmiştir. Beşinci soruda ise öğrencilerden hızın zamanla değişimini gösteren veriler verilerek ivme-zaman grafiğinin çizilmesi istenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun (f=124) sadece beşinci soruyu doğru yanıtladığı görülmektedir.

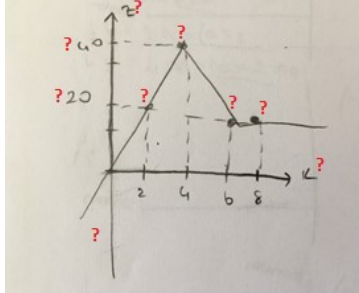
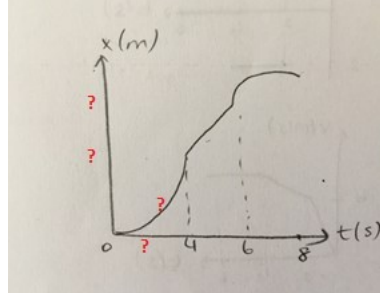
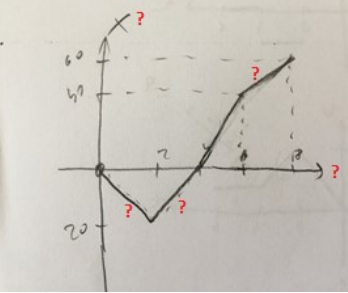
Araştırmada öğrencilerden birinci soruda, hız-zaman grafiği verilen hareketlinin konum-zaman grafiğinin çizilmesi istenmiştir. Birinci soruda yer alan hız-zaman grafiği ve öğrencilerden beklenen doğru konum-zaman grafiği Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3*Birinci Soruda Verilen Grafik ve Sorunun Doğru Grafik Çizimi*

GÇBF'da yer alan 1. soru.	Birinci soru için beklenen doğru grafik.
	

Birinci soruya yönelik elde edilen bulgular incelendiğinde, öğrencilerin hız-zaman grafiklerini konum-zaman grafiklerine dönüştürmede bazı eksikliklerinin ve hatalarının bulunduğu görülmüştür. Öğrencilerin çizmiş oldukları konum-zaman grafiklerinde eksenleri isimlendiremedikleri, grafik üzerinde yanlış ve eksik veriler yazdıkları ve grafik eksenlerinde nokta oluşturamayıp grafiği istenildiği gibi çizemedikleri belirlenmiştir (Bkz. Tablo 2). Araştırmaya katılan öğrencilerden hiçbirinin birinci soruyu tam olarak doğru yapamadığı tespit edilmiştir. Birinci soruya yönelik öğrencilerin çizmiş oldukları grafiklerden bazıları Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4*Öğrencilerin Birinci Soruya Yönelik Çizmiş Oldukları Grafik Örnekleri*

Ö36'nın çizmiş olduğu grafik	Ö71'in çizmiş olduğu grafik	Ö64'ün çizmiş olduğu grafik
		

Ö36 numaralı öğrencinin grafik çizimi incelendiğinde, grafik eksenlerini yanlış isimlendirdiği, grafik verilerini eksenlere doğru yazılmadığı, grafik üzerinde yanlış nokta oluşturulduğunun ve grafik eğrisinin yanlış çizildiği tespit edilmiştir. Ö71 numaralı öğrencinin ise grafik eksenlerini doğru isimlendirdiği ancak grafik üzerinde verileri doğru yazamadığı görülmüştür. Ayrıca aynı öğrencinin grafik eksenlerinde yanlış nokta oluşturduğu ve grafik eğrisinin çizimini ise kısmen doğru yaptığı belirlenmiştir. Birinci soru için Ö64 numaralı öğrencinin çizdiği konum-zaman grafiğinde, grafik verilerinin eksenlere doğru yazıldığı ancak grafik eksenlerini isimlendirmede eksikliklerinin bulunduğu tespit

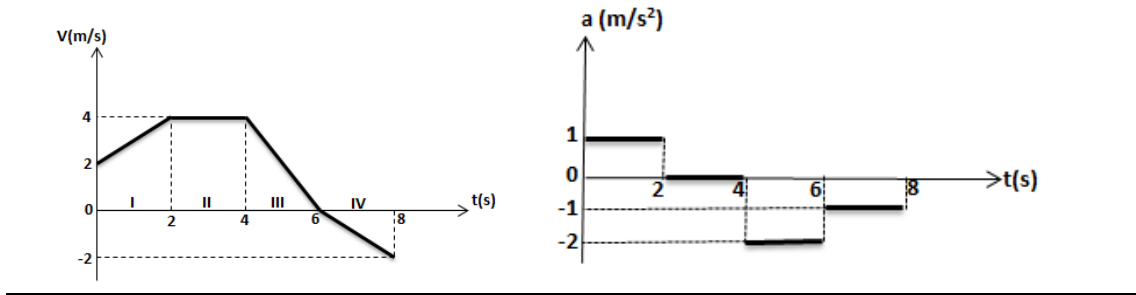
edilmiştir. Yine aynı öğrenci grafik eksenlerinde nokta oluşturmayı doğru yapmasına rağmen grafik eğrisini yanlış çizdiği belirlenmiştir.

GÇBF’nda yer alan ikinci soruda öğrencilere $t=0$ ve $x_0=0$ olan ve doğrusal bir yolda hareket eden aracın hız-zaman grafiği verilmiştir. Sorunun (a) şikkında öğrencilerden aracın hareket türü ve hareket yön bilgisini ifade etmeleri istenmiştir. (b) şikkında ise öğrencilerinden aracın ivme-zaman grafiğini çizmeleri istenmiştir. Araştırma sonucunda öğrencilerin büyük birçoğunun soruda verilen grafiğin hareket türünü ve yönünü doğru bilmelerine karşılık, çizmeleri gereken ivme-zaman grafiğini aynı derecede doğru çizimler yaparak çizemedikleri tespit edilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerden sadece birinin ikinci sorunun a şikkını tam olarak doğru yaptığı belirlenmiştir. İkinci soru ve sorunun doğru grafik çizimi Tablo 5’te ve öğrencilerin çizmiş oldukları grafikler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 5

İkinci Soruda Verilen Grafik ve Sorunun Doğru Grafik Çizimi

GÇBF’da yer alan 2. soru. İkinci soru için beklenen doğru grafik.



İkinci sorunun a şikkına yönelik bulgular incelendiğinde, araştırmaya katılan öğrencilerin çoğunun hareket yönü ve türünü 0-2s aralığında pozitif yönde düzgün hızlanan, 2-4s aralığında pozitif yönde sabit hızla hareket, 4-6s aralığında pozitif yönde düzgün yavaşlayan ve 6-8s aralığında negatif yönde düzgün hızlanan hareket şeklinde belirterek doğru yanıtladıkları görülmüştür.

Tablo 6

İkinci Sorunun (a) Şikkına Ait Öğrencilerin Hareket Türü ve Hareket Yön Bilgisi Cevapları

Zaman Aralığı	0-2			2-4			4-6			6-8		
	D	Y	B	D	Y	B	D	Y	B	D	Y	B
Hareket Türü	155	8	46	150	12	47	149	13	47	120	41	48
Hareket Yönü	171	3	35	165	4	40	138	36	35	169	4	36

D: Doğru yanıt, Y: Yanlış yanıt, B: Boş

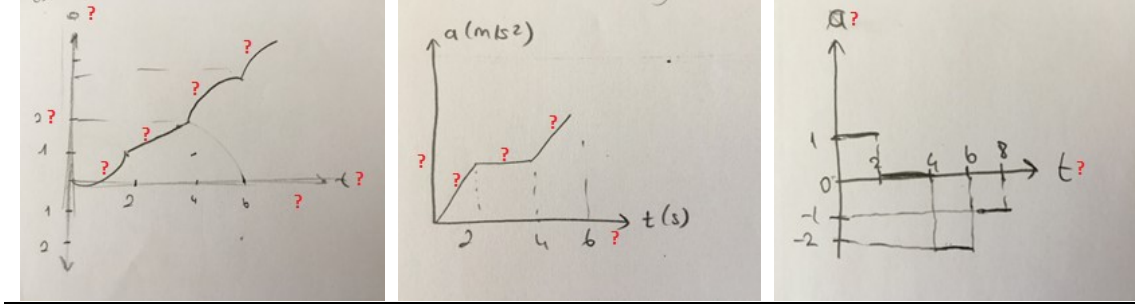
Tablo 6 incelendiğinde grafiğin 0-2 zaman aralığında düzgün hızlanan hareket yapmakta olan aracın, araştırmaya katılan bazı öğrenciler tarafından ($f=8$) sabit hızlı hareket olarak ifade ettikleri tespit edilmiştir.

Grafiğin 2-4 zaman aralığında sabit hızlı hareket eden araç bazı öğrenciler tarafından ($f=12$) duruyor olarak belirtildiği görülmüştür. Araştırmaya katılan bazı öğrencilerin ($f=36$), aracın 4-6s zaman aralığında hareket yönünü negatif yön olarak ifade ettikleri tespit edilmiştir. Grafiğin 6-8 zaman aralığında grafiğin altında kalan kısmı yani negatif bölgedeki çizgi grafiği öğrenciler tarafından ($f=41$) yavaşlayan hareket olarak belirtildiği görülmüştür. Araştırmaya katılan öğrenci sayısı tüm zaman aralıkları dikkate alınarak incelendiğinde ortalama 47 öğrencinin hareket türünü, 36 öğrencinin de hareket yönünü belirtmeyerek boş bıraktığı görülmüştür. İkinci sorunun b şikkına yönelik öğrencilerin çizmiş olduğu grafiklerden örnekler Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7

Öğrencilerin İkinci Soruya Yönelik Çizmiş Oldukları Grafik Örnekleri

Ö34'nin çizmiş olduğu grafik Ö71'in çizmiş olduğu grafik Ö122'in çizmiş olduğu grafik



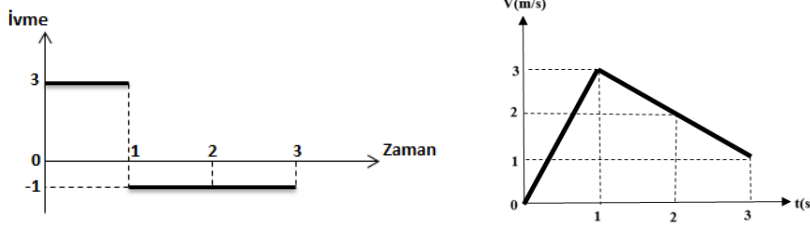
Öğrencilerden Ö34'ün, eksenlere birimleri yazmadığı, veri girişi, nokta oluşturma ve grafik eğrisini çizemediği belirlenmiştir. Ö71 numaralı öğrencinin ivme-zaman grafiğine yönelik grafik çizimi incelendiğinde, grafik eksenlerini doğru isimlendirdiği ancak verileri doğru yazmadığı belirlenmiştir. Ayrıca öğrencinin çizmiş olduğu grafikte eksenlerde yanlış nokta oluşturduğu ve grafik eğrisini yanlış çizdiği tespit edilmiştir. Tablo 7'de yer alan Ö122 numaralı öğrenciye ait grafik çizimi incelendiğinde, öğrencinin veri girişini ve nokta oluşturmayı doğru bir şekilde yaptığı ve grafik eğrisini doğru çizdiği belirlenmiştir. Ancak aynı öğrencinin grafik eksenlerine birimleri yazmadığı tespit edilmiştir.

Üçüncü soruda öğrencilerden ivme-zaman grafiği verilen bir aracın hız-zaman grafiğinin çizilmesi istenmiştir. Üçüncü soruya yönelik öğrencilere verilen grafik ve sorunun doğru grafik çizimi Tablo 8'de ve öğrencilerin çizmiş oldukları grafik örnekleri Tablo 9'da belirtilmiştir.

Tablo 8**Üçüncü Soruda Verilen Grafik ve Sorunun Doğru Grafik Çizimi**

GÇBF'da yer alan 3. soru.

Üçüncü soru için beklenen doğru grafik.



Üçüncü soruya yönelik bulgular incelendiğinde, öğrencilerin ivme-zaman grafiklerini kullanarak hız-zaman grafiklerini çizmede sorunlar yaşadıkları görülmektedir. Araştırmaya katılan öğrencilerden hiçbirinin üçüncü soruyu tam olarak doğru yanıtlayamadığı tespit edilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde öğrencilerin grafik eğrisini çizme kriterine bakıldığında %57'sinin (f=121) sadece tek bir zaman aralığı için grafik eğrisini doğru çizemediği belirlenmiştir.

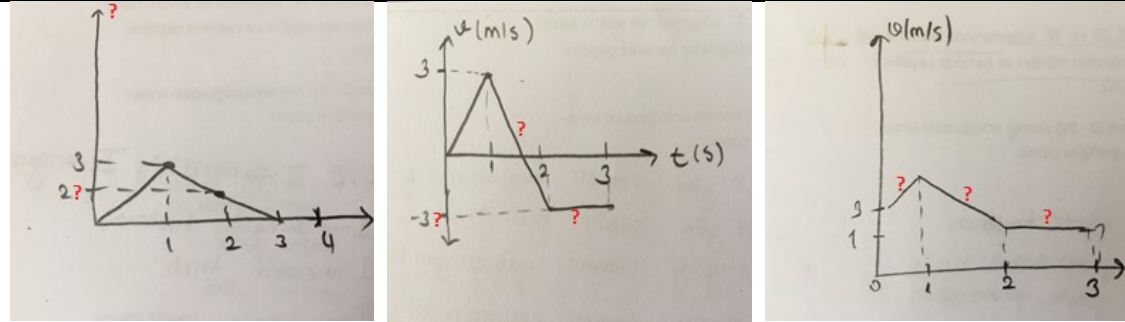
Ö79 numaralı öğrencinin Tablo 9'da yer alan grafik çizimi incelendiğinde, eksenleri isimlendiremediği, dikey eksendeki bir veriyi yanlış yazdığı belirlenmiştir. Ancak aynı öğrencinin grafik çiziminde doğru nokta oluşturduğu ve grafik eğrisini doğruya yakın çizdiği tespit edilmiştir.

Tablo 9**Öğrencilerin Üçüncü Soruya Yönelik Çizmiş Oldukları Grafik Örnekleri**

Ö79'un çizmiş olduğu grafik

Ö119'un çizmiş olduğu grafik

Ö37'nin çizmiş olduğu grafik



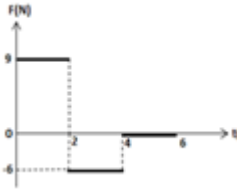
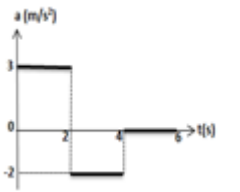
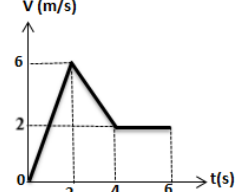
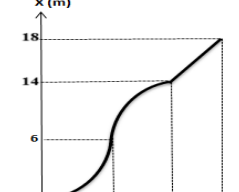
Ö119 numaralı öğrencinin grafik çiziminde eksenlere verileri yazarken dikey eksende hata yaptığı, verileri yanlış girdiği ve yanlış nokta oluşturduğu belirlenmiştir. Ancak öğrencinin grafik eğrisini kısmen doğru çizdiği tespit edilmiştir. Ö37 numaralı öğrencinin grafik çizimi incelendiğinde, eksenleri doğru isimlendirerek birimleri de yazdığı belirlenmiştir. Doğru veri girişi yapan aynı öğrencinin, grafik

eksenlerinde yanlış nokta oluşturarak grafik eğrisini yanlış çizdiği görülmüştür (Bkz. Tablo 9).

Dördüncü soruda öğrencilere 3 kg kütleli cisme ait kuvvet-zaman grafiği verilmiş ve öğrencilerden cismin ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafiklerinin çizilmesi istenmiştir. Soruya ait çizilen her bir grafik için sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Dördüncü sorunun a şıkkına yönelik elde edilen bulgular incelendiğinde araştırmaya katılan öğrencilerden sadece iki öğrencinin soruyu tam olarak doğru yanıtladığı tespit edilmiştir. Dördüncü soruda verilen grafik ve öğrencilerden beklenen doğru grafik çizimi Tablo 10'da belirtilmiştir.

Tablo 10

Dördüncü Soruda Verilen Grafik ve Sorunun Doğru Grafik Çizimleri

GÇBF'da yer alan 4. soru.	4. sorunun a şıkkı için beklenen doğru grafik.	4. sorunun b şıkkı için beklenen doğru grafik.	4. sorunun c şıkkı için beklenen doğru grafik.
			

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda öğrencilerin kuvvet-zaman grafiğinde yer alan verileri kullanarak ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafiklerini tam olarak doğru çizmede sorunlar yaşadıkları belirlenmiştir. Dördüncü sorunun a şıkkına yönelik bulgular incelendiğinde öğrencilerin çoğunun soruyu boş bırakarak yanıtlamadığı görülmüştür (Bkz. Tablo 2).

Öğrencilerin çizmiş oldukları grafikler incelendiğinde, Ö8 numaralı öğrencinin eksenleri isimlendirme ve zaman eksenine yönelik veri girişini kısmen doğru yaptığı belirlenmiştir. Ancak aynı öğrencinin grafik eksenlerinde nokta oluşturmada hata ve grafik eğrisini yanlış çizdiği tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 11). Ö12 numaralı öğrencinin veri girişini kısmen doğru yaparken, öğrencinin grafik eksenlerini yanlış isimlendirdiği ve nokta oluşturmayı yanlış yaparak grafik eğrisini yanlış çizdiği tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 11).

Tablo 11

Öğrencilerin Dördüncü Sorunun (a) Şıkkına Yönelik Çizmiş Oldukları Grafik Örnekleri

Ö8'in çizmiş olduğu grafik	Ö12'nin çizmiş olduğu grafik	Ö124'ün çizmiş olduğu grafik

Ö124 numaralı öğrencinin veri girişini kısmen doğru yaptığı tespit edilmiştir. Ancak öğrencinin grafik eksenlerini isimlendirmede ve grafik eğrisini doğru çizmediği belirlenmiştir (Bkz. Tablo 11).

Dördüncü sorunun (b) şıkkına yönelik öğrencilerin çizdikleri bazı hatalı grafik çizimleri Tablo 12'de verilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerden Ö123 numaralı öğrencinin grafik çizimi incelendiğinde, eksenleri isimlendirmede birimleri yazmadığı görülmüştür. Ayrıca öğrencinin grafik eğrisinin çiziminde ve veri girişinde hatalarının bulunduğu görülmektedir. Ö60 numaralı öğrencinin çizmiş olduğu hız-zaman grafiği incelendiğinde, düşey eksende yanlış veriler girdiği ve eksenlerin isimlerini belirtmediği tespit edilmiştir. Yine aynı öğrencinin grafik çiziminde nokta oluşturmayı kısmen doğru yaptığı ve grafik eğrisini de doğruya yakın çizdiği görülmüştür.

Tablo 12

Öğrencilerin Dördüncü Sorunun (b) Şıkkına Yönelik Çizmiş Oldukları Grafik Örnekleri

Ö123'ün çizmiş olduğu grafik	Ö60'ın çizmiş olduğu grafik	Ö64'ün çizmiş olduğu grafik

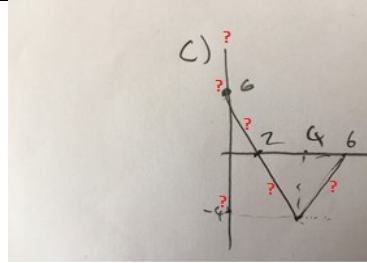
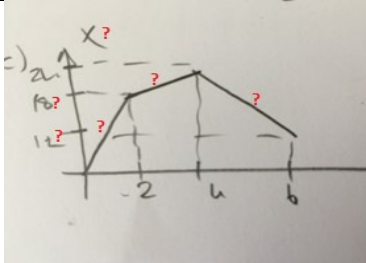
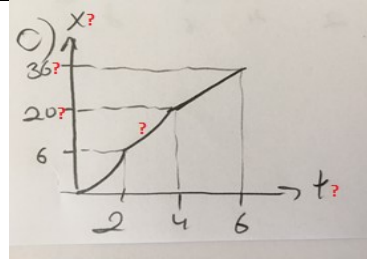
Ö64 numaralı öğrencinin ise, grafik çiziminde veri girişini ve nokta oluşturmayı kısmen doğru yaptığı belirlenmiştir. Grafik eğrisini doğru çizen öğrencinin grafik eksenlerini isimlendirmede görülmüştür. Elde edilen bulgular incelendiğinde araştırmaya katılan öğrencilerden

hiçbirinin dördüncü sorunun b ve c şıklarını tam olarak doğru yapamadığı tespit edilmiştir.

Dördüncü sorunun (c) şıkkına yönelik öğrencilerin hatalı grafik çizimleri Tablo 13'te verilmiştir. Tablo 13 incelendiğinde, Ö64 numaralı öğrencinin grafik çiziminde, bir önceki grafikteki gibi grafik eksenlerini isimlendirmede ve grafik üzerinde verileri sadece zaman ekseninde doğru yazdığı görülmüştür. Ayrıca öğrencinin grafik çiziminde yanlış nokta oluşturduğu ve doğru grafik eğrisi çizemediği belirlenmiştir.

Tablo 13

Öğrencilerin Dördüncü Sorunun (c) Şıkkına Yönelik Çizmiş Oldukları Grafik Örnekleri

Ö64'ün çizmiş olduğu grafik	Ö120'nin çizmiş olduğu grafik	Ö70'in çizmiş olduğu grafik
		

Ö120 numaralı öğrencinin, grafik eksenlerini isimlendirmede ve veri girişinde bazı eksiklikler ve hataların bulunduğu tespit edilmiştir. Grafik eksenlerinde yanlış nokta oluşturan öğrencinin grafik eğrisini tamamen yanlış çizdiği tespit edilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerden Ö70'in grafik çizimi incelendiğinde, öğrencinin grafik eksenlerinde isimlendirme, veri girişi ve grafik eksenlerinde nokta oluşturmayı kısmen doğru yaptığı tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencinin konum-zaman grafiğine yönelik grafik eğrisini doğruya yakın çizdiği belirlenmiştir (Bkz. Tablo 13).

GÇBF'nda yer alan beşinci soruda öğrencilere hız-zaman değişkenlerine yönelik verilerinin yer aldığı çizelge verilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerden bu çizelgeden yararlanarak, doğru boyunca hareket eden aracın ivme-zaman grafiğini çizmeleri istenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda araştırmaya katılan öğrencilerin %59'u (f=124), grafik eğrisinin çizilmesi kriterini doğru yanıtlamalarına rağmen beşinci soruyu tam doğru yapan dört öğrencinin bulunduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 2). Beşinci soruda verilen veri seti ve sorunun doğru grafik çizimi Tablo 14'te belirtilmiştir.

Tablo 14**Beşinci Soruda Verilen Veri Seti ve Sorunun Doğru Grafik Çizimi**

GÇBF'da yer alan 5. soru.	Beşinci soru için beklenen doğru grafik.												
<table border="1"> <tr> <td>Zaman t(s)</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Hız V(m/s)</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> </table>	Zaman t(s)	0	1	2	3	4	Hız V(m/s)	0	2	4	6	8	
Zaman t(s)	0	1	2	3	4								
Hız V(m/s)	0	2	4	6	8								

Beşinci soruya yönelik öğrenci çizimleri incelendiğinde, Ö38 numaralı öğrencinin eksenleri isimlendirme ve veri girişinde hatalarının ve eksikliklerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencinin grafik eğrisini yanlış çizdiği de görülmüştür (Bkz. Tablo 15). Grafik eksenlerinde yanlış nokta oluşturan Ö36 numaralı öğrencinin, eksenleri isimlendirmede, veri girişini ve grafik eğrisinin çizimini hatalı yaptığı görülmektedir. Ö121 numaralı öğrenci, grafik eğrisinin çizimini doğruya yakın yaptığı tespit edilmiştir. Eksenleri isimlendirmeyen aynı öğrencinin nokta oluşturma ve veri girişini kısmen doğru yaptığı tespit edilmiştir.

Tablo 15**Öğrencilerin Beşinci Soruya Yönelik Çizmiş Oldukları Grafik Örnekleri**

Ö38'ün çizmiş olduğu grafik	Ö36'nın çizmiş olduğu grafik	Ö121'in çizmiş olduğu grafik

GÇBF yer alan sorulara verilen yanıtlara göre farklı başarı düzeyleri gösteren öğrencilerle yapılan görüşmelerde, öğrencilerin grafik çiziminde, veri girişi, nokta oluşturma ve grafik eğrisinin çiziminde sorunlar yaşadıklarını ifade ettikleri görülmüştür. Örneğin grafik eğrisinin çiziminde KÖ120 numaralı öğrenci yaşadığı zorluğu “Mesela ivme sabitse hızın nasıl olacağını doğru mu olacağını yoksa hızlanan mı bunlarda zorlanıyorum karar vermekte.” şeklinde belirttiği görülmüştür. Aynı öğrencinin bu konuda yaşadığı zorluğu görüşmede “Sadece nokta oluşturmakta yani zorlanıyorum parabol mü, hızlanan mı çizeceğim diye” cümlesiyle bir kez daha tekrar ifade ettiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde KÖ123 numaralı öğrencide grafik çiziminde yaşadığı sorunu “Konum-zaman grafiği çizerken parabolik olduğunda zorlanıyorum.” şeklinde belirttiği belirlenmiştir. Görüşmede grafik

çiziminde veri girişine yönelik yaşanan zorluğu KÖ122 numaralı öğrencinin “*Veri girişinde sıkıntı yaşıyorum formülden hesaplama yaparken.*” cümlesiyle ifade ettiği görülmüştür.

Yapılan görüşmelerde öğrencilerin grafik çizmenin grafik okuma-yorumlamaya göre daha zor olduğunu belirttikleri tespit edilmiştir. Grafik çizmenin grafik okuma-yorumlamaya göre daha zor olduğunu KÖ36 numaralı öğrencinin yapılan görüşmede “*Aslında ikisinde de zorlandığımı düşünüyorum ama grafik çizmek daha zor.*” şeklinde ifade ettiği belirlenmiştir. Öğrenciler ayrıca doğru grafik çizimi yapabilmek için grafik okuma-yorumlama ve fizik konu/alan bilgisinin yanı sıra matematik ve geometri derslerinin de iyi olması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca aynı öğrenci grafik çiziminde başarılı olunabilmesi için matematik ve geometri de başarılı olunması gerektiği fikrini “*Matematik ve geometride daha başarılı olursam burada da daha iyi olacağımı düşünüyorum.*” cümlesiyle söylediği görülmüştür. Grafik çizmenin grafik okuma-yorumlamaya göre daha zor olduğunu düşünen EÖ60 numaralı öğrenci, grafik çizebilmek için grafik okuma becerisinin daha iyi olması gerektiğini görüşmede “*Grafiği çizebilmek için grafik okuma yetisinin daha iyi olması gerektiğini düşünüyorum.*” şeklinde ifade etmiştir. KÖ9 numaralı öğrenci ise “*Konu eksikliğimden kaynaklı olduğunu düşünüyorum.*” ifadesi ile konu bilgisinin eksikliğinden kaynaklı olarak grafik çiziminde grafik okuma-yorumlamaya göre daha çok zorlandığını belirttiği görülmüştür.

Öğrencilere görüşmelerde fizikte grafik içeren soru türleri hakkında ne düşündükleri sorulduğunda, öğrencilerin bu tür soruların diğer fizik sorularına göre daha zor olduklarını belirtmişlerdir. Öğrenciler ayrıca grafik içeren soru türlerini kafa karıştırıcı bularak endişelendiklerini ifade ettikleri görülmüştür. EÖ8 numaralı öğrenci görüşmelerde “*Grafik sorularının zor olduğunu düşünüyorum.*” ve “*Biraz endişelendiriyor yapamayacağım gibi geliyor kafamı karıştırıyor çok.*” ifadelerini kullanarak grafik sorularını zor bularak endişelendiğini belirttiği görülmüştür. Grafik içeren soruları yanlış yapacağını düşünen EÖ64 numaralı öğrenci bu fikrini görüşmede “*Özellikle grafik çizmemiz gereken sorularda yanlış yapacağımdan endişelenirim.*” şeklinde ifade ettiği tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar doğrultusunda, öğrencilerin grafikleri çizerken eksenleri isimlendirmede, veri girişinde, nokta oluşturmada, noktaları birleştirmede sorun yaşadıkları görülmektedir. Grafiği çizerken, çizgi grafiğinin doğru veya eğri şeklinde olup olmadığı konusunda da karar vermede zorluklar yaşayan öğrencilerin, grafik içeren fizik sorularını zor ve kafa karıştırıcı bularak endişelendikleri de söylenebilir. Ayrıca öğrencilerin grafik çiziminde başarılı olabilmek için

konu/alan bilgisi, grafik okuma-yorumlama ve matematik ve geometri bilgilerinin de iyi olması gerektiğini belirttikleri görülmektedir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Lise öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusuna yönelik grafik çizme düzeylerinin incelendiği araştırmada, öğrencilerin hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerine yönelik grafik çizimlerinde hatalarının ve eksikliklerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin grafik eksenlerini değişkenlere göre isimlendiremedikleri, verileri doğru yazamadıkları ve nokta oluşturamayıp grafikleri istenildiği gibi tam doğru çizemedikleri görülmüştür. Yapılan görüşmelerde de öğrenciler, grafik çizerken eksenleri etiketleme, veri girişi, nokta oluşturma, noktaları birleştirmede sorun yaşadıklarını belirttikleri görülmüştür. Araştırma sonucunda öğrencilerden sadece %3'ünün istenilen tüm grafik çizimlerini tam olarak doğru yaptığı görülmüştür. Alanyazın incelendiğinde araştırma sonucunu destekleyen çalışmaların bulunduğu görülmektedir (Aydın ve Tarakçı, 2018; Bayazıt, 2011; Ercan ve diğerleri, 2018; Eryılmaz-Toksoy, 2020; Kranda ve Akpınar, 2020; Sezgin-Memnun, 2013; Uyanık, 2007). Kuvvet ve hareket konusu fizik dersi konularının içerisinde en çok grafik içeren konular içerisinde yer almaktadır. Konum, hız ve ivmenin zamanla değişimini gösteren hareket grafikleri, hareket konusunun öğrenciler tarafından anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Aydın ve Tarakçı, 2018). Öğrenciler grafik sorularının çözümünde ilgili konuya yönelik fizik formüllerini kullanabilmelerinin yanı sıra grafiklere yönelik özellikleri kullanarak da soruları çözebilirler. Örneğin hız-zaman grafiklerinde, öğrencinin grafik eğrisinin belli zaman aralıkları için eğimini bulması ivme-zaman grafiğini veya altında kalan alanı hesaplanması konum-zaman grafiğini fizik formülü kullanmasına gerek kalmadan çizmesine yardımcı olacaktır. Ancak öğrencilerin yanlış ve hatalı grafik çizimleri doğrultusunda, araştırmaya katılan öğrencilerin kuvvet ve hareket konusunu yönelik yanlış ve eksik öğrenmelerinin yanı sıra konuya yönelik grafik bilgilerinde de yanlış ve eksik bilgilerinin bulunabileceği söylenebilir.

Araştırmada elde edilen sonuçlardan bir diğeri ise, öğrencilerin büyük bir bölümünün hız-zaman grafiği verilen bir aracın, hareket türünü ve hareket yönünü doğru olarak ifade etmelerine rağmen, bu bilgilerini kullanarak ivme-zaman grafiklerini aynı doğruluk oranında çizemediklerinin belirlenmesidir. Araştırmada elde edilen bu sonucu destekleyen alanyazında çalışmalarında belirtildiği görülmektedir (Eryılmaz-Toksoy, 2020). Bu sonuç öğrencilerin grafik çiziminde grafik okuma-yorumlama becerisinin, grafik çizme becerisi için yeterli ve tek koşul olmadığını gösterdiği söylenebilir. Yapılan görüşmelerde, öğrencilerin grafik çizmenin grafik okuma-yorumlamadan daha zor olduğunu belirttikleri görülmüştür. Ayrıca araştırmaya katılan

öğrencilerin grafiklerde başarılı olabilmeleri için grafik okuma-yorumlama, konu/alan bilgisi, matematik ve geometri derslerinin de iyi olması gerektiğini belirttikleri de belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda, öğrencilerin doğru grafik çizimleri yapılabilmesi için grafik okuma-yorumlama ve çizme becerilerin yanı sıra fizik ve matematik konu bilgisinin de yeterli düzeyde bulunması gerektiğine inanılmaktadır. Benzer olarak Aydın ve Tarakçı (2018), çalışmasında öğretmen adaylarının doğrunun eğimi, grafik eğrilerinin altında kalan alanı hesaplamada zorlandıklarını ve bunun matematik bilgi eksikliğinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Grafik okuma-yorumlama ve grafik çizmenin bilimsel süreç becerileri ile olan ilişkisine bakıldığında, okulöncesi eğitimden itibaren bu becerileri kazandırmaya yönelik uygulamaların yapılması öğrencilerin bu yöndeki becerilerini arttırılabileceği düşünülmektedir.

Özellikle fizik dersi içerisinde grafik içeren konularda grafiklere yönelik yeterli uygulamaların yaptırılması gerektiği düşünülmektedir. Konulara yönelik grafik çizilmesi ve yorumlanmasının, ilgili kavramlar arasındaki ilişkilerin anlaşılmasına da katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Ayrıca hareket konularına yönelik grafik içeren veya içermeyen soru türlerinde hem grafik özellikleri kullanılarak hem de ilgili formüller kullanılarak soruların çözümlerinin yapılması gerektiği düşünülmektedir. Çünkü birçok öğrenci tarafından çok fazla formül içerdiği için anlaşılması zor ve karmaşık görülen fizik konularının (Aycan ve Yumuşak, 2003), grafikler yardımıyla daha kolay anlaşılmasına da yardımcı olunabileceğine inanılmaktadır.

GÇBF’nda ikinci sorunun a şıkkına yönelik bulgular incelendiğinde, hız-zaman grafiği bazı öğrenciler tarafından grafik doğrusunun zaman eksenine yaklaşmış olduğu aralık için hareket yönü negatif yön olarak algılandığı belirlenmiştir. Oysaki hız-zaman grafiklerinde, grafik eğrisinin zaman eksenine yaklaşması hareketlinin hızının azaldığını ifade etmektedir. Araştırmada ayrıca grafik eğrisinin zaman ekseninin altında kalan bölümü yani negatif bölgedeki çizgi grafiği öğrenciler tarafından yavaşlayan hareket olarak algılandığı da tespit edilmiştir. Ancak ikinci soruda bu durum negatif yönde hızlanmayı ifade etmektedir. Grafiğin bu şekilde algılanmasının nedeni olarak öğrencilerin grafiği sadece bir resim olarak görmeleri, grafik okuma-yorumlamaya veya grafik özelliklerine yönelik yanlış ve eksik bilgilerinin olabileceği düşünülmektedir. Demirci ve Uyanık (2009), yaptığı araştırmanın sonucunda öğrencilerin konum-zaman grafiklerini aracın izlediği yol gibi düşündüklerini ve hız-zaman grafiklerinde ise iki aracın keşiştiği anda araçların birbirini yakaladıklarını düşündüklerini belirterek öğrencilerin grafikleri resim gibi gördüklerini tespit etmişlerdir. Öğrencilerin grafikleri çizerken ya da çizilmiş olan grafikleri yorumlarken, grafikleri değişkenler arasındaki ilişkileri göstermekten çok resim gibi gördüklerini yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir

(Hadjidemetriou ve Williams, 2002; Kwon, 2002). Eryılmaz-Toksoy (2020), kuvvet-hareket konusunda bulunan hız-zaman grafiklerinde öğrencilerin hareket türü ve hareket yönüne örnekler vermede güçlükler çektiğini tespit etmiştir. Yaşanılan bu güçlüklerin nedenlerinden biri ise ivme kavramına yönelik yanlış veya eksik bilgiden kaynaklandığını ifade etmişlerdir (Mchunu ve Imenda, 2012). Araştırmada hız-zaman grafiğine yönelik ayrıca öğrencilere ivme-zaman grafiği verilerek, hız-zaman grafiğini çizmeleri istenilmiştir. Elde edilen sonuçlar grafik çiziminde öğrencilerin sorunlar yaşadıklarını göstermektedir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde, araştırma sonucunu destekleyen çalışmaların olduğu görülmektedir (Vučeljić ve Šuškačević, 2016). İvme-zaman grafiklerinde grafik eğrisinin alanı, belirlenen zaman aralığı için hareketlinin hızındaki değişimi vermektedir. Bu matematik bilgisi ile ivmeli harekete yönelik formüller kullanılmadan da grafik çizimi yapılabilir. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda araştırmaya katılan öğrencilerin ivme kavramına yönelik yanlış ve eksik bilgilerinin bulunmasının yanı sıra matematik bilgilerinde de sorunlar olabileceği düşünülmektedir. Ancak bazı araştırmalarda, öğrencilerin kinematik grafiklerinde zorlanmalarının temel nedenin matematik bilgi eksikliği olmadığı (Planinic ve diğerleri, 2012) ve matematik bilgilerini fizikteki grafiklere nasıl uygulayacaklarını bilmediklerinin belirtildiği görülmektedir (Erceg ve Aviani, 2014). Öğrencilerin grafikleri daha iyi anlamlandırmaları için, öğretmenlerin konuya yönelik disiplinler arası örnekler vermelerinin etkili olacağına inanılmaktadır.

Araştırma da elde edilen bir başka sonuç ise, öğrencilerin %58'i kuvvet-zaman grafiği verilen bir cismin ivme-zaman grafiğini doğru çizilemeyerek boş bırakıldığının belirlenmesidir. Sürtünmenin ihmal edildiği bir ortamda doğrusal bir yolda hareket eden bir cisme ait kuvvet-zaman grafikleri ile ivme-zaman grafikleri şekil olarak birbirlerine benzemektedir. Her iki grafikte yatayda yer alan zaman eksenindeki veriler aynı olmakla birlikte, düşeyde yer alan kuvvet ve ivme değerlerinin oranı, Newton'ın İkinci Hareket Yasası $\vec{F}_{net} = m \cdot \vec{a}$ gereği cismin kütlesine eşittir. İki grafik arasındaki fark, sadece kütleyle bağlı olarak düşey eksenindeki verilerin değişmesi şeklindedir. 11. sınıf fizik öğretim programı içerisinde, net kuvvet etkisindeki cisimlerin hareketi ile ilgili kazanımların bulunduğu ve ders kitabında da konuya ilişkin bilgilerinde verildiği görülmektedir (MEB, 2018; Gür ve Yılmaz, 2018). Ancak araştırma sonucunda öğrencilerin fizik konu bilgisini grafik çizimi ile ilişkilendiremedikleri düşünülmektedir. Elde edilen bu sonuç öğrencilerin fizik konu bilgisinin yanı sıra, matematik ve mantıksal düşünme ile ilgilide sorunlarının olabileceğini göstermektedir (Bektaşlı ve White, 2012). Araştırmaya katılan öğrencilerin matematik ve fen alanına ilgi duyan ve sayısal ağırlıklı derslere yönelen 11. sınıf öğrencileri olduğu düşünüldüğünde elde edilen sonuç daha da önemli olmaktadır.

Araştırma kapsamında öğrencilerin grafiklere yönelik matematik bilgileri veya konuya yönelik fizik bilgileri sorgulanmamıştır. Ancak ileride yapılacak farklı araştırmalarda öğrencilerin grafik çizimini etkileyen faktörleri de içine alacak şekilde planlanma yapılması gerektiği önerilmektedir.

Araştırma sonucunda, öğrencilerin (%59) verilen veri setine yönelik grafik çizimlerinin doğruluk oranının diğer grafik dönüştürme-çizme sorularına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuç doğrultusunda öğrencilerin grafikten yararlanıp grafik çizmede daha fazla zorluklar yaşadığı söylenebilir. Grafik dönüştürme becerisini içeren bu süreçte öğrencilerin grafikler arasında geçiş yapamadığı belirlenmiştir. Benzer olarak McDermott vd. (1987), öğretmen adaylarıyla yaptığı araştırma sonucunda bir grafik çeşidini diğer bir grafik çeşidine dönüştürmede zorluklar yaşadığını tespit etmişlerdir. Coştu (2007), öğrencilerin kavramsal, algoritmik ve grafik içeren sorulardaki performanslarında anlamlı farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yaptığı araştırma sonucunda kavramsal anlama ile grafiksel anlama arasında pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlardan bir diğeri ise bu soru türleri arasında öğrencilerin performansı en düşük grafiksel sorular olduğunu ve grafikleri anlamada eksiklikleri olduklarını belirtmiştir. Benzer olarak Kurnaz (2013), lise öğrencilerinin fizik derslerinde kavramsal, algoritmik ve grafiksel soru çözüme başarılarını incelemek amacıyla yaptığı araştırmanın sonucunda bu soru türleri arasında en düşük başarının grafiksel soru türleri olduğunu tespit etmiştir. Bununla ilgili olarak öğretmenlerin derslerinde öğrencilere grafik çizimi ile ilgili ön bilgilerini ortaya çıkararak grafik çiziminin nasıl yapılması gerektiği hakkında öğrencilerine ön bilgilendirmede bulunmaları önerilebilir. Öğrencilerin grafikleri daha iyi anlamlandırabilmeleri için öğretmenler simülasyon ve animasyon programlarından da yararlanabilirler. Aynı anda hem cismin hareketini hem de harekete yönelik grafik çizimini birlikte gösteren bu tür programların, grafiklerin öğrenciler tarafından anlaşılmasında etkili olacağına inanılmaktadır. Ayrıca uygulamalarda grafik çizimin yanı sıra verilen bir grafiğin okuma-yorumlanmasına yönelikte etkinliklere yer verilmesi gerektiği önerilmektedir. Bu etkinlikler yardımıyla öğrencilerin hem eksiklikleri giderilebilir hem de hatalı bilgileri belirlenerek düzeltilebileceği düşünülmektedir.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde, grafik içeren soru türlerini zor bulduklarını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Aydın ve Tarakçı (2018), çalışmasında da öğrencilerin grafik içeren soru türlerini zor bulduklarını ifade etmişlerdir. Grafik içeren fizik sorularını kafa karıştırıcı bularak endişelendiklerini belirten öğrenciler ayrıca grafik içeren soru türlerinden korktuklarını da ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Kranda ve Akpınar (2020), çalışmasında öğrencilerin grafik içeren soru türlerini kafa karıştırıcı bularak endişelendiklerini belirtmişlerdir. Grafiklere

yönelik endişe ve korku gibi duygular öğrencilerin kaygılarını arttırabileceği gibi öğrenmelerini ve başarılarını olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda öğrencilerin grafiklere yönelik kaygı düzeylerinin belirlenmesi gerekli önlemlerin alınmasında önemli katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

Bu araştırmada kuvvet ve hareket konusuna yönelik grafik çizme düzeyleri incelenmiştir. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda öğrencilerin hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerine yönelik grafik çizimlerinde zorluklar yaşadıkları söylenebilir. Öğrencilerin grafik çizimlerine yönelik hata ve eksikliklerinin nedenleri farklı bir araştırma konusu olarak ayrıntılı olarak incelenmesi konu ile ilgili önemli eksikliklerin giderilmesine katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Öğrencilerin fizik konularına yönelik grafik okuma-yazma ve çizme becerilerinin incelendiği araştırmalarda, fizik ve matematik konu bilgisinin yanı sıra kavram yanılgılarının belirlenmesinin de elde edilen sonuçları yorumlamada alan eğitimcilerine yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca grafik içeren diğer fizik konularında da, öğrencilerin grafik çizme becerilerinin ve karşılaştıkları zorlukların belirlenmesinin konuların öğretimine yönelik, gerekli önlemlerin alınması bakımından alan eğitimcilerine önerilmektedir.

Etik Kurul İzin Bilgisi: *Bu araştırma, Hacettepe Üniversitesi Etik Komisyonunun 04.09.2018 tarihli toplantı sayısı ve35853172-300 sayılı kararı ile Etik Kurul onayı alınarak yapılmıştır. Ayrıca Ankara İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün 14588481-605.99-E.19187471 sayılı 12.10.2018 tarihli yazısı ile anket ve araştırma yapma izinleri alınarak tamamlanmıştır.*

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi: *Araştırmada yer alan yazarların herhangi bir çıkar çatışmaları bulunmamaktadır.*

Yazar Katkısı: *Birinci Yazar, problem durumunun belirlenmesi, literatür taraması, verilerin toplanması, verilerin analizi, bulgular, tartışma ve sonuç kısmında katkı sağlamıştır. İkinci Yazar, problem durumunun belirlenmesi, literatür taraması, verilerin analizi, bulgular, tartışma ve sonuç kısmında katkı sağlamıştır.*

Kaynakça

- Arpaguş, E. K., Ünsal, Y. ve Moğol, S. (2011). Görsel okumanın ortaöğretim öğrencilerinin küresel aynalar ve mercekler konusundaki başarılarına etkisi. *E-Journal of New World Sciences Academy (NWSA)*, 6(3), 1972-1981.
- Aycan, Ş., ve Yumuşak, A. (2003). Lise müfredatındaki fizik konularının anlaşılma düzeyleri üzerine bir araştırma. *Milli Eğitim Dergisi*, 159, 171-180.

- Aydın, A. ve Tarakçı F. (2018). Fen bilimleri öğretmen adaylarının grafikleri okuma, yorumlama ve hazırlama becerilerinin incelenmesi. *İlköğretim Online*, 17(1), 469-488. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2018.413806>
- Bahtaji, M. A. A. (2020). Improving students graphing skills and conceptual understanding using explicit Graphical Physics Instructions. *Cypriot Journal of Educational Science*. 15(4), 843-853. <https://doi.org/10.18844/cjes.v15i4.5063>
- Bayazıt, İ. (2011). Öğretmen adaylarının grafikler konusundaki bilgi düzeyleri. *Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(4), 1325-1346.
- Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750-762.
- Bektasli, B., & White, A. L. (2012). The relationships between logical thinking, gender, and kinematics graph interpretation skills. *Eurasian Journal of Educational Research*, 48, 1-19. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1057377.pdf>
- Berg, C. A., & Philips, D.G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking and the ability to construct and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 323-344. Doi:10.1002/TEA.3660310404
- Bozkurt, E. (2008). *Fizik eğitiminde hazırlanan bir sanal laboratuvar uygulamasının öğrenci başarısına etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Bütüner, S. Ö., ve Uzun, S. (2011). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: Fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar. *Kuramsal Eğitimbilim*, 4(2), 262
- Charpenter, P. A. & Shah, P. (1998). A model of the perceptual and conceptual processes in graph comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(2), 75-100. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.4.2.75>
- Coştu, B. (2007). Comparison of students' performance on algorithmic, conceptual and graphical chemistry gas problems. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 379-386.
- Coştu, F. ve Satılmış, S. (2020). Fizik dersi hareket konusunda kavramsal, işlemsel ve grafiksel soruları çözme başarılarının karşılaştırılması. 2. *Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi*, 19-22 Kasım, Bursa.
- Çoramık, M., ve Özdemir, E. (2021). Veri toplama kartı ve Labview kullanılarak yay sabitinin belirlenmesi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 9(1), 111-126.
- Demirci, N., ve Uyanık F., (2009). Onuncu sınıf öğrencilerinin grafik anlama ve yorumlamaları ile kinematik başarıları arasındaki ilişki. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 3(2), 22-51. Doi: 10.17522/NEFEFMED.97970

- Ercan, O., Coştu, F., ve Coştu, B. (2018). Öğretmen adaylarının grafik çiziminde karşılaştıkları güçlüklerin belirlenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(6), 1929-1938. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.2227>
- Erceg, N., & Aviani, I. (2014). Students' understanding of velocity-time graphs and the sources of conceptual difficulties. *Croatian Journal of Education (Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje)*, 16(1), 43-80. <https://hrcak.srce.hr/120164>
- Eryılmaz-Toksoy, S. (2020). 11. Sınıf öğrencilerinin hareket türlerini açıklama ve ilgili grafikleri çizme, yorumlama bilgilerinin incelenmesi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(3), 1423-1441. <https://dx.doi.org/10.17240/aibuefd.2020..-618011>
- Friel, S. N., Curcio, F. R. & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal of Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158. Doi: 10.2307/749671
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literatüre. *Studies in Science Education*, 47(2), 183-210. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.605307>
- Gür, M. ve Yılmaz, Ş. (2018). *Ortaöğretim fizik ders kitabı 11*. Ankara: Tutku Yayıncılık.
- Hadjidemetriou, C., & Williams, J.S. (2002). Children's graphical conceptions. *Research in Mathematics Education*, 4, 69-87. <https://doi.org/10.1080/14794800008520103>
- Kanlı, Y., ve Yağbasan, R. (2008). 7E modeli merkezli laboratuvar yaklaşımının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmedeki yeterliliği. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(1), 91-125.
- Karasar, N. (2002). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (11.Baskı). Ankara: Nobel Yayınları.
- Kaygısız, G. M., Benzer, E., ve Uçar, M. (2017). Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine dayalı deney tasarımlarının değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 7(3), 467-483.
- Kranda, S., ve Akpınar, M. (2020). Students' views about difficulties they are experienced with in graphic reading and drawing. *Hacettepe University Journal of Education*, 35(2), 415-427. doi: 10.16986/HUJE.2019050634
- Kurnaz, M. A. (2013). An analysis of Turkish high school students' performance on conceptual, algorithmic and graphical physics problems. *Journal of Asian Scientific Research*, 3(7), 698-714.
- Kwon, O. N. (2002). The effect of calculator based ranger activities on students' graphing ability. *School Science and Mathematics*, 102(2), 57-67.
- Lai, K., Cabrera, J., Vitale, J. M., Madhok, J., Tinker, R., & Linn, M. C. (2016). Measuring graph comprehension, critique, and construction in science. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 665-681.

- Lowrie, T., & Diezmann, C. M. (2007). Middle school students interpreting graphical tasks: difficulties within a graphical language, in *4th East Asia Regional Conference on Mathematics Education, 18-22 June, Penang, Malaysia*, Conference Paper, 611-617.
- Martin, D. J. (1997). *Elementary science methods: a constructivist approach*. Delmar Publishers, NY.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L. & van Zee, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 6, 503. <https://doi.org/10.1119/1.15104>
- Mchunu, S. P., & Imenda, S. (2012). The alternative conceptions held by high school students in mechanics. *Science in Society*, 4(1), 25-42. <https://doi.org/10.18848/1836-6236/CGP/v04i01/51358>
- Mckenzie, D. L. & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of research in science teaching*, 23(7), 571-579. <https://doi.org/10.1002/tea.3660230702>
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Ortaöğretim fizik dersi (9,10,11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. MEB Yayıncılık. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=351>
- Murphy, L. D. (1999). Graphing misinterpretations and microcomputer-based laboratory instruction: with emphasis on kinematics. <https://mste.illinois.edu/murphy/Papers/GraphInterpPaper.html> 04.01.2023 tarihinde erişilmiştir.
- Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2002). Developing effective methods of assessing ideas and evidence, *School Science Review*, 83(305), 113-123.
- Özgün-Koca, A. (2008). Öğrencilerin grafik okuma, yorumlama ve oluşturma hakkındaki kavram yanılgıları. Özantar, F. Ö., Bingölbali, E. ve Akkoç, H. (Ed), *Matematiksel Kavram Yanılgıları ve Çözüm Önerileri*, Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık, 61-89.
- Parmar, R. S. & Signer, B. R. (2005). Sources of error in constructing and interpreting graphs: A study of fourth and fifth grade students with LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38(3), 250-261. Doi:10.1177/00222194050380030601
- Planinic, M., Milin-Sipus, Z., Katic, H., Susac, A., & Ivanjek, L. (2012). Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1393-1414. Doi:10.1007/S10763-012-9344-1
- Rezba, R. J., Sparague, C. S., Fiel, R. L., Funk, H. J., Okey, J. R., & Jaus, H. H. (1995). *Learning and assessing science process skills*. Kendall.
- Rosenquist, M. L., & McDermott, L. C. (1987). A conceptual approach to teaching kinematics. *American Journal of Physics*, 55(5), 407-415. <https://doi.org/10.1119/1.15122>
- Seçken, N., ve Çelik, Ç. (2021). Lise öğrencilerinin kimyasal denge konusunda grafik yorumlama becerilerinin incelenmesi. *Journal of Research in Education and Society*, 8(1), 179-204. <https://doi.org/10.51725/etad.875931>

- Sezgin-Memnun, D. (2013). Ortaokul yedinci sınıf öğrencilerinin çizgi grafik okuma ve çizme becerilerinin incelenmesi. *Turkisch Studies-International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 8(12), 1153-1167.
- Tarakçı, F. (2016). *Fen bilimleri öğretmen adaylarının grafikleri okuma, yorumlama ve hazırlama becerilerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye.
- Tairab, H. H., & Khalaf Al-Naqbi, A. K. (2004). How do secondary school science students interpret and construct scientific graphs? *Journal of Biological Education*, 38(3), 127-132. Doi:10.1080/00219266.2004.9655920
- Uyanık, F. (2007). *Ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin grafik anlama ve yorumlamaları ile kinematik başarıları arasındaki ilişki*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye.
- Vučeljić, M., & Šuškačević, M. (2016). Achievements of Montenegrin high-school students in Tugk test (test of understanding graphs–kinematics). *AIP Conference Proceedings*, 1722(1), 310007. <https://doi.org/10.1063/1.4944317>
- Woolnough, J. (2000). How do students learn to apply their mathematical knowledge to interpret graphs in physics?. *Research in Science Education*, 30(3), 259-267.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

Ekler

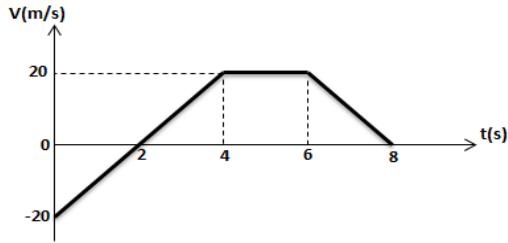
EK-A Grafik Çizme Beceri Formu

Adı Soyadı:

Cinsiyet:

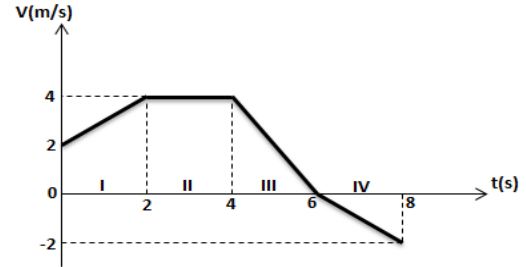
Sevgili Öğrenciler; Bu testte, kuvvet ve hareket konuları ile ilgili grafik çizme becerilerini ölçen beş tane açık uçlu soru yer almaktadır. Katılımınız için teşekkürler.

1.



$t=0$ anında başlangıç noktasında ki bir hareketlinin (0 - 8s) zaman aralığındaki hız-zaman grafiği şeklindeki gibidir. Buna göre hareketlinin konum-zaman grafiğini çiziniz.

2.

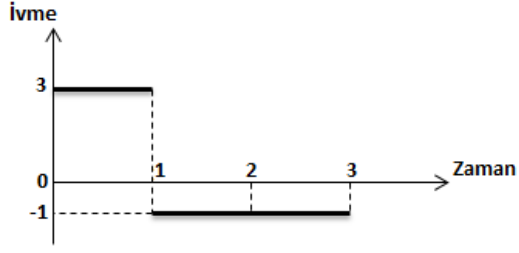


Doğrusal bir yola, $t=0$ anında konumu $x_0=0$ olan bir aracın hız-zaman grafiği şeklindeki gibidir.

a) I , II , III ve IV bölgelerinde aracın hangi yönde hareket ettiğini ve hareket çeşidini açıklayınız.

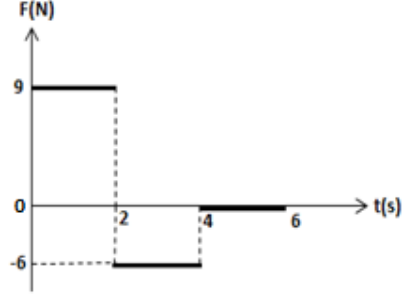
b) Aracın (0 - 8s) zaman aralığındaki ivme-zaman grafiğini çiziniz.

3.



Doğrusal bir yolda, durgun halden harekete başlayan bir aracın ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir. Buna göre aracın (0-3s) zaman aralığındaki hız-zaman grafiğini çiziniz.

4.



Sürtünmesiz yatay düzlem üzerinde durmakta olan 3 kg kütleli cisme uygulanan yatay kuvvetin zamanla değişim grafiği şekildeki gibidir. Bu hareketlinin (0 - 6s) zaman aralığındaki;

- İvme-zaman grafiğini çiziniz.
- Hız-zaman grafiğini çiziniz.
- Konum-zaman grafiğini çiziniz.

5.

Zaman t(s)	0	1	2	3	4
Hız V(m/s)	0	2	4	6	8

Doğrusal yolda hareket eden bir aracın hızının zamanla değişimi ile ilgili veriler yukarıdaki çizelgede verilmiştir. Buna göre, aracın (0 - 4s) zaman aralığındaki ivme-zaman grafiğini çiziniz.

EK-B Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu**Görüşme Soruları**

- Fizikte grafik içeren soru türleri hakkında ne düşünüyorsun?

Cevabınız evet ise; neden(ler)inizi açıklayabilir misiniz?

Cevabınız hayır ise; neden(ler)inizi açıklayabilir misiniz?

- Grafik sorularının zor olduğunu düşünüyor musunuz?

Cevabınız evet ise; neden(ler)inizi açıklayabilir misiniz?

Cevabınız hayır ise; neden(ler)inizi açıklayabilir misiniz?

- Grafik çizmede başarılı olabilmen için hangi bilgi ve becerilere sahip olman gerektiğini düşünüyorsun?

Neden?

- Grafik okuma ve yorumlama ile grafik çizmeyi karşılaştırsak hangisinde daha çok zorlandığınızı düşünüyorsunuz?

Neden?

- Grafik çizerken nelere dikkat ediyorsunuz?

- Grafik çizerken karşılaştığınız güçlüklerden bahsedebilir misiniz?

- Grafik çizerken eksen seçimi, eksen etiketleme, eksen ölçekleme, veri girişi, nokta oluşturma ve noktaları birleştirmede sorun yaşadığınızı düşünüyor musunuz?



Investigation of High School Students' Graph Drawing Levels for Force and Motion *

Betül Şeyma YELTEKİN ATAR¹ & Işıl AYKUTLU²

Abstract

"Force and motion" is one of the subjects of physics classes that includes the most graphs. Enabling one to understand the relationship between variables, graphs have an important place in physics courses. A total of 209 11th grade students at an Anatolian High School participated in this study which was carried out to determine graphs drawing levels of high school students related to force and motion. A Graph Drawing Skill Form (GDSF) containing five open-ended questions was used as a data collection tool. In the analysis of students' graphs, an evaluation rubric was used, which was based on the scoring rubric designed by Tarakçı (2016) with additional categories and criteria. To support the findings of the study, semi-structured interviews were carried out with 42 students (20% of the total). At the end of the study, it was determined that students had difficulty drawing the velocity-time, acceleration-time, and position-time graphs. Moreover, it was seen that students had errors and issues with naming the axis of graphs, writing down the data on the axis, creating a point, and drawing a curve graph. Based on the findings of the study, it is recommended that applications that require using more graphs should be part of the curriculum so that students have a better understanding of graphs used in physics. It is believed that using simulations or animations which present the graph, and the motion of the object simultaneously would be more effective in students' understanding of graphs in force and motion.

Article Details

Research Article

Received

10/11/2022

Accepted

13/06/2023

Published

15/01/2024

Key words

Force and motion,
Level of graph drawing,
Line graph,
High school students

* This article was culled from one of the chapters of the first author's master's thesis, which she wrote under the advisership of the second author.

1 Hacettepe Üniversitesi, <https://orcid.org/0000-0002-8594-1517>

betulseymayeltekin@gmail.com (Corresponding Author)

2 Hacettepe University, <https://orcid.org/0000-0003-4068-0453>

aykutlu@hacettepe.edu.tr

Suggested Citation:

Yeltekin Atar, B. Ş., & Aykutlu, I. (2024). Investigation of high school students' graph drawing levels for force and motion. *Pamukkale University Journal of Education*, 60, 65-95. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1202430>

Introduction

Visual aids such as graphs are utilised in physics classes to help students learn more easily (Bozkurt, 2008). Ensuring that data would be understood more effectively, graphs also contribute to a more effective comprehension of abstract concepts in physics (Lowrie & Diezman, 2007; McKenzie & Padilla, 1986). Graphs are an indispensable part of physics education as they are used in displaying qualitative and quantitative data together and in expressing laws in physics (Çoramık & Özdemir, 2021). Students' skills in using graphs can be analysed under three headings: interpretation ability, modelling ability, and transformation ability. Interpretation ability can be defined as the ability to verbally express the graph. Modelling ability, on the other hand, is the ability to draw a graph of an observed event. Transformation ability refers to the ability to draw another graph based on a given graph (Kwon, 2002). Arguing that in order to interpret a graph, one needs to identify the information, find out the relationship between data, and then analyse this relationship, Charpenter & Shah (1998) indicated that these denote, data reading, inter-data reading, and trans-data reading. Explaining to the students during the teaching process how to extract information from graphs and how to interpret the distance between two points on the graph activates students' advanced thinking skills including critical thinking, problem solving, and creativity (Bahtaji, 2020). In this respect, graph using skills are among the fundamental skills of the scientific process (Kanlı & Yağbasan, 2008; Martin, 1997; Osborne & Ratcliffe, 2002; Rezba et al., 1995). In a study on students' levels of designing an experiment, it was seen that pre-service teachers have difficulty creating a table and drawing a graph (Kaygısız et al, 2017). In her study, Beichner (1994) determined that students find it difficult to interpret kinematic graphs and regard graphs as pictures rather than a relationship between variables. Tairab and Khalaf Al-Naqbi (2004) indicated that students lack the necessary knowledge and skills concerning both graph reading-interpretation and graph drawing. Similarly, Glazer (2011) argued that students had difficulty reading-interpreting, converting, and drawing graphs; and claimed that there was a relationship between graph reading-interpretation and drawing graphs. In the same vein, in their study, Berg & Philips (1994) put forth that students with underdeveloped logical thinking strategies had difficulty when they had drawn graphs.

A number of studies in the literature reveal that students have difficulty with graphs (Eryılmaz-Toksoy, 2020; Kranda & Akpınar, 2020; Lai et al., 2016; McDermott et al., 1987; Seçken & Çelik, 2021). McDermott et al., (1987) indicated that students had problems with drawing and interpreting graphs, arguing that among these problems were regarding graphs as pictures, misreading the scale, starting from the origin when drawing the graph, and usually drawing linear graphs.

There are studies in the literature which point to the importance of mathematical skills in drawing and interpreting graphs (Bütüner & Uzun, 2011; Friel et al., 2001; Özgün-Koca, 2008; Parmar & Signer, 2005; Woolnough, 2000). At the end of their study which aimed to determine the relationship between secondary education students' skills of interpreting and drawing kinematic graph, Demirci and Uyanık (2009) found out a meaningful relationship between these two skills. Similarly, Murphy (1999) indicated that students had difficulty with velocity, acceleration, and position graphs. Rosenquist and Mcdermott (1987), on the other hand, argued that one of the reasons for this difficulty was that students could not properly interpret graphs. Coştu (2007) also found that students were not good at comprehending questions that contained graphs. Kurnaz' study (2013) on high school students' conceptual, algorithmic, and graphical question solving success was realised with the participation of 68 high school students. At the end of the study which used open-ended questions, it was found that students were better at algorithmic and conceptual questions than in graphical questions. Lai et al. (2016) found out that many students had difficulty with science concepts when drawing graphs. At the end of their study, in which they examined pre-service teachers' graph reading-interpretation and drawing skills, Aydın and Tarakçı (2018) determined that pre-service teachers had difficulty properly drawing a graph by identifying the beginning point of the graph; they also had difficulty connecting the dots, scaling the axis, and reading-interpreting graphs. In their study, aiming to examine high school students' success in conceptual, operational, and graph questions on motion, Coştu and Satılmış (2020) determined that students had similar success levels in conceptual and operational questions while having low success in graph questions. At the end of her study which aimed to determine students' skills in explaining motion types, drawing graphs, and interpreting graphs, Eryılmaz-Toksoy (2020) found out that there was a meaningful difference in these skills. On the other hand, in their study investigating the challenges seventh graders had in regard to graphs in social studies classes, Kranda and Akpınar (2020) determined that most seventh grade students did not have any difficulty drawing graphs. When students had difficulty drawing a graph, they stated that it was due to the graph being too complex. Bahtaji (2020) did research on improving students' conceptual understanding and use of graphs in physics; he divided students into three groups: the first group of students was presented with pre-drawn graphs; the second group was informed how to form correctly draw a graph, but only the third group of students were taught through actively participating in activities on drawing a graph. Conducted with the participation of 110 undergraduate students, the study concluded that all groups improved on conceptual learning; however, only the group which actively learned

how to form or draw a graph had an improvement in their graph skills. The significant increase in the number of advanced graphs constructed by students who had supportive education in forming and extracting graphs indicated that actively drawing graphs improves students' understanding of graphs and their graph skills.

The Aim and Significance of the Study

Various visual tools such as graphs and schematic data tables are used by teachers and students to analyse information and problems that can be faced in every aspect of life, and render numerous data comprehensible, clear, and effective in a short period of time (Arpaguş et al., 2011). In this respect, having the ability to draw a graph by analysing the relationship between variables and to effectively interpret graphs is highly important in all aspects of life and for all disciplines (Bahtaji, 2020; Bayazıt, 2011). It has been noted students using graphs actively and knowing the variables given in a graph help them both in their daily activities and in understanding abstract concepts (Bahtaji, 2020).

The literature in the field shows that students are not as proficient as they should be with regard to graph reading interpretation and graph drawing in physics (Aydın & Tarakçı, 2018; Eryılmaz-Toksoy, 2020). It is clear that the number of studies in the national literature, which examine students' graph drawing skills concerning motion and force, is quite limited (Aydın & Tarakçı, 2018; Demirci & Uyanık, 2009; Eryılmaz-Toksoy, 2020). Of these studies, only the study by Eryılmaz-Toksoy (2020) was conducted with the participation of 11th grade students; her study focused not only on students' definitions and examples of types of motion but also on their ability to read, draw, and interpret velocity-time, acceleration-time, position-time graphs. Examining high school students' graph drawings of force and motion, which is one of the subjects of physics with the most graphs, this study investigated students' graphs in detail based on several categories, namely tagging the axes of the graph according to variables, writing down data on the axes of the graph, forming a point on the axes of the graph, and drawing the graph curve. Such a detailed examination makes it possible to reveal the lack and mistakes of students in drawing graphics properly. It is believed that the findings obtained from the study would provide educators in the field with important information about how students understand the graphs in force and motion and what difficulties they face in constructing a graph. Considering all these, the aim of this study is to examine 11th grade students' levels of drawing graphs in force and motion.

Study Problem

Aiming to examine 11th grade students' levels of drawing graphs in force and motion, this study seeks an answer to the following study problem:

How do students' levels of drawing graphs of velocity-time, acceleration-time, and position-time change?

Method

The research was conducted using the survey model. The survey model, which is a research approach that aims to describe and define a situation that existed in the past or at the moment by recognizing the existing conditions, is to define and observe the subject of the research and what exists without changing or affecting it in any way (Karasar, 2002). This research was conducted with the approval of the Ethics Committee of Hacettepe University Ethics Commission (the date is 04.09.2018 and the decision number is 35853172-300). Moreover, research and interview permissions were obtained from the Ankara Provincial Directorate of National Education (the date is 12/10/2018 and decision number is 14588481-605.99-E.19187471).

Participants

The participants of the study consisted of 209 11th grade Anatolian High School students. Schools were randomly selected. In the selection of students, criterion sampling, which is one of the non-representative purposeful sampling methods, was used. Criterion sampling studies meet a series of pre-established criteria (Yıldırım & Şimşek, 2011). The basic criterion was that the students were taught force and motion. As participation was voluntary, students were given a child/adolescent information form. Moreover, parents' permission was ensured by using a parent permission form.

Data Collection Tools

Graph Drawing Skills Form

A GDSF, which contains five open-ended questions on force and motion designed by the researchers to examine students' levels of drawing graphs, was used in the study. While preparing these questions, their appropriateness to students' levels and the outcomes in the curriculum were taken into account; they were prepared based on the expert opinions from physics and physics education. The first four questions of the GDSF asked students to draw velocity-time, acceleration-time, and position-time graphs by using velocity-time, acceleration-time, and force-time graphs. In the second question, students were also given a velocity-time graph and were asked about the type of motion as well as the direction of motion related to the graph; then they were asked to draw the acceleration-time graph. In the fifth question, they were asked to draw graphs using the given data set on velocity and time variables

(Appendix-A). The pilot study on GDSF was realised with the participation of 50 Anatolian high school students who were on the same level. Students who were part of the pilot study did not participate in the actual application. At the end of the pilot study, it was decided that the GDSF could be used to determine students' graph drawing levels concerning motion and force.

The Application

The participants were given a class hour to answer the questions in the GDSF in this study, which was carried out with the participation of voluntary students in classes where the teaching of motion and force was completed. Then, semi-structured interviews were held with students, which was also on a voluntary basis.

Data Analysis

The rubric developed by Tarakçı (2016) was used to reveal students' levels of drawing graphs. Additional categories and criteria were added to the rubric, which was re-designed for the scope of the study. Three academics in the field of physics education were consulted for their views on the re-designed rubric. Then, the rubric was amended after the recommendations and corrections from these experts. The rubric can be found in Table 1. Since the aim in this study is to determine students' levels of drawing graphs, the scoring part of the rubric which concerns the correctness of categories was not used. Students' answers were classified according to their degrees of correctness; frequency values of the relevant categories were calculated.

Table 1

Evaluation Rubric for the Graph Drawings

<i>Evaluation Criteria</i>	<i>Categories</i>
<i>Naming the Axes According to Variables</i>	<p><i>Correct (C): Naming both axes correctly and writing down the units of physical qualities representing the axes in parentheses.</i></p> <p><i>Partially Correct (PC): Naming only one of the axes correctly or not writing down/partially writing down/incorrectly writing down the units of physical qualities of the axes.</i></p> <p><i>Incorrect (I): Naming both axes incorrectly or failing to name either axis.</i></p> <p><i>Blank (B): Leaving the question blank, lack of any drawn graph.</i></p>
<i>Writing Down the Data on the</i>	<p><i>Correct (C): Writing data correctly on both axes.</i></p> <p><i>Partially Correct (PC): Writing down only one data group correctly and the other incorrectly.</i></p> <p><i>Incorrect (I): Writing down data incorrectly on both axes or failing to write down any data.</i></p>

Axes of the Graph	<i>Blank (B): Leaving the question blank, lack of any drawn graph.</i>
Creating a Point on the Axes of the Graph	<p><i>Correct (C): Intersecting the data correctly on the "y" axis with data on the "x" axis and creating a point.</i></p> <p><i>Partially Correct (PC): Intersecting the data incorrectly on only one of the axes and making a mistake on the other one.</i></p> <p><i>Incorrect (I): Intersecting data incorrectly in both axes.</i></p> <p><i>Blank (B): Leaving the question blank, lack of any drawn graph.</i></p>
Drawing the Curve of the Graph	<p><i>Correct (C): Drawing the whole curve of the graph appropriately for the question.</i></p> <p><i>Almost Correct (AC): Appropriately drawing at least 3-time intervals of the 4-time-interval part of the curve of the graph or at least 2-time intervals of 3-time-interval part.</i></p> <p><i>Partially Correct (PC): Appropriately drawing at least 2-time intervals of the 4-time-interval part of the curve of the graph, or at least 1-time interval of the 3-time-interval part of the curve of the graph.</i></p> <p><i>Incorrect (I): The whole curve of the graph is inappropriate.</i></p> <p><i>Blank (B): Leaving the question blank, lack of any drawn graph.</i></p>

In the analysis of data, students' answers were classified as "answers to the first question," "answers to the second question," and so on. All answers were analysed in the order their respective questions were posed. Students' graphs in these questions were examined according to categories, namely, naming axes according to variables, writing down data on graph axes, forming a point on the graph axes, and drawing the graph curve; and their levels were examined accordingly. The answers to questions were analysed according to the categories of "correct," "almost correct," "partially correct," "incorrect," and "blank." Then, their frequency values were calculated.

To support the findings in the study, 42 of the participants (20% of the total participants) who showed different levels of success in drawing graphs were selected on a voluntary basis, and one-on-one semi-structured interviews were carried out with these students (Appendix-B). The basis of these interviews constitutes the questions about reading-interpreting and drawing graphs. Student views on drawing graphs were also presented to support the findings.

Findings

At the end of the study, it was revealed that the majority of students have difficulty drawing force and motion graphs. Examining their graph drawings made it clear that they have made mistakes in naming the

axes, putting data on the graph, forming a point on the axes of the graph, and drawing the graph curve. Findings about students' graphs, which were analysed by using the graph drawing evaluation rubric (See Table 1), were presented in Table 2.

Table 2

Distribution of Students' Levels of Drawing Graphs Based on the Evaluation Rubric

		Q1	Q2	Q3	Q4a	Q4b	Q4c	Q5
Evaluation Criteria	Categories	f	f	f	f	f	f	f
Naming the Axes According to Variables	Correct	4	5	5	3	2	1	5
	Partially Correct	113	91	123	79	77	64	127
	Incorrect	58	53	43	35	23	33	33
	Blank	34	60	38	92	107	111	44
Writing Down the Data on the Axes of the Graph	Correct	31	52	9	62	3	0	107
	Partially Correct	112	78	146	37	84	74	50
	Incorrect	26	14	11	6	9	17	6
	Blank	40	65	43	104	113	118	46
Creating a Point on the Axes of the Graph	Correct	37	61	7	86	62	36	119
	Partially Correct	18	50	49	5	6	13	17
	Incorrect	111	33	110	13	28	41	25
	Blank	43	65	43	105	113	119	48
Drawing the Curve of the Graph	Correct	30	63	12	87	68	44	124
	Almost Correct	6	37	7	5	3	9	12
	Partially Correct	35	22	121	5	19	14	2
	Incorrect	94	22	25	8	7	24	23
	Blank	44	65	44	104	112	118	48

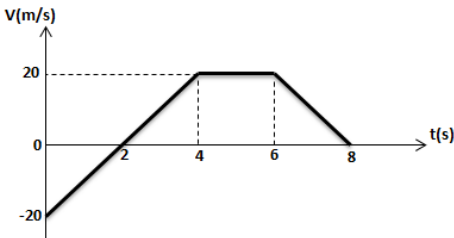
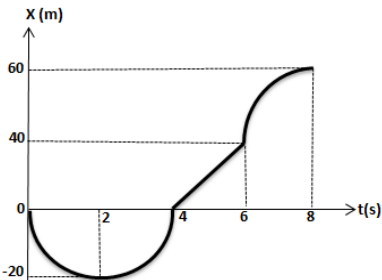
Table 2 shows that for all questions, very few students had fully correct answers when it comes to naming the axes according to variables. Examining findings on writing down the data on graph axes, apart from the fifth question, few students had fully correct answers in the third (f=9) and first (f=31) questions; indeed, for part c of the fourth question, no student was able to give fully correct answers. Findings on students' answers related to forming a point on graph axes and drawing the graph curve indicated that only in question five did the majority of

students give correct answers ($f=119$ and $f=124$). In GDSF, students were asked to transform a given graph into another in all questions but the fifth one. It was evident that most students had difficulty drawing position-time, velocity-time, and acceleration-time graphs using velocity-time, acceleration-time, and force-time graphs. In the fifth question, students were given the data showing how acceleration changes in time and were asked to draw the acceleration-time graph. Findings revealed that most students ($f=124$) answered only the fifth question correctly.

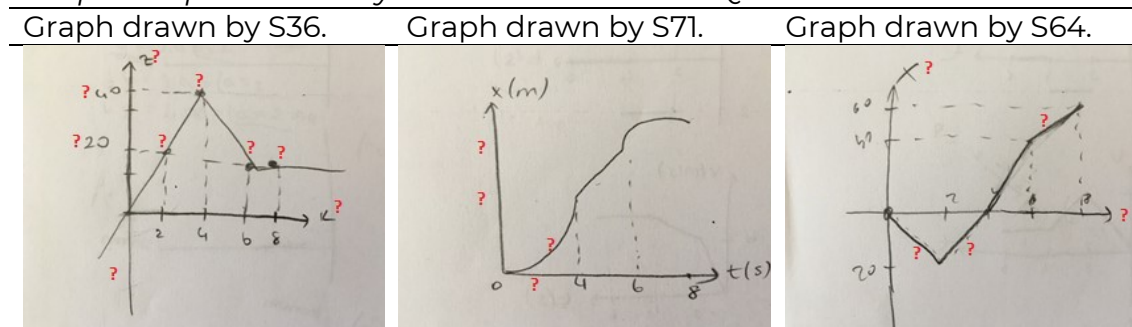
In the first question, the students were asked to draw the position-time graph of the moving object based on its velocity-time graph provided for them. The velocity-time graph and the correct position-time graph expected from students were presented in Table 3.

Table 3

The Graph Provided in the First Question and the Correct Graph Drawing for the Question

1 st question in GDSF.	The expected correct graph for the 1 st question.
	

The findings concerning the first question showed that students had some issues and mistakes in transforming velocity-time graphs to position-time graphs. Students were unable to identify the axes in their position-time graphs, they were incomplete or incorrect data on the graph, and they were unable to form a point on the graph and were unable to draw the graph as they should (See Table 2). It was seen that none of the participants were able to fully answer the first question correctly. Some of the graphs drawn by the students were presented in Table 4.

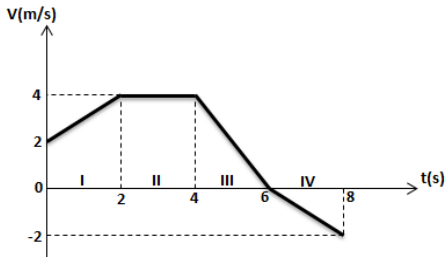
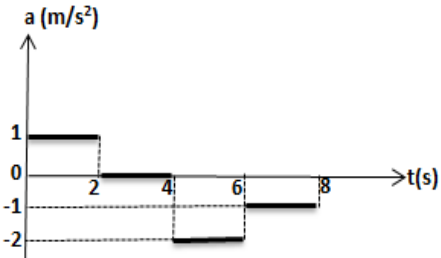
Table 4*Sample Graphs Drawn by Students for the First Question*

Examining S36's graph drawing revealed that they misnamed the graph axes, were unable to correctly put the graph data onto the axes, formed the point incorrectly on the graph, and drew the graph curve incorrectly. S71, on the other hand, named the graph axes correctly but was unable to correctly put the graph data onto the axes. Moreover, it was determined that students formed the point on the wrong part of the graph axes and were partially correct in their drawing of the graph curve. For the first question, S64 put the graph data correctly on the axes but made mistakes in naming the axes themselves. The same student drew the graph curve incorrectly even though the student was able to correctly form the point on the graph axes.

In the second question of GDSF, students were given the velocity-time graph ($t=0$ and $x_0=0$) of a car moving along a linear road. In part (a) of the question, students were asked to write down the type of motion of the car and its direction. In part (b), they were asked to draw the acceleration-time graph of the car. At the end of the study, it was seen that although most students were able to identify the type and direction of motion in the given graph, they were unable to draw the graph properly. Only one student could answer part (a) of the question fully correctly. The second question and the correct drawing of the graph were given in Table 5; students graphs can be seen in Table 7.

Table 5

The Graph Provided in the Second Question and the Correct Graph Drawing for the Question

2 nd question in GDSF.	The expected correct graph for the 2 nd question.
	

Findings concerning part (a) of the second question showed that most students were able to answer the question correctly by stating that the direction and type of the motion was a uniform acceleration in a positive direction at the 0-2s interval, constant velocity in a positive direction at the 2-4s interval, constant deceleration in a positive direction at the 4-6s interval, and constant accelerating motion in the negative direction at the 6-8s interval.

Table 6

Students' Answers Regarding the Type and Direction of Motion for Part (a) of the Second Question

Time Interval	0-2			2-4			4-6			6-8		
	C	I	B	C	I	B	C	I	B	C	I	B
Type of Motion	155	8	46	150	12	47	149	13	47	120	41	48
Direction of Motion	171	3	35	165	4	40	138	36	35	169	4	36

C: Correct Answer, I: Incorrect Answer, B: Blank

Table 6 shows that some students (f=8) expressed the car moving in a constant accelerating motion at the 0-2 interval of the graph as the constant velocity motion. Some students (f=12) indicated the car moving in a constant accelerating motion at the 2-4 interval of the graph as standing still. Similarly, some students (f=36) argued that the motion direction of the car at the 4-6s time interval was negative. Students (f=41) also wrongly identified the line graph in the negative area, which is below the graph at the 6-8s time interval, as decelerating motion. When the number of students was examined in relation to all time intervals, it was seen that 47 students left the question unanswered failing to identify the type of motion while 36 failed to identify the direction of motion, and they left it unanswered. Samples

from the graphs that the students drew for part (b) of the second question were presented in Table 7.

Table 7

Sample Graphs Students Drew for the Second Question

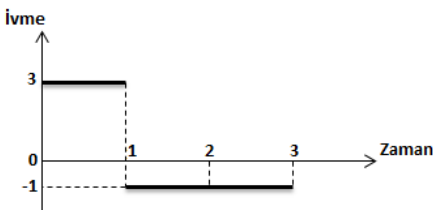
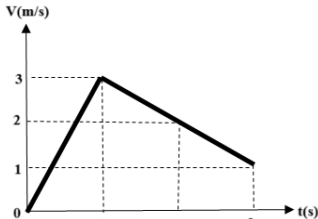
Graph drawn by S34.	Graph drawn by S71.	Graph drawn by S122.

S34 was unable to write down the units on the axes; the student also failed at data entry, forming a point, and drawing the graph curve. S71's acceleration-time graph was examined, and it was seen that the student was able to name the graph axes correctly, however, he was unable to accurately jot down the data. Moreover, it was determined that the student formed an incorrect point on the axes and his graph curve was incorrect. The graph drawing of S122, which was given in Table 7, shows that the student was able to accurately form the point, jot down the data, and draw the graph curve. However, the same student was unable to write down the units on the axes.

In the third question, the students were asked to draw the velocity-time graph of a car whose acceleration-time graph was given. The graph provided in the third question and the correct graph drawing for the question were given in Table 8 while samples from students' drawings concerning this question were presented in Table 9.

Table 8

The Graph Given in the Third Question and the Correct Drawing Expected from Students

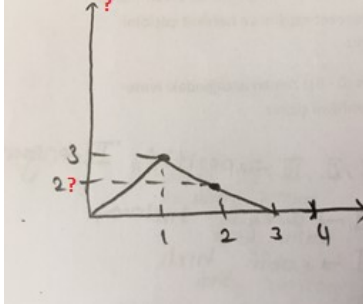
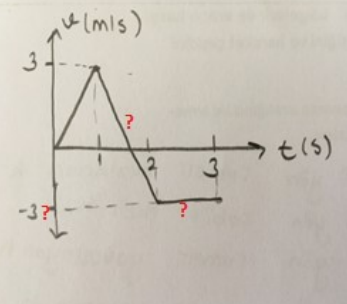
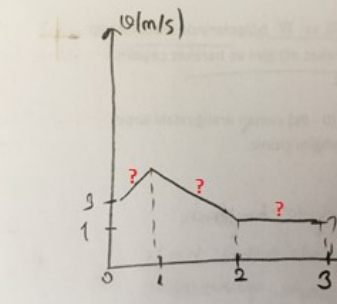
3rd question in GDSF.	The expected correct graph for the 3rd question.
	

Findings regarding the third question showed that students had difficulty drawing the velocity-time graphs using the acceleration-time graphs. None of the students was able to fully answer the question correctly. Table 2 shows that 57% of students (f=121) could draw the graph curve accurately only for a single time interval.

The graph drawing of S79, which was given in Table 9, shows that the student was unable to name the axes properly, and he incorrectly wrote down the data on the vertical axis. However, the same student was able to form the point and draw the graph curve almost correctly.

Table 9

Sample Graphs Students Drew for the Third Question

Graph drawn by S79.	Graph drawn by S119.	Graph drawn by S37.
		

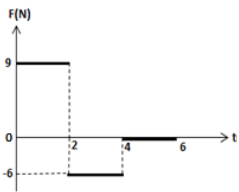
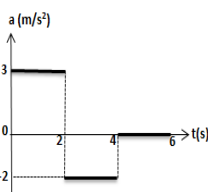
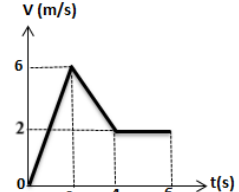
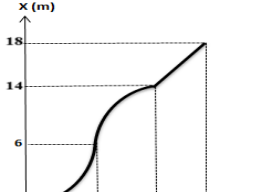
It was determined that S119 made mistakes in the vertical axis when writing down the data in the graph drawing. However, the student was able to draw the graph curve partially correctly. Graph drawing of S37 showed that the student correctly named and identified the axes and wrote down the units. This student drew the graph curve incorrectly because she formed the point at an inaccurate place on the axes (See Table 9).

In the fourth question, students were given the force-time graph of an object with a mass of 3 kg, and they were asked to draw the

acceleration-time, velocity-time, and position-time graphs of the object. Results for each graph were evaluated separately. Findings on part of the fourth question showed that only two students were able to answer the question fully correctly. The graph provided in question four and the expected correct graph drawing were given in Table 10.

Table 10

The Graph Given in Question Four and the Correct Graph Drawings for the Question

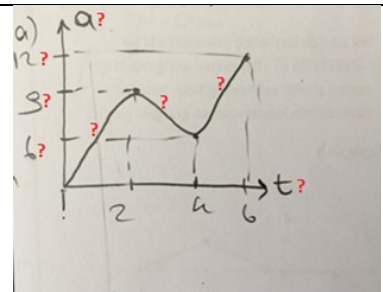
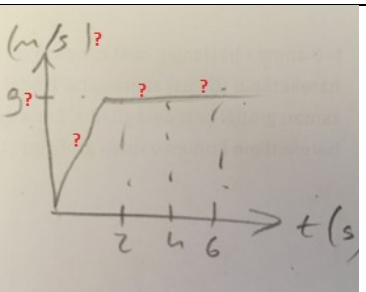
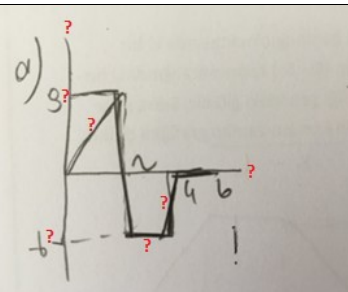
4 th question in GDSF.	The expected correct graph for option a in 4 th question.	The expected correct graph for option b in 4 th question.	The expected correct graph for option c in 4 th question.
			

Findings revealed that the students had difficulty drawing the acceleration-time, velocity-time, and position-time graphs using the given data. Most students left part a of the question blank, failing to answer it (See Table 2).

The graphs drawn by students were examined. S8 was partially correct in his naming of the axes and entering data onto the time axis. However, the same student had errors in forming the point on axes and drew the graph curve incorrectly (See Table 11). S12 entered the data partially correctly, but incorrectly named the axes and drew the graph curve incorrectly because he formed the point incorrectly (See Table 11).

Table 11

Sample Graphs Students Drew for Part (a) of the Fourth Question

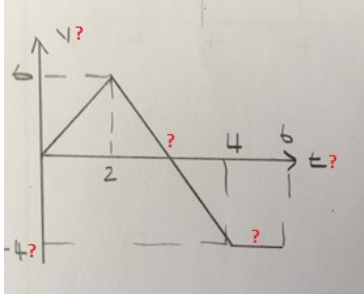
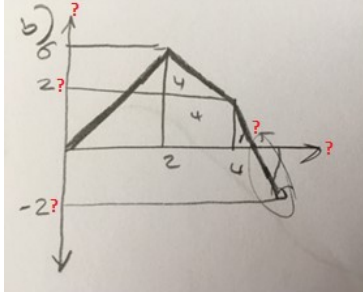
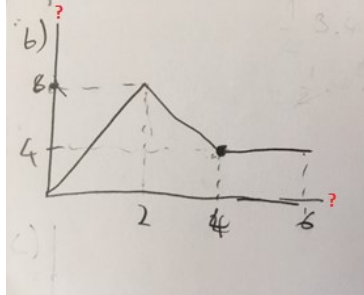
Graph drawn by S8.	Graph drawn by S12.	Graph drawn by S124.
		

It was seen that S124 partially correctly entered data. However, the same student was unable to name the graph axes and correctly draw the graph curve (See Table 11).

Some of the incorrect graph drawings students drew for part (b) of the fourth question were provided in Table 12. S123 failed to add the units when naming the axes. Moreover, the student made mistakes in drawing the graph curve and data entry. When the velocity-time graph drawn by S60 was examined, it was seen that the student entered incorrect data on the vertical axis and failed to indicate the names of axes. The same student was partially correct in forming a point and his graph curve was almost fully correct.

Table 12

Graphs Students Drew for Part (b) of the Fourth Question

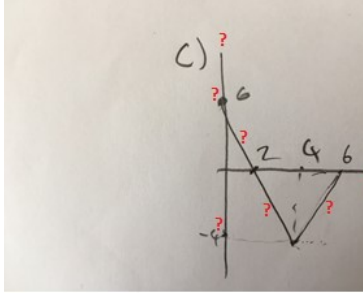
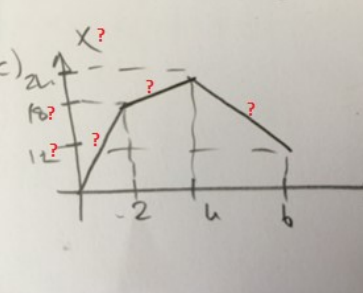
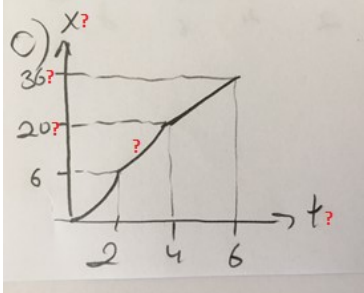
Graph drawn by S123.	Graph drawn by S60.	Graph drawn by S64.
		

S64 partially correct formed the point and entered data in their graph drawing. Drawing the graph curve correctly, the student did not name the graph axes. Findings showed that none of the students participating in the study could give fully correct answers for parts b and c of the fourth question.

Incorrect graph drawings of students for part c of the fourth question were presented in Table 13. Table 13 shows that S64 did not name the graph axes just as he did not in the previous graph, and the student managed to enter data correctly on the graph only on the time axis. In addition, he formed the point incorrectly and failed to draw the graph curve correctly.

Table 13

Graphs Students Drew for Part (c) of the Fourth Question

Graph drawn by S64.	Graph drawn by S120.	Graph drawn by S70.
		

It was found that S120 had some problems and mistakes with naming the graph axes and entering data. Forming the point incorrectly on the

graph axes, the student drew the graph curve completely incorrectly. S70's graph drawing showed that the student named the axes, entered the data, and formed the point on the axes partially correctly. Moreover, the student managed to draw the graph curve of the position-time graph almost correctly (See Table 13).

In the fifth question of GDSF, students were given a chart containing data on velocity-time variables. Then, the students were asked to draw the acceleration-time graph of a vehicle moving along a line, using the given chart. Findings showed that even though 59% of the students (f=124) were able to draw the graph curve correctly, only four students managed to answer the fifth question fully correctly (See Table 2). The data set given in question five and the correct graph drawing of the question were presented in Table 14.

Table 14

Data Set Given in the Fifth Question and the Correct Graph Drawing of the Question

5 th question in GDSF.	The expected correct graph expected for the 5 th question.												
<table border="1"> <tr> <td>Time t(s)</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Velocity V(m/s)</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> </table>	Time t(s)	0	1	2	3	4	Velocity V(m/s)	0	2	4	6	8	
Time t(s)	0	1	2	3	4								
Velocity V(m/s)	0	2	4	6	8								

Examining students' drawings for the fifth question, it was seen that S38 had some mistakes in naming the axes and entering the data. Moreover, the same student drew the graph curve incorrectly (See Table 15). S36, who formed an incorrect point on the axes, was unable to name the axes; he had an erroneous data entry and graph curve drawing. S121 drew the graph curve almost completely correctly. Yet, the same student failed to name the axes, and was partially correct in his data entry and forming the point.

Table 15

The Graphs Students Drew for the Fifth Question

Graph drawn by S38.	Graph drawn by S36.	Graph drawn by S121.

During the interviews, which were conducted with the participation of the students with different success levels based on their answers in the GDSF, they indicated that they faced problems drawing the graphs, entering the data, forming the point, and drawing the graph curve. For instance, FS120 expressed the difficulty she had in drawing the graph curve as follows: *“For example, if the acceleration is constant, I find it difficult to decide how the velocity will be, whether it will be linear or accelerating.”* The same student mentioned this difficulty again during the interview in the following way: *“I mean I find it difficult forming a point, cannot decide whether to draw a parabola or an accelerating one.”* Similarly, FS123 voiced his difficulty in drawing graphs as follows: *“I have difficulty drawing the position-time graph when it is parabolic.”* FS122 mentioned her difficulty in entering the data in the following way: *“I have difficulty entering the data when I do calculations through the formula.”*

The interviews also showed that students find drawing a graph more difficult than reading-interpreting the graph. FS36 put it as follows: *“Actually I think I find both of them difficulty, but drawing a graph is more difficult.”* Moreover, students indicated that in addition to having the relevant physics field/subject knowledge and graph reading-interpretation knowledge, one would need a good grasp of mathematics and geometry to successfully draw a graph. The same student worded her contention that success in mathematics and geometry is crucial to success in drawing graphs: *“I believe I will be better at this if I am more successful in mathematics and geometry.”* Convinced that drawing a graph is more difficult than reading-interpreting one, MS60 said that *“I believe that in order to draw a graph, one’s ability to read a graph should be better.”* FS9 indicated that her difficulty arose from her lack of knowledge, *“I think it is due to my lack of knowledge;”* and maintained that she found it more difficult to draw a graph than reading-interpreting one.

When the students were asked what they thought of questions containing graphs in physics, they said that they had more difficulty with this type of question compared to other types of questions in physics. They also said that they found questions containing graphs confusing which made them nervous. MS8 stated the following during the interviews: *“I think graph questions are hard,”* and *“It makes me a bit nervous; I feel like I won’t be able to solve it; it confuses me a lot.”* Concerned that he will make a mistake, MS64 expressed this concern as follows: *“I get nervous that I will get the question wrong, especially in questions where we are required to draw a graph.”*

Considering all these findings, students have difficulty naming the axes, entering data, forming a point, and connecting these points when drawing a graph. Having difficulty deciding whether the line graph was

linear or curved, students said they find physics questions containing graphs confusing and difficult. Moreover, students indicated that successfully drawing graphs requires good mathematics and geometry knowledge in addition to good field/subject knowledge in physics.

Discussion, Conclusion, and Suggestions

Examining students' levels of drawing graphs of force and motion, this study determined that students have difficulty and mistakes when it comes to drawing acceleration-time, velocity-time, and position-time graphs. It was seen that students were unable to name graph axes according to variables, unable to write down data correctly, unable to form points and draw the graph as required. Similarly, in the interviews, students indicated that they have difficulty tagging the axes, entering data, forming a point, and connecting the points when drawing a graph. At the end of the study, only 3% of the students were able to draw all graphs fully correctly. There are studies in the literature supporting the findings of this study (Aydın & Tarakçı, 2018; Bayazıt, 2011; Ercan et al., 2018; Eryılmaz-Toksoy, 2020; Kranda & Akpınar, 2020; Sezgin-Memnun, 2013; Uyanık, 2007). "Force and motion" is one of the physics topics containing the highest number of graphs. Motion graphs which show the change in position, velocity, and acceleration in time help students understand motion (Aydın & Tarakçı, 2018). Students can use physics formulas related to the topic or they can use the characteristics of the graphs to solve questions containing graphs. In velocity-time graphs, for instance, if students figure out the slope of the graph curve for certain time intervals or draw the acceleration-time graph or calculate the field below it, it will help them draw the position-time graph without employing a physics formula. However, it is clear, in the light of students' incomplete or erroneous graph drawings, that students who participated in the study have incomplete or lacking learning in force and motion as well as incorrect or incomplete knowledge about graphs.

Another finding obtained in the study is that although most students can correctly indicate the type of motion and the direction of a vehicle whose velocity-time graph is given, they cannot draw the acceleration-time graphs using this knowledge. In this sense, there are other studies in the literature which support this finding (Eryılmaz-Toksoy, 2020). This finding may indicate that graph reading-interpretation skill is not sufficient or the only condition for graph drawing skills. In the interviews, students stated that drawing a graph is more difficult than reading-interpreting one. Moreover, students expressed that in order to be successful with graphs, one should have a good graphs of reading-interpreting graphs, field/subject knowledge, and a good basis in mathematics and geometry. In line with these findings, it is believed that students should have a good level of physics and mathematics

subject knowledge in addition to having graph reading-interpretation and drawing skills in order to make the correct graph drawings. Similarly, Aydın and Tarakçı (2018) found out that pre-service teachers had difficulty calculating the slope of the line and the field below the graph curve; and they realised that this was due to their lack of mathematical knowledge. When the relationship between scientific process skills and graph reading-interpretation and drawing skills is considered, it is thought that these skills could be improved by applications aiming for students to acquire these skills beginning with pre-school education.

Sufficient application should be done with graphs, especially in physics classes when the subject contains graphs. It is believed that drawing graphs and interpreting them would contribute to the comprehension of the relations between relevant concepts. Moreover, questions on motion whether they contain graphs or not should be analysed and solved both by using the characteristics of graphs and the relevant formula because physics topics, which are deemed to be difficult and complex by many students due to having so many formulae (Aycan & Yumuşak, 2003), could be made easier to understand by the use of graphs.

Findings about part a of the second question in GDSF showed that some students mistakenly thought the direction of motion of the velocity-time graph was negative because the graph line was close to the time axis. However, in velocity-time graphs, the graph line getting close to the time axis indicated a decrease in the velocity of the moving object. Moreover, students mistakenly thought that the part below the time axis of the graph curve in other words, the line graph in the negative field was slowing motion. However, this indicates a negative acceleration in the second question. The fact that students perceived the graph as such was thought to be due to them regarding the graph only as a picture and due to their lack of knowledge of graph characteristics. At the end of their study, Demirci and Uyanık (2009) determined that students thought of graphs like pictures because they thought of position-time graphs as the route of the vehicle, and that the vehicles catch up with each other when the vehicles cross paths on the velocity-time graphs. Other studies also found that when drawing graphs or interpreting given graphs, students consider graphs more like pictures than tools showing the relationship between variables (Hadjidemetriou & Williams, 2002; Kwon, 2002). Eryılmaz-Toksoy (2020) revealed that students had difficulty finding examples of the type of motion and the direction of motion for velocity-time graphs within the “force-motion” topic. One of the reasons for this difficulty is incomplete or erroneous knowledge about acceleration (Mchunu & Imenda, 2012).

In the study, students were given the acceleration-time graph, and they were asked to draw the velocity-time graph. Findings revealed that students have difficulty drawing graphs. There are other studies supporting this finding of the study (Vučeljić & Šuškačević, 2016). The area of the graph curve in acceleration-time graphs gives the change in the velocity of the moving object for the determined time interval. This mathematical knowledge would be used by students to draw the graph without using the formula related to accelerated motion. This finding implies that students who participated in this study have problems with their mathematical knowledge in addition to having incorrect or incomplete knowledge of acceleration. However, some studies argue that the reason behind students' difficulty in kinematic graphs is not their lack of mathematical knowledge (Planinic et al., 2012) but the fact that they do not know how to apply their mathematical knowledge to graphs in physics (Erceg & Aviani, 2014). In order for students to make better sense of graphs, teachers should give interdisciplinary examples when covering the subject.

Another finding obtained in the study is that 58% of students were unable to draw the acceleration-time graph of an object whose force-time graph was provided, and these students left the question blank. In an environment disregarding friction, force-time graphs and acceleration-time graphs of an object moving along a linear road are alike in appearance. In both graphs, data on the time axis, which is linear, are the same; the ratio of the force and acceleration values in the vertical axis is equal to the mass of the object, based on Newton's Second Law of Motion $F_{net} = m \cdot a$. The difference in these two graphs is only the change in the data on the vertical axis based on mass. In the 11th grade physics education curriculum, there are outcomes on the motion of objects under the influence of net force, and information on this subject is provided in the course book (Ministry of Education, 2018; Gür & Yılmaz, 2018). However, the findings of the study imply that students were unable to relate the drawing of the graph with their knowledge of physics. This finding also shows that students may have problems not only with their knowledge of physics but also with mathematics and logical thinking (Bektaşlı & White, 2012). Considering that the participants are 11th grade students who have already declared interest in mathematics and science, this finding is even more crucial. Within the scope of the study, students' mathematical knowledge of their knowledge in physics concerning this topic was not investigated. However, future studies should be planned in such a way as to include factors affecting students' graph drawings.

At the end of the study, it was seen that the accuracy rate of the graph drawings of students (59%) for the given data set was higher than the other graph transformation-drawing questions. This finding reveals that students have more difficulties in drawing a graph by using

another. It was determined that students were unable to switch from one graph to the other in this process which requires the skill to transform graphs. Similarly, in their study carried out with the participation of pre-service teachers, McDermott et al. (1987) determined that pre-service teachers had difficulty transforming one graph type into another one. Coştu (2007) identified a positive relationship between conceptual understanding and graphical understanding at the end of her study which investigated whether there is a meaningful difference in students' performances in conceptual, algorithmic, and graphical questions. Another finding was that the lowest performance in these types of questions was in graphical questions, and that students had issues in understanding graphs. Similarly, Kurnaz (2013) examined high school students' success in solving conceptual, algorithmic, and graphical questions in physics classes and determined that the lowest success level is for the graphical questions. To address this problem, teachers could be recommended to provide some preliminary information on how to draw a graph. Teachers may employ simulations or animation programs so that students make better sense of graphs. Simultaneously displaying both the motion of the object and the graph drawing for the motion, this type of program could be effective in helping students understand graphs better. Moreover, graph reading-interpretation activities should be part of the applications in addition to graph drawings. These activities may help students overcome their lack of knowledge and correct their incorrect knowledge by identifying them.

In the interviews carried out with students, they indicated that they find questions containing graphs difficult. Similarly, Aydın and Tarakçı (2018) mentioned that students found questions with graphs difficult. Regarding them confusing, students added that they were afraid of this type of questions. Indeed, Kranda and Akpınar (2020) drew attention to the same issue, saying that students find questions containing graphs confusing and anxiety-inducing. Such negative emotions could increase students' anxiety; they would also negatively impact their learning and success. In this regard, it is believed that identifying students' anxiety levels concerning graphs would help educators in taking the necessary precautions.

This study examined students' levels of drawing graphs for force and motion. Findings clearly indicate that students have difficulty drawing velocity-time, acceleration-time, and position-time graphs. It is believed that examining, as a separate study topic, the reasons why they have made mistakes in this regard could contribute to alleviating the problems. Determining students' misconceptions in addition to looking into field knowledge in physics and mathematics would help educators in interpreting findings in studies focusing on students' graph reading-writing and drawing skills in physics. Moreover, it is recommended that

identifying students' graph drawing skills and the difficulties they face in drawing graphs would help educators, and thus, they could take the necessary precautions when teaching these topics.

Ethics Committee Approval: *This research was conducted with the approval of the Ethics Committee of Hacettepe University Ethics Commission (the date is 04.09.2018, and the decision number is 35853172-300). Moreover, research and interview permissions were obtained from the Ankara Provincial Directorate of National Education (the date is 12/10/2018, and the decision number is 14588481-605.99-E.19187471).*

Conflict of Interest: *There is no conflict of interest for the authors in this study.*

Author Contribution: *The first author contributed to identifying the problem situation, literature review, data collection, data analysis, findings, discussion, and conclusion. The second author contributed to determining the problem situation, literature review, data analysis, findings, discussion, and conclusion.*

References

- Arpaguş, E. K., Ünsal, Y. & Moğol, S. (2011). The effects of visual literacy on the success of secondary school students in spherical mirrors and lenses. *E-Journal of New World Sciences Academy (NWSA)*, 6(3), 1972-1981.
- Aycan, Ş., & Yumuşak, A. (2003). Lise müfredatındaki fizik konularının anlaşılma düzeyleri üzerine bir araştırma. *Milli Eğitim Dergisi*, 159, 171-180.
- Aydın, A. & Tarakçı F. (2018). The investigation of the pre-service science teachers' abilities to read, interpret and draw graphs. *Elementary Education Online*, 17(1), 469-488. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2018.413806>
- Bahtaji, M. A. A. (2020). Improving students graphing skills and conceptual understanding using explicit graphical physics instructions. *Cypriot Journal of Educational Science*. 15(4), 843-853. <https://doi.org/10.18844/cjes.v15i4.5063>
- Bayazıt, İ. (2011). Prospective teachers' understanding of graphs. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 10(4), 1325-1346.
- Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750-762.
- Bektasli, B., & White, A. L. (2012). The relationships between logical thinking, gender, and kinematics graph interpretation skills. *Eurasian Journal of Educational Research*, 48, 1-19. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1057377.pdf>
- Berg, C. A., & Philips, D. G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking and the ability to construct and interpret line graphs.

Journal of Research in Science Teaching, 31(4), 323–344.
Doi:10.1002/TEA.3660310404

- Bozkurt, E. (2008). *The effect on students' success of a virtual laboratory application prepared in the physics education* (Yayınlanmamış doktora tezi). Selçuk University, Konya, Türkiye.
- Bütüner, S. Ö., & Uzun, S. (2011). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: Fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar. *Journal of Theoretical Educational Science*, 4(2), 262
- Charpenter, P. A. & Shah, P. (1998). A model of the perceptual and conceptual processes in graph comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(2), 75-100. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.4.2.75>
- Coştu, B. (2007). Comparison of students' performance on algorithmic, conceptual and graphical chemistry gas problems. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 379–386.
- Coştu, F., & Satılmış, S. (2020). Fizik dersi hareket konusunda kavramsal, işlemsel ve grafiksel soruları çözüme başarılarının karşılaştırılması. 2. *Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi*, 19-22 Kasım, Bursa.
- Çoramık, M., & Özdemir, E. (2021). Determination of spring constant using data acquisition card and labview, *Journal of Science Teaching*, 9(1),111-126.
- Demirci, N., & Uyanık F., (2009). The correlation between tenth grade students' understanding and interpreting graphs and their kinematics achievement, Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education, 3(2), 22-51. Doi: 10.17522/NEFEFMED.97970
- Ercan, O., Coştu, F., & Coştu, B. (2018). Determining the difficulties encountered by teacher candidates in graphic drawing. *Kastamonu Education Journal*, 26(6), 1929-1938. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.2227>
- Erceg, N., & Aviani, I. (2014). Students' understanding of velocity-time graphs and the sources of conceptual difficulties. *Croatian Journal of Education (Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje)*, 16(1), 43-80. <https://hrcak.srce.hr/120164>
- Eryılmaz-Toksoy, S. (2020). Examining 11th grade students' knowledge on explaining motion types and drawing related graphics and interpretation. *Abant İzzet Baysal University Faculty of Education Journal*, 20(3), 1423-1441. <https://dx.doi.org/10.17240/aibuefd.2020.-618011>
- Friel, S. N., Curcio, F. R. & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal of Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158. Doi: 10.2307/749671

- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183-210. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.605307>
- Gür, M. & Yılmaz, Ş. (2018). *Ortaöğretim fizik ders kitabı 11*. Ankara: Tutku Yayıncılık.
- Hadjidemetriou, C., & Williams, J.S. (2002). Children's graphical conceptions. *Research in Mathematics Education*, 4, 69-87. <https://doi.org/10.1080/14794800008520103>
- Kanlı, Y., & Yağbasan, R. (2008). The adequacy of the 7E model-centered laboratory approach in developing students' science process skills. *Gazi University Gazi Faculty of Education Journal*, 28(1), 91-125.
- Karasar, N. (2002). *Scientific research methods (11.Baskı)*. Ankara: Nobel Yayınları.
- Kaygısız, G. M., Benzer, E., & Uçar, M. (2017). Evaluation on preservice science teachers' experimental design related to scientific process skills. *Sakarya University Education Journal*, 7(3), 467-483.
- Kranda, S., & Akpınar, M. (2020). Students' views about difficulties they are experienced with in graphic reading and drawing. *Hacettepe University Journal of Education*, 35(2), 415-427. doi: 10.16986/HUJE.2019050634
- Kurnaz, M. A. (2013). An analysis of Turkish high school students' performance on conceptual, algorithmic and graphical physics problems. *Journal of Asian Scientific Research*, 3(7), 698-714.
- Kwon, O. N. (2002). The effect of calculator based ranger activities on students' graphing ability. *School Science and Mathematics*, 102(2), 57-67.
- Lai, K., Cabrera, J., Vitale, J. M., Madhok, J., Tinker, R., & Linn, M. C. (2016). Measuring graph comprehension, critique, and construction in science. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 665-681.
- Lowrie, T., & Diezmann, C. M. (2007). Middle school students interpreting graphical tasks: difficulties within a graphical language, in *4th East Asia Regional Conference on Mathematics Education, 18-22 June, Penang, Malaysia, Conference Paper*, 611-617.
- Martin, D. J. (1997). *Elementary science methods: a constructivist approach*. Delmar Publishers, NY.
- McDermott, L.C., Rosenquist, M.L. & van Zee, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 6, 503. <https://doi.org/10.1119/1.15104>
- Mchunu, S. P., & Imenda, S. (2012). The alternative conceptions held by high school students in mechanics. *Science in Society*, 4(1), 25-42. <https://doi.org/10.18848/1836-6236/CGP/v04i01/51358>
- Mckenzie, D. L. & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of research in science teaching*, 23(7), 571-579. <https://doi.org/10.1002/tea.3660230702>

- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Ortaöğretim fizik dersi (9,10,11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. MEB Yayıncılık. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=351>
- Murphy, L. D. (1999). Graphing misinterpretations and microcomputer-based laboratory instruction: with emphasis on kinematics. Retrieved from <https://mste.illinois.edu/murphy/Papers/GraphInterpPaper.html>
- Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2002). Developing effective methods of assessing ideas and evidence, *School Science Review*, 83(305), 113-123.
- Özgün-Koca, A. (2008). Students' misconceptions about reading, interpreting and creating graphs. *Mathematical misconceptions and solution suggestions*, Özmantar, F. Ö., Bingölbali, E. & Akkoç, H. (Ed), *Matematiksel Kavram Yanılgıları ve Çözüm Önerileri*, Pegem Akademi Yayıncılık, 61-89.
- Parmar, R. S. & Signer, B. R. (2005). Sources of error in constructing and interpreting graphs: A study of fourth and fifth grade students with LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38(3), 250-261. Doi:10.1177/00222194050380030601
- Planinic, M., Milin-Sipus, Z., Katic, H., Susac, A., & Ivanjek, L. (2012). Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1393-1414. Doi:10.1007/S10763-012-9344-1
- Rezba, R. J., Sparague, C. S., Fiel, R. L., Funk, H. J., Okey, J. R., & Jaus, H. H. (1995). *Learning and assessing science process skills*. Kendall.
- Rosenquist, M. L., & McDermott, L. C. (1987). A conceptual approach to teaching kinematics. *American Journal of Physics*, 55(5), 407-415. <https://doi.org/10.1119/1.15122>
- Seçken, N., & Çelik, Ç. (2021). Examination of high school students' graphic interpretation skills on chemical equilibrium, *Journal of Research in Education and Society*, 8(1), 179-204. <https://doi.org/10.51725/etad.875931>
- Sezgin-Memnun, D. (2013). Examining of line graphic reading and drawing skills of secondary school seventh grade students, *Turkisch Studies-International Periodical for The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 8(12), 1153-1167.
- Tarakçı, F. (2016). Examining the skills of science teacher candidates in reading, interpreting and preparing graphs (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu University, Kastamonu, Türkiye.
- Tairab, H. H., & Khalaf Al-Naqbi, A. K. (2004). How do secondary school science students interpret and construct scientific graphs? *Journal of Biological Education*, 38(3), 127-132. Doi:10.1080/00219266.2004.9655920
- Uyanık, F. (2007). *The relationship between graphical understanding and interpretation and kinematic achievements of 10th grade secondary school students* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir University, Balıkesir, Türkiye.

- Vučeljić, M., & Šuškačević, M. (2016). Achievements of Montenegrin high-school students in Tugk test (test of understanding graphs–kinematics). *AIP Conference Proceedings*, 1722(1), 310007. <https://doi.org/10.1063/1.4944317>
- Woolnough, J. (2000). How do students learn to apply their mathematical knowledge to interpret graphs in physics?. *Research in Science Education*, 30(3), 259-267.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2011). *Qualitative research methods in social sciences* (8. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

APPENDIX-A Graphics Drawing Skills Form

Name Surname:

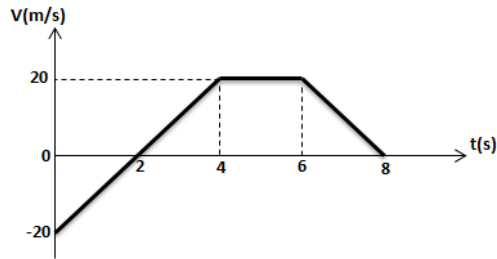
Sex:

Dear Students,

In this test there are five open-ended questions that measure graph drawing skills related to motion and force. Thank you for your participation.

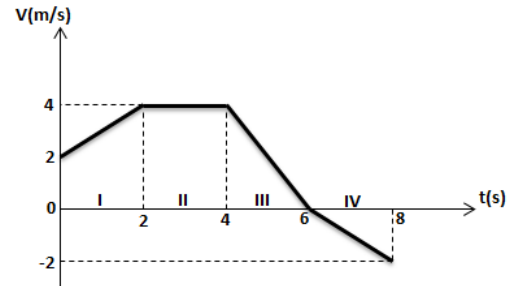
Betül Şeyma YELTEKİN ATAR & Işıl AYKUTLU

1.



The velocity-time graph of an object, which is at its initial position at $t=0$ time, in the time interval of (0 - 8s) is as shown in the figure. Accordingly, draw the position-time graph of the object.

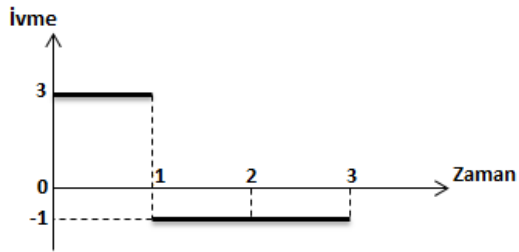
2.



The velocity-time graph of a vehicle on a straight road whose initial position $x_0=0$ at time $t=0$ is as follows.

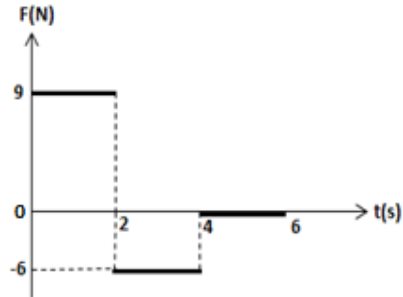
- Explain in which direction the vehicle moves and the type of movement in regions I, II, III and IV.
- Draw the acceleration-time graph of the vehicle in the time interval (0 - 8s).

3.



The acceleration-time graph of a vehicle starting from a standstill on a straight path is as shown in the figure. Accordingly, draw the velocity-time graph of the vehicle in the time interval (0-3s).

4.



The graph of the change in time of the horizontal force applied to a 3 kg object standing on a frictionless horizontal plane is as shown in the figure. Draw the following graphs of this object for the 0-6s time interval.

- a) Acceleration-time graph.
- b) Velocity-time graph.
- c) Position-time graph.

5.

Time t(s)	0	1	2	3	4
Velocity V(m/s)	0	2	4	6	8

The data on the change of the velocity of a vehicle moving on a straight road with time are given in the above chart. Accordingly, draw the acceleration-time graph of the vehicle in the time interval (0 - 4s).

APPENDIX-B Semi-Structured Interview Form

Interview Questions

- What do you think of the kind of questions in physics that contain graphs?
If your answer is yes, please could you explain your reason(s)?
If your answer is no, please could you explain your reasons(s)?
- Do you find graph questions difficult?
If your answer is yes, please could you explain your reason(s)?
If your answer is yes, please could you explain your reason(s)?
- What skills and knowledge do you think you should possess in order to draw graphs successfully?
Why?
- Between reading and interpreting graphs and drawing graphs, which do you think is more difficult for you?
Why?
- What do you take into account when drawing graphs?
- Can you tell us about the difficulties you experience when drawing graphs?
- Do you think you experience difficulties when drawing graphs in terms of selecting the axis, labelling the axis, scaling the axis, data entry, forming a point, and connecting the points?