

KİMYA ÖĞRETİMİNDE VERİ OKURYAZARLIĞINI DESTEKLEMeye YÖNELİK BİR ETKİNLİK ÖRNEĞİ: BOYLE'UN VERİLERİ NE SÖYLÜYOR?¹

Safiye Temel Aslan²

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, 21. yüzyıl becerileri arasında sayılan veri okuryazarlığına dikkat çekmek ve kimya öğretimi sırasında veri okuryazarlığının geliştirilmesini destekleyecek bir etkinlik önermektir. Etkinlik, Robert Boyle'un deneysel verileri yani gerçek veriler kullanılarak tasarlanmıştır. Etkinlikle, Boyle'un verilerinin veri okuryazarlığının geliştirilmesini destekleyecek şekilde incelenmesi ve Boyle yasasının anlaşılması amaçlanmıştır. Etkinliğin uygulama süreci; 2021-2022 eğitim öğretim yılında Türkiye'nin orta bölgesinde yer alan bir ildeki Millî Eğitim Bakanlığına bağlı Anadolu Lisesi statüsündeki bir devlet okulunda öğrenim gören 16 onbirinci sınıf öğrencisiyle birlikte yürütülmüştür. Öğrenciler çalışmaya gönüllü olarak katılmışlardır. Araştırma nitel araştırma yöntemine göre tasarlanmış ve veriler yazılı görüş formu aracılığıyla toplanmıştır. Araştırmanın sonuçları; öğrencilerin çalışmada kullanılan etkinliğin hem konuyu anlamada hem de veri okuryazarlığını desteklemede etkili olduğunu düşündüklerine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Boyle yasası, kimya öğretimi, veri okuryazarlığı.

EXAMPLE OF AN ACTIVITY TO SUPPORT DATA LITERACY IN CHEMISTRY TEACHING: WHAT DO BOYLE'S DATA SAY?

ABSTRACT

This study aims to draw attention to data literacy, which is considered an important skill of the 21st century, and to provide an example activity that would incorporate it into chemistry education. The activity was designed using real data of Robert Boyle's experiment. The activity aims to examine Boyle's data in such a way to support data literacy and understand Boyle's law. The activity was carried out with sixteen 11th grade students at an Anatolian High School connected to the Ministry of National Education in a city located in the middle of Türkiye during the 2021-2022 academic year. The students voluntarily took part in the study, which was designed according to the qualitative research method. Data was collected through a written opinion form. The results of the study indicate that the students think that the activity used in this study is effective both in helping them understand the topic and also in supporting data literacy.

Keywords: Boyle's law, chemistry education, data literacy.

Makale Hakkında:

Gönderim Tarihi: 12.06.2022

Kabul Tarihi: 30.09.2022

Elektronik Yayın Tarihi: 31.10.2022

¹ Etik kurul izni, Aksaray Üniversitesi Etik Komisyonundan 25.04.2022 tarih ve E-34183927-000-00000712457 sayılı belge ile alınmıştır. Çalışmanın bir kısmı 24-26 Eylül tarihleri arasında gerçekleştirilen VII. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

² Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, safiye79temel@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6969-8871>

GİRİŞ

Teknolojinin hızla geliştiği son yarım yüzyılda, bireylerin karşılaştığı verilerin sayısı, çeşitliliği ve karmaşıklığı oldukça artmıştır. Bunun yanında yalnızca ekonomi, istatistik ya da sağlık gibi belirli alanlarda değil yaşamın her alanında da verilerle karşılaşır hale gelinmiştir. Sözü edilen gelişmeler ve değişimler ise bireylerin veri okuryazarı olmalarını gerekli hale getirmiştir (Gibson & Mourad, 2018; Temel Aslan, 2022, s. 5). Veri okuryazarlığı verileri tanımlama, anlama, toplama, organize etme, verilerle çalışma, yönetme, değerlendirme, kullanma ve tüm bunları eleştirel bir yaklaşımla yapabilme becerisi olarak tanımlanabilir (Bhargava & D'Ignazio, 2015; Ridsdale vd., 2015, s. 8). Çünkü eleştirel düşünme veri okuryazarlığı için temel bir beceridir (Ridsdale vd., 2015, s. 4). Veri okuryazarlığı, karar vermede ve kararlar konusunda başkalarını ikna etmede verileri etkili bir şekilde anlamayı ve kullanmayı içerir (Mandinach & Gummer, 2013; Turan, 2021, s. 7-8). Bunun yanında sorunları açığa çıkarmada ve çözüm önerileri üretmede verileri kullanmak, verileri analiz etmek, değerlendirmek ve verilere dayalı çıkarımda bulunmak da veri okuryazarlığı becerileri arasındadır (Vahey vd., 2006).

Veri okuryazarlığı 21. yüzyıl becerileri arasında sayılmaktadır. Özellikle günümüzün rekabetçi iş ortamında başarı için bireylerin sahip olması gereken önemli bir beceri olarak görülmektedir (Valencia, 2021). Bu nedenle son yıllarda formal eğitim çerçevesinde veri okuryazarlığının geliştirilmesine yönelik çalışmalar ve teşvikler artmıştır (Wolff vd., 2019). Ancak veri okuryazarlığını geliştirmeye yönelik çabaların sınıf içi uygulamalara yeterince yansıdığını söylemek güçtür (Gibson & Mourad, 2018; Nam & Pardo, 2011). Bu çalışma, sözü edilen boşluğun kimya öğretimi bağlamında giderilmesine katkı sunmak amacıyla tasarlanmıştır. Çalışma, Boyle yasasının veri okuryazarlığını destekleyecek şekilde öğretime yöneliktir.

Boyle yasası kimya konuları arasında basit gaz yasaları incelenirken ele alınan bir konudur (Petrucci vd., 2012, ss. 198-199). Çalışma kapsamında tasarlanan etkinlik, yasaya adını veren Boyle'un çalışmalarına ve çalışmalarından elde ettiği gerçek verilere dayalıdır. Bu, etkinliğin en önemli yönünü

oluşturmaktadır. Öğrencilere gerçek verilerle çalışma imkânı vermektedir. Alanyazında veri okuryazarlığının öğretimi sırasında gerçek dünya verilerinin kullanılması önerilmektedir (Data Nuggets Project, 2022; Vahey vd., 2012). Etkinlikte yer alan gerçek verilerin nasıl elde edildiğinin anlaşılması için de bilim tarihine yer verilmiştir. Bu bakımdan etkinlik; gaz hacmi ve basıncı arasındaki ilişkiyi açıklayan Boyle'un, söz konusu açıklamalara nasıl ulaştığını ve kendisinden önce konuyla ilgili yapılan çalışmaların neler olduğunu inceleyen yönüyle bilim tarihi içermektedir. Alanyazında öğretim süreçlerine bilim tarihini dahil etmenin önemi sıklıkla vurgulanmaktadır. Bunun, öğrencilerin bilimin doğasını anlayabilmelerine, bilime karşı olumlu tutum geliştirebilmelerine katkı sağladığı ve bilimsel okuryazarlığı desteklediği belirtilmektedir (Laçın Şimşek, 2009; Lederman vd., 2013; Matthews, 1989, 1994; Turgut, 2007). Ayrıca bilim tarihi aktivitelerinin öğrencilerin bilimin kendilerinin yapabileceği ve anlayabileceği bir şey olduğunu fark etmelerini sağlayabildiği de ifade edilmektedir (Appelget vd., 2002). Bilim tarihi açıklanan potansiyel yararları nedeniyle etkinlik tasarımında kullanılmıştır. Bu bağlamda verilerin bilim tarihiyle birlikte sunulmasının öğrencilerin konuyu öğrenmeye olumlu bir tutumla yaklaşmasını sağlayabileceği düşünülmüştür.

Etkinliğin bir başka yönü verilerin, veri okuryazarlığını destekleyecek şekilde incelenmesine fırsat sunmasıdır. Verilerle ilgilenirken verileri tanıma, verilerin nasıl sorgulanacağını bilme, veriye dayalı iddia oluştururken çıkarım alanının farkına varma (Hunter-Thomson, 2020), gerekiyorsa verileri anlaşılır biçimde yeniden düzenleme oldukça önemlidir. Aksi takdirde veriler arasında amaçsızca dolaşma ihtimali artarken, verilerden doğru yönde faydalanma ihtimali azalmaktadır (Dykes, 2022). Etkinlik, öğrencilerin bir veri setiyle karşılaştıklarında, bu veri setinden doğru yönde faydalanabilmek ve yararlı çıkarımlara ulaşabilmek için verilerle nasıl ilgilenebilecekleri konusunda da yol göstermektedir.

ETKİNLİĞİN UYGULANMASI

Çalışmada, 11. sınıf kimya dersi öğretim programında yer alan "Gazlar" ünitesi kazanımlarından "Gaz yasalarını açıklar."

kazanımı kapsamında Boyle yasası incelenirken kullanılabilir bir etkinliğin sunulması amaçlanmıştır. Etkinlik, Boyle'un verilerinin öğrencilerin veri okuryazarlık becerilerinin geliştirilmesini destekleyecek şekilde incelenmesi ile birlikte Boyle yasasının anlaşılmasına yönelik olarak tasarlanmıştır.

Etkinlik, uygulamaya ilişkin gerekli izinler (etik kurul izni, Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) izni ve gönüllü katılım formu) alındıktan sonra 2021-2022 eğitim öğretim yılında Türkiye'nin orta bölgesinde yer alan bir ilde MEB'e bağlı Anadolu Lisesi statüsündeki bir devlet okulunda öğrenim görmekte olan 16 gönüllü onbirinci sınıf öğrencisiyle birlikte araştırmacı tarafından uygulanmıştır. Etkinlik okul içinde bilgisayar laboratuvarında yürütülmüş ve 3 ders saati sürmüştür.

Araç-Gereçler

Etkinliğin uygulanması sırasında aşağıdaki araç gereçler kullanılmıştır:

- Araştırmacı tarafından hazırlanan "Boyle'un Verileri Ne Söylüyor?" isimli etkinlik kâğıdı
- Kırtasiye malzemeleri (kalem, silgi)
- Bilgisayar (EXCEL programı kurulu olmalı)
- Akıllı tahta (Projeksiyon cihazı da kullanılabilir)

1. Aşama: Tanıtım

Etkinliğin ilk aşamasında Boyle yasası konusunun Boyle'a ait gerçek verilerle inceleneceği açıklanmıştır. Verilerin bilimin önemli bir bileşeni olduğu açıklanarak veri elde etmenin, verilerle çalışmanın ve verileri anlamının yararlı çıkarımlara ulaşmak ve akla yatkın, makul, kabul edilebilir argümanlar üretmek için başvurulmuş kritik dayanaklar olduğu (Marr, 2020, ss. 59-84; Şirin, 2019; Turan, 2021, ss. 1-15) ifade edilmiştir. Verilerle her alanda karşılaşıldığı vurgulanmıştır. Özellikle Covid-19 salgını sırasında verilerle iç içe yaşadığımız belirtilerek TÜİK'in paylaştığı veriler de dahil olmak üzere özellikle toplumun genelini ilgilendiren (Covid-19, nüfus, PISA, bilişim teknolojileri kullanım verileri gibi) veri örnekleri akıllı tahtada gösterilmiş ve veriler üzerinde öğrencilerle konuşulmuştur. Ayrıca bilimsel bilginin üretilmesinde verilerin rolüne dikkat çekilmiştir. Ardından günümüzde

verilerin öneminin oldukça arttığı bu bağlamda bireylerin veri okuryazarlığına ait yetkinliklere sahip olmaları gerektiği vurgulanmıştır. Veri okuryazarlığının tüm disiplinleri ilgilendiren bir konu olduğu, kimya dersi kapsamında da veri okuryazarlığını geliştirmeye yönelik çalışmalara ihtiyaç olduğu ve yapılacak etkinliğin bu amaca hizmet etmesinin beklendiği belirtilmiştir. Böylece öncelikle verilerin hayatımızdaki yerine, veri okuryazarlığının önemine dikkat çekilmiş ve veri türlerinden bahsedilmiştir. Ardından kimya dersi kapsamında da veri okuryazarlığının geliştirilebileceği, bunun için Boyle yasası konusuna ait "Boyle'un Verileri Ne Söylüyor?" etkinliğinin kullanılabilirliği, böylece hem konunun anlaşılmasının hem de veri okuryazarlığının gelişmesine katkı sağlanmasının hedeflendiği öğrencilerle birlikte soru-cevap yöntemi kullanılarak açıklanmıştır. Örneğin Fotoğraf 1'de yer alan Covid-19 salgını sürecinde Sağlık Bakanlığının paylaşmış olduğu renklendirilmiş Türkiye haritası ekrana yansıtılmıştır. Bu sırada gerçekleştirilen sınıf içi diyalogdan bir bölüm aşağıda verilmiştir:

Öğretmen: Ekrana yansıyan haritaya aşına mısınız?

Öğrenciler [Birlikte]: (Gülerek) Evet, sürekli bu haritayı görüyoruz.

Öğretmen: Neyi ifade ediyor bu harita?

Öğrenci 1: İllere göre risk haritası.

Öğretmen: Ne işe yarıyor bu harita?

Öğrenci 2: Bilgi sahibi olmamızı sağlıyor.

Öğrenci 3: Yaşadığımız ildeki Covid-19 vaka sayısı hakkında fikir veriyor. Çok mu, yoksa daha mı az.

Öğretmen: Peki bu ne işimize yarıyor?

Öğrenci 4: Daha tedbirli oluruz, eğer yaşadığımız il çok kırmızı yani yüksek riskli yerde ise.

Nüfus verileri, bilişim teknolojileri kullanım verileri, PISA ortalama fen bilimleri puanları 2003-2009 karşılaştırması kısaca incelendikten (inceleme süresi sınıf ortamına, öğrencilerin ilgi ve anlayışına göre değişiklik gösterebilir) sonra;

Öğretmen: İncelediğimiz bu veriler gerekli mi sizce?

Öğrenciler [Birlikte]: Gerekli.

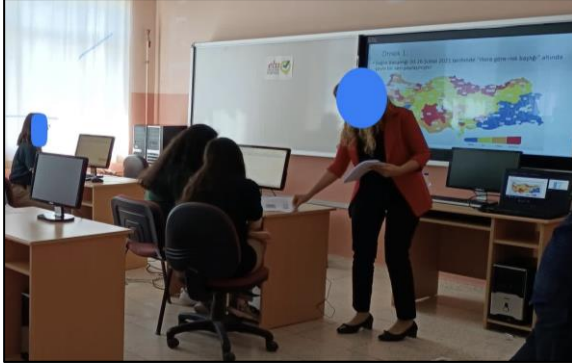
Öğretmen: Neden?

Öğrenci 5: Verilere bakarak kararlar alabiliriz.

Öğretmen: Ne gibi kararlar alabiliriz?

Öğrenci 5: Mesela nüfus verileri. Ülkedeki planmayı yapmak için nüfus verilerini kullanmak gerekir.

Öğrenci 6: Eğitimle ilgili kararlar almak için PISA verilerine bakılabilir ya da başarı nasıl değişmiş. Buna göre değişiklik yapılabilir.



Fotoğraf 1. Birinci Aşamaya Ait Bir Görsel

2. Aşama: Bilim Tarihine Yolculuk

Etkinliğin ikinci aşamasında öğrencilere “Boyle’un Verileri Ne Söylüyor?” isimli etkinlik kağıdının ilk aşaması dağıtılmıştır. Etkinliğin giriş kısmı olan bu bölümde; hava ile ilgili Boyle’un çalışmalarına kadar olan süreçte neler yapıldığını ifade eden bilim tarihi anlatısı yer almaktadır (Ek 1). Öğrencilerden dağıtılan kağıttaki metni okumaları istenmiştir. Ardından öğrencilerle birlikte metinde yer alanları görsel biçimde anlatan video (Bar-Yosef, t.y.; Wasserradwander, 2011) ve resimler (Ek 1’deki resimler) kullanılarak Boyle’dan önce hava ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Sözü edilen incelemeye ilişkin bir bölüm aşağıda verilmiştir:

Öğretmen: Şimdi bilim tarihine bir yolculuğa çıkıyoruz. Bu yolculuk bize gazlarla ilgili yapılan çalışmalar hakkında önemli bilgiler verecek. Torricelli’yi hatırlıyor musunuz?

Öğrenciler [Birlikte]: Evet.

Öğretmen: Hatırladıklarınızı paylaşır mısınız?

Öğrenci 1: Açık hava basıncını bulmuştu.

Öğrenci 2: 76 cm-Hg

Öğrenci 3: Deniz seviyesinde ama.

Öğrenci 4: Deneyinde civa dolu kaba ters çevirmişti civa dolu tüpü, öyle hatırlıyorum.

Öğretmen: Çok güzel. Şimdi Torricelli’nin yaptığı çalışmalara daha yakından bakalım, ne dersiniz? Sonrasında belki de adını daha önce duymadığınız bir bilim adamının çok

ilginç bir deneyiyle karşılaşacaksınız. Hazır mısınız?

Öğrenciler [Birlikte]: (Gülerek) Evet.

Öğretmen: O zaman elinizdeki metni bireysel olarak okuyunuz.

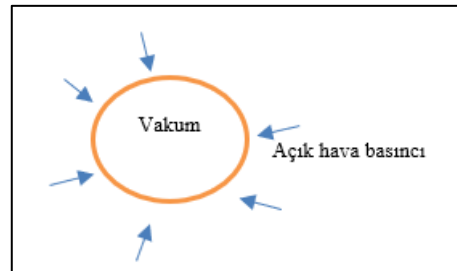
Öğrencilerin metni okumasından sonra birkaç öğrenciden metinde geçen Torricelli ve Guericke’in hava ile ilgili yaptıkları çalışmaları kendi ifadeleriyle özetlemeleri istenmiştir. Ardından konuya ilişkin videolar izlenmiştir (Fotoğraf 2). Bu sırada Guericke’in deneyi öğrencilerin oldukça ilgisini çekmiştir. Deneyde yapılanlar, sınıf ortamında rol oynama tekniği kullanarak canlandırılmış ve üzerinde konuşulmuştur:

Öğretmen: Gördüğünüz gibi atlar çok zorlandılar. Magdeburg küreleri neden güçlükte ayrıldı?

Öğrenci 1: Kürelerin içi boştu. Yani vakum. O yüzden.

Öğrenci 2: Açık hava basıncından dolayı. Havanın basıncı var. Arkadaşımın dediği gibi kürelerin içi de boş.

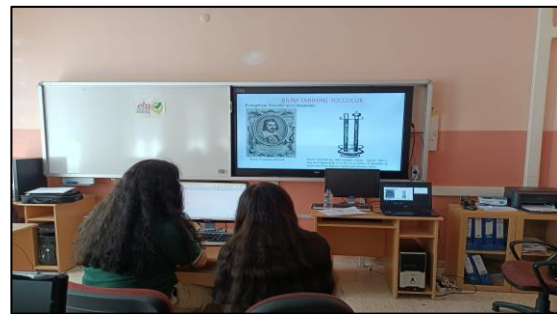
Öğrenci 3: Ben tahtada gösterebilir miyim? (Öğrenci tahtada aşağıda Şekil 1’de verilen çizimi yapmıştır.)



Şekil 1. Öğrenci Çizimi

Öğretmen: Güzel. Peki, Guericke’in deneyinin sonucu nedir? Neye ulaştı Guericke?

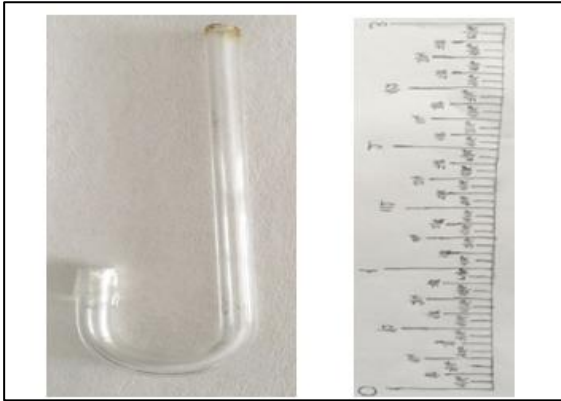
Öğrenciler [Birkaç öğrenci birlikte]: Açık hava basıncının var olduğunu gösterdi.



Fotoğraf 2. İkinci Aşamaya Ait Görsel

3. Aşama: Boyle'un Yaptığı Çalışmalar

Etkinliğin üçüncü aşamasında Boyle'un hava ile ilgili yaptığı çalışmalara yer veren bilim tarihi anlatısı öğrencilere dağıtılmıştır (Ek 2). Öğrencilerden metni okumaları istenmiştir. Ardından metinde yer alanları anlatan video (ChemEd X, t.y., grafiğe kadar olan kısım) ve görseller (Ek 2'deki görseller) aracılığıyla yapılan çalışmalar öğrencilerle birlikte incelenmiştir. Burada Boyle'un kullandığı J borusuna (laboratuvardan temin edilmiştir) ve uzunluk ölçümüne ilişkin tasarımına (inç cinsinden bölmelendirme) örnek gösterilmiştir.



Fotoğraf 3. Boyle'un Kullandığı J Boruyu ve Uzunluk Ölçümü İçin Hazırladığı İnç Cinsinden Bölmelendirilmiş Kâğıdı Temsilen Gösteren Malzemeler

Öğrencilerin metni okumasından sonra birkaç öğrenciden Boyle'un yaptığı çalışmaları kendi ifadeleriyle özetlemeleri istenmiştir. Bu sırada Fotoğraf 3'te yer alan malzemeler de kullanılmıştır. Boyle'un çalışmalarının incelenmesine ait bir bölüm aşağıda verilmiştir:

Öğretmen: Boyle'un deneyiyle ilgili ne söylemek istersiniz? Çalışmasında ilginizi çeken bir şey oldu mu?

Öğrenci 1: Aslında kolay görünüyor.

Öğrenci 2: Güzel tasarlanmış bir deney.

Öğrenci 3: Hacmi uzunlukla ilişki kurarak düşünmesi ilginç geldi bana.

Öğretmen: Nasıl? Biraz daha açıklar mısın?

Öğrenci 3: Borunun kısa olan yani kapalı kısımdaki havanın hacmini, bulunduğu yerin hacmini düşünerek uzunlukla bağlantı kurması.

Öğretmen: Bulduğu yer neresi?

Öğrenci 3: Silindir şeklindeki boru vardı orası.

Öğretmen: Evet, güzel. Arkadaşımızın söylediğini anladınız mı?

Öğrenciler [Birkaç öğrenci]: Evet.

Öğrenci 4: Ben tam anlamadım.

Öğretmen: Daha anlaşılır olması için tahtada bu ilişkiyi nasıl kurduğunu gösterebilir misin?

Öğrenci 3: Tabi. (Tahtaya yazarak) $V = \Pi \cdot r^2 \cdot h$ bu silindirin hacmi. Π zaten sabit, r aynı boruyu kullandığı için değişmiyor, h değişiyor. Zaten $V \propto h$ orantılı. Mantiğimi beğendim.

4. Aşama: Boyle'un Verileri

Etkinliğin dördüncü aşamasında Boyle ve ekibinin J tüpü ile yaptığı deneyine ait orijinal verileri içeren kâğıt (Ek 3) öğrencilere dağıtılmış ve akıllı tahtada gösterilmiştir. Öğrencilere Boyle ve ekibinin elde ettiği gerçek verileri anlayıp anlamadıkları sorulmuştur. Öğrencilerin tamamı anlamadıklarını ifade etmiştir. Öğrenciler verilerdeki sayıları ve birimi anlamadıklarını belirtmişlerdir. Orijinal verilerle ilgili bilgilerin İngilizce olması ve verilerin inç cinsinden uzunluk birimiyle ifade edilmesi nedeniyle tablonun anlaşılır olmadığını söylemek mümkündür. Çünkü inç, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan uzunluk birimi olmadığı için öğrencilerin aşına olmadığı görülmüştür. Boyle'un veri tablosu, öğrencilerin verileri anlayabilmeleri için araştırmacı tarafından yeniden düzenlenmiştir. Bunun için tablodaki başlıklar Türkçeye çevrilmiş, inç birimiyle ifade edilen veriler santimetre (cm) birimiyle ifade edilecek şekilde dönüşüm yapılmıştır. Tablo "Boyle'un Deneysel Verilerinin Düzenlenmiş Hali" başlığıyla yeniden oluşturulmuştur (Burada tablo araştırmacı tarafından önceden düzenlenmiştir. Şayet zaman konusunda sorun yaşanmayacağı düşünülürse, Boyle'un verileri öğrencilerle birlikte sınıfta yeniden düzenlenebilir. Bunun için 1 inç=2,54 cm olduğu belirtilmelidir. inç-cm dönüşümü için web tabanlı çeviriciler de kullanılabilir). Tabloyu içeren kâğıt (Ek 4) öğrencilere dağıtılmış ve akıllı tahtada gösterilmiştir. Öğrencilerden tabloyu incelemeleri istenmiştir (Fotoğraf 4).

Ardından tablodan ne anladıkları sorulmuş ve tablodaki her bir sütunun ne anlama geldiği öğrencilerle birlikte incelenmiştir. Tablodaki verilerin neyi ifade ettiği anlaşıldıktan sonra diğer aşamaya geçilmiştir. Tablonun incelenmesine ait bir bölüm aşağıda verilmiştir:

Öğretmen: Elinizde Boyle'un deneyinden elde ettiği orjinal veriler bulunmaktadır. Verileri inceleyerek düşüncelerinizi paylaşır mısınız?

Öğrenci 1: Hocam, bir şey anlamadım ben.

Öğrenciler [Birlikte]: Ben de (gülüşmeler).

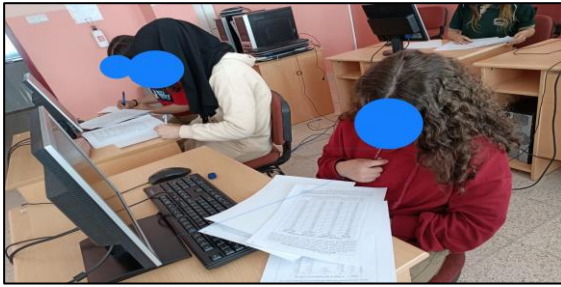
Öğretmen: Verileri neden anlamadığınızı düşünüyorsunuz?

Öğrenci 2: Sayılar değişik. İlginç yani.

Öğrenci 3: Değişik geldi, anlam veremedim.

Öğrenci 4: Hocam bunun birimi nedir? Farklılık o yüzden mi?

Öğretmen: Çok önemli bir noktadan konuya yaklaştın, tebrik ederim. Evet birimi pek de aşına olmadığımız, kullanımı ülkemizde yaygın olmayan inç cinsinden uzunluk birimi.



Fotoğraf 4. Öğrencilerin Boyle'un verilerini incelemesi

Boyle'un verilerinin düzenlenmiş halini öğrenciler inceledikten sonra:

Öğretmen: Tablonun ilk sütunu neye ait verileri gösteriyor?

Öğrenci 5: Havanın yüksekliği.

Öğretmen: Neredeki havanın yüksekliği?

Öğrenci 6: Tüpün kısa tarafındaki.

Öğretmen: Tahtada şekil üzerinde gösterebilir misin?

Öğrenci J tüpü çizerek tüpün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliğini göstermiştir.

Öğretmen: Peki, ikinci sütun neye ait verileri gösteriyor?

Öğrenci 7: Havayı sıkıştıran cıva yüksekliği. Kısa koldaki yani kapalı uçlu koldaki havayı sıkıştıran.

Öğretmen: Cıva tüpün kısa kolundaki havayı nasıl sıkıştırıyor?

Öğrenci 8: Boyle'un asistanı yukarıdan cıva döktükçe o da yani cıva, tüpün içindeki havayı itiyor ve sıkıştırıyor.

Öğretmen: Farklı düşüncesi olan arkadaşımız var mı?

Öğretmen: Peki, aynı düşüncedeyiz öyle anlaşılıyor. Bu sütunun ilk verisi sıfır. Sizce bu ne anlama geliyor?

Öğrenci 9: Cıva yüksekliği sıfır o zaman.

Öğretmen: Hangi cıva yüksekliği?

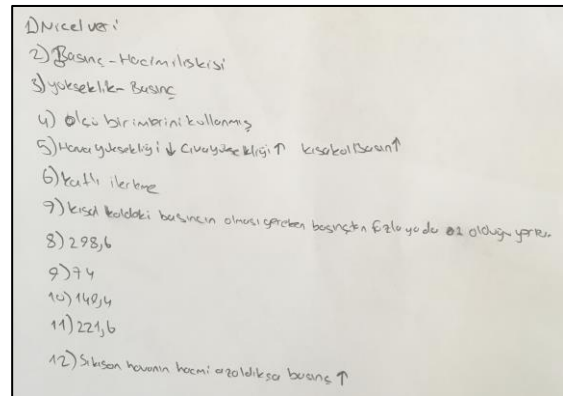
Öğrenci 9: Havayı sıkıştıran cıva yüksekliği. Yani cıva seviyeleri aynı.

Öğretmen: Doğru. Şimdi önemli bir soru geliyor o zaman; Boyle J tüpünün kısa kolunda havayı sıkıştıran cıva sütununun yüksekliğini nasıl hesaplamış?

Öğrenci 10: Uzun koldaki cıva seviyesinden kısa koldakini çıkararak. Yani farkını alarak.

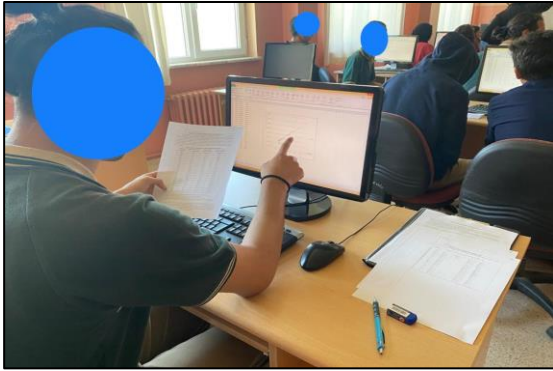
5. Aşama: Boyle'un Verileri Ne Söylüyor? İnceleyelim, Anlayalım

Etkinliğin beşinci aşaması, bilgisayarda EXCEL programı kullanmayı gerektirdiği için bilgisayar kullanılarak yürütülmüştür. Öncelikle öğrencilerden Boyle'un verilerini tekrar incelemeleri istenmiştir. Ardından verilerin anlaşılmasına rehberlik edecek soruları içeren kâğıt (Ek 5) öğrencilere dağıtılmıştır. Öğrencilerden önce bireysel olarak ardından ikişerli gruplar halinde çalışarak kâğıtta yer alan soruların cevaplarını Boyle'un verilerini kullanarak bulmaları istenmiştir. Öğrenciler verilerle ilk defa bu şekilde karşılaştıklarını ve çalıştıklarını belirttikleri için sorular sırasıyla tek tek incelenmiştir. Örneğin ilk soruyu öğrenciler bireysel çalışarak yanıtlamış ve yanıtı kâğıda yazmışlardır. Ardından ikişerli gruplar halinde çalışmışlar, bireysel kararlarını gözden geçirmişler ve ortak bir karara vararak kararlarını yazılı hale getirmişlerdir (Fotoğraf 5).



Fotoğraf 5. Öğrencilerin Ek 5'te Yer Alan Sorulara Verdikleri Yanıtların Bir Örneği

Sonra her grup kararını paylaşmış ve böylece ilk soruya ilişkin cevaplar öğrencilerle beraber değerlendirilerek doğru, kabul edilebilir cevaba ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu uygulama tüm sorular için gerçekleştirilmiştir. Grafik çizmeyi gerektiren sorular için öğrencilerin bilgisayardaki EXCEL programını kullanmaları istenmiştir. Öğrenciler EXCEL programını kullanarak önce verileri kaydetmişler, gerekli hesaplamaları yapmışlar, ardından verileri kullanarak grafik oluşturmuşlardır (Fotoğraf 6). EXCEL programını ilk defa kullanan öğrencilere programı kullanarak nasıl veri girişi ve hesaplama yapılacağı ile grafik çizimi konularında destek sağlanmıştır.



Fotoğraf 6. Öğrencilerin Boyle'un Verilerini Kullanarak Hesaplama Yapmaları ve Grafik Çizmeleri

Bu aşamada öğrencilerle birlikte verilerin incelenmesine ilişkin bir bölüm aşağıda verilmiştir:

Öğretmen: Evet arkadaşlar ilk soruya verdiniz yanıtlar üzerinde tartışalım.

Boyle'un elde ettiği verilerin türü nedir?

Grup 1: Nicel.

Öğretmen: Farklı düşüncede olan grup var mı?

Farklı düşüncede olan grup olmadığı anlaşıldıktan sonra:

Öğretmen: Peki neden böyle düşünüyorsunuz?

Grup 1: Sayılar var. Veriler sayısal.

Öğretmen: Nitel olamaz mı?

Grup 1: Olamaz, çünkü özellik yok burada, sayılar var.

Öğretmen: Herkes aynı görüşte mi? Farklı görüşü olan var mı?

Öğrenciler [Birlikte]: Yok.

Öğretmen: Evet, Boyle'un verilerinin türü nicel. Sayısal veriler. Ölçüm sonucunda elde edilmiş veriler. Bir nesneye ait nitelik ya da özellik bildirmediği için nitel değil.

...

Öğretmen: Arkadaşlar basınç ve hacim verilerini EXCEL sayfasına girdiyeniz grafik çizimine geçebilirsiniz.

Öğrenciler [Birlikte]: Tamamladık, geçiyoruz.

Grafik çizimi tamamlandıktan sonra:

Öğretmen: Grafiğiniz size ne söylüyor arkadaşlar? Grupça tartışın ve kararınızı bizimle paylaşın.

Grup 3: Ters orantı grafiği çıktı. Basınçla hacim ters orantılı.

Grup 4: Aynen, bizce de öyle. Biri artarken diğeri azalıyor.

Grup [Birlikte]: Biz de öyle düşünüyoruz.

Öğretmen: Örnek verir misiniz?

Grup 5: Ben verebilirim. Hacim mesela 25,4 iken basınç 89,7; 17,8 iken 127,8.

Beşinci aşamada uygulayıcılara rehber olması açısından Ek 5'te yer alan soruların olası cevaplarını içeren "Uygulayıcılar İçin Rehber" isimli doküman Ek 6'da sunulmuştur. Devamında ise etkinliğin hazırlanmasında kullanılan kaynaklara yer verilmiştir.

6. Aşama: Boyle'un Verileri Ne Söylüyor? İfade Edelim

Son aşama olan altıncı aşamada, etkinlik tamamlanarak Boyle'un verilerinin ne söylediğini öğrencilerin son kez ifade etmeleri istenmiştir. Böylece Boyle'un deneysel verilerine dayalı olarak Boyle yasası tanımlanmış ve gazların hacmi ile basıncı arasındaki ilişki ortaya koyulmuştur:

Öğretmen: Evet arkadaşlar, Boyle'un verilerini incelediniz. Boyle'un verileri ne söyledi, son kez açıklar mısınız?

Öğrenci 1: Gaz hacmi, basınç ile ters orantılıdır.

Öğretmen: Bunu matematiksel ifade ile tahtada gösterebilir misin?

Öğrenci 1: Tabi. (Tahtada yazarak) $P \propto 1/V$

Öğretmen: Çok güzel, teşekkür ederim. Peki arkadaşlar Boyle denemeleri sırasında J tüpünün kısa kolundaki gazın miktarını değiştiriyor mu?

Öğrenciler [Birlikte]: Hayır.

Öğretmen: O zaman gazın miktarı için ne diyebiliriz?

Öğrenciler [Birlikte]: Sabit.

Öğretmen: Güzel. Peki sıcaklık konusunda biraz evvel hangi sonuca varmıştık?

Öğrenci 2: Sıcaklıkla ilgili veri kaydetmemiş. Demek ki sıcaklıkta değişiklik yapmamış. O zaman aynı sıcaklıkta yapmış deneylerini diye düşünmüştük.

Öğretmen: Aynen. Bu durumda sıcaklık için de ne diyebiliriz?

Öğrenci 2: Sabit.

Öğretmen: Şimdi ulaştığımız sonucu bu konuştuklarımızla birlikte tekrar ifade edelim, eksik olmasın.

Öğrenci 3: Sabit sıcaklıkta gazın hacmi ile basıncı ters orantılıdır.

Öğretmen: Güzel, başka söylemek isteyen var mı?

Öğrenci 4: Sabit sıcaklıkta gazın basıncı artarken hacmi azalır ya da tam tersi.

Öğretmen: Güzel, başka?

Öğrenci 5: Hocam kütleyle ilgili bir şey söylemedik.

Öğretmen: Aynen, aferin, ne diyebiliriz?

Öğrenciler [Birlikte]: ... (Düşünüyorlar)

Öğretmen: Zamanımız çok az kaldı, zil çalmak üzere arkadaşlar, birlikte ifade edelim isterseniz.

Öğretmen ve öğrenciler [Birlikte]: Sabit sıcaklıkta, sabit miktardaki bir gazın hacmi, basıncı ile ters orantılıdır.

Öğretmen: İşte bu!!! Boyle yasasını keşfettiniz arkadaşlar, tebrikler! (Alkışlar).

ETKİNLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Etkinlik sonrasında öğrencilerin etkinlikle ilgili görüşleri alınmıştır. Bunun için beş tane açık uçlu sorudan oluşan yazılı görüş formu hazırlanmıştır. Sorular araştırmacı tarafından hazırlanmış, fen eğitimi alanında bir uzmanın ve bir kimya öğretmenin görüşleri alınarak son hali verilmiştir. Görüş formundan elde edilen veriler içerik analizi kullanılarak çözümlenmiştir. Bunun için verilerden elde edilen kavramlara göre kodlama yapılmış, elde edilen kodlardan yola çıkarak verileri genel düzeyde açıklayabilen temalar oluşturulmuştur (Strauss & Corbin, 1990). Uzman görüşü alınarak tamamlanan sürecin sonunda veriler tablo haline getirilmiştir.

Etkinliğin değerlendirilmesi kapsamında öğrencilere yöneltilen ilk açık uçlu soru “Boyle’un verilerini incelerken değişkenlerin ne anlama geldiği ve değişkenler arasındaki ilişkileri anlama durumunuzla ilgili neler

söylersiniz?” sorusu olmuştur. Bu soruya öğrencilerin tamamı Boyle’un verilerini anlama konusunda biraz zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Öğrencilerin açıklamalarını; “Boyle’un verilerinin anlaşılması” teması altında “birim farklılığı (1)” ve “değişkenler arası ilişki (2)” kodlarına karşılık gelecek şekilde olduğu belirlenmiştir. (Belirtilen kodların sonuna parantez içinde numara yazılmıştır. Numara, kodlarla örnek öğrenci açıklamaları arasında ilişki kurmayı kolaylaştırmak amacıyla verilmiştir. Bu kullanım, diğer veri sunumlarında da tercih edilmiştir.) Öğrencilerin açıklamalarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

- Boyle’un kendi verilerini incelerken önce anlamadım. inç biriminden olduğu için ilk başta anlamadım, zorlandım. Ö1 (1).
- İlk başta zorlandım mesela değişkenler arasındaki ilişkiyi tam oturtmamıştım. Ö14 (2).

Boyle’un verilerinin anlaşılmasına yönelik daha detaylı bulgulara ulaşabilmek için öğrencilere “Verilerin türü, neyle ilgili olduğu, verilerin bağlamı, verilerdeki örüntü, aykırılıklar ve farklılıklar konularından anlamakta zorlandıklarınız oldu mu?” sorusu yöneltilmiştir. Öğrencilerin bu soruya verdikleri cevapların; “verileri tanıma” teması altında “verilerin bağlamı (1)”, “verilerdeki örüntü (2)”, “verilerin neyle ilgili olduğu (3)” ve “verilerdeki aykırılıklar ve farklılıklar (4)” kodlarına karşılık gelecek şekilde olduğu belirlenmiştir. Konuya ilişkin öğrenci açıklamalarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

- İlk başta kendimiz incelerken verilerin türünü belirledim. Ancak verilerin neyle ilgili olduğunu, verilerin bağlamını, verilerdeki örüntüyü ve aykırılık ya da farklılıkları anlayamadım. Bunları beraber tek tek ele alınca anladım. Ö14 (1, 2, 3, 4).
- Verilerin bağlamının ne anlama geldiğini anlamadım. Üzerinde konuşunca, açıklamalardan sonra anladım. Ö7 (1).

Öğrencilere yöneltilen bir başka açık uçlu soru “Boyle’un Verileri Ne Söylüyor? etkinliğini nasıl buldunuz?” sorusu olmuştur. Öğrencilerin soruyla ilgili yapmış oldukları açıklamalarını; “etkinliği değerlendirme” teması altında “gerçek verilerle çalışma (1)”, “uygulamaya dayalı (2)”, “ezberci anlayıştan uzak (3)”, “anlaşılır (4)”, “etkili öğrenmeyi sağlama (5)”, “eğlenerek ve zevk alarak öğrenme (6)”,

“grafiklerle çalışma (7)”, “bilim tarihini kullanma (8)” ve “bilim insanı gibi hissetme (9)” kodlarına karşılık gelecek şekilde olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin sözü edilen açıklamalarından bazı örnekler aşağıda sunulmuştur.

- Gerçek verilerle çalışmak çok heyecan vericiydi. Ö12 (1).
- Bence etkinliğin en iyi yönü gerçek verilerle çalışmaktı. Anlamayı kolaylaştırdı. Etkinliği yaparken etkinlikle iç içeydik. Uygulamalıydı. Çok verimliydi. Ö3 (1, 2, 5).
- Elimizde gerçek veriler vardı, gerçek bir şeye sahiptik. Bu gerçek verileri başta anlamam zor oldu ama etkinlik devam ettikçe kolaylaştı. Boyle yasasını etkili bir şekilde öğrendim. Etkinlik ezbercilikten uzak, o yüzden öğrencileri ezberleyici bireyden çok gözlemleyici bireye dönüştürdüğünü ve bu yüzden önemli olduğunu düşünüyorum. Ö14 (1, 3, 5).
- Etkinlik güzeldi. Bilim tarihinin de olması, o zamanın şartlarını biraz olsun hissetmemizi sağladı ve Boyle’un deneyini nasıl yaptığını anlamamızda etkili oldu. Ö7 (8).
- Öğretirken eğlendiren bir etkinlik, birçok şeyin pratiği olmuş oluyor. Boyle yasasını etkili şekilde öğrendim. Çok akıcı ve pratik bir etkinlik. Benim için ilginç bir deneyimdi, hayatımda unutamayacağım bir anı oldu. Çok ilginç bir durum, etkinlik sırasında kendimi Boyle gibi hissettim. Ö11 (2, 5, 6, 9).

Öğrencilere yöneltilen açık uçlu sorulardan bir diğeri ise “Etkinliğin veri okuryazarlığı becerilerinizi destekleyip desteklemediği konusundaki düşünceleriniz nelerdir?” sorusu olmuştur. Bu soruya öğrencilerin tamamı, desteklediğini düşündüklerini gösteren açıklamalar yapmıştır. Öğrencilerin açıklamalarının; “veri okuryazarlığımı destekleme” teması altında “verileri karşılaştırma/ilişki kurma (1)”, “verileri analiz etme (2)”, “verileri görselleştirme (3)”, “düşünme becerilerini geliştirme (4)”, “verileri yorumlama (5)” ve “verileri kullanma (6)” kodlarına karşılık gelecek şekilde olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin sözü edilen açıklamalarından bazı örnekler aşağıda sunulmuştur.

- Desteklediğini düşünüyorum. Çünkü bize bu böyledir denmedi, veriler arasındaki

- bağıntıyı biz bulduk. Ö14 (1).
- Kesinlikle desteklediğini düşünüyorum. Çünkü verileri karşılaştırmak ve analiz yapmak veri okuryazarlığına katkı sağladı bence. Ö1 (1, 2).
- Veri okuryazarlığına katkı sağladı bence. Verileri inceleyip tablo oluşturmamız ve grafik çizmemizin katkı sağladığını düşünüyorum. Ö4 (3).
- Veri okuryazarlığına katkı sağladığımı düşünüyorum. Mantığımı geliştirdi, düşünmemi geliştirdi. Ö12 (4).
- Veriler üzerinde çalışıp onlardan yorum ve bilgi çıkarmak veri okuryazarlığına katkı sağladı bence ve zevkliydi. Ö5 (5).
- Verilerin nasıl kullanıldığını öğrendim. Ö9 (6).

Öğrencilere yöneltilen son soru “Boyle Yasası konusu işlenirken bu etkinliğin kullanılmasını önerir misiniz? Neden?” sorusudur. Bu soruya on beş öğrenci “Evet”, bir öğrenci ise “Hayır” cevabını vermiştir. Evet cevabını veren öğrencilerin açıklamalarının “etkinliğin kullanımını önerme” teması altında “uygulamaya dayalı (1)”, “kalıcı öğrenme (2)”, “öğrenci merkezli (3)”, “ezbere öğrenmeden uzak (4)”, “gerçek verilerle çalışma (5)”, “anlamayı kolaylaştırma (6)”, “derinlemesine öğrenme (7)”, “bilim tarihini öğrenme (8)”, “verilerle çalışmayı öğrenme (9)”, “eğlenceli (10)”; hayır cevabını veren öğrencinin açıklamalarının ise “öğrencilerin ciddiye almama ihtimali (11)” ve “bilgisayar olmaması (12)” kodlarına karşılık gelecek şekilde olduğu belirlenmiştir. Bu kodlara görülen öğrenci açıklamalarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

- Öneririm, çok faydalı. Uygulamanın benim için gayet faydalı olduğunu düşünüyorum. Çünkü derslerde bunlar sadece söyleniyor, ispat etme amacı yok, bu etkinlikte ise uygulamalı bir şekilde kendi çalışmalarımızla, gözlemlerimizle bir nevi ispat ediyoruz. Etkinlik yaparken kendimi üniversite ortamında gibi hissettim. Ö1 (1).
- Tabi ki öneririm. Basınç hacim ilişkisinin ta kendisi anlatılıyor yani gerçek, o zaman elde edilen verilerle çalıştık. Çok kalıcı oldu. Ö6 (2, 5).
- Öneririm. Öğrencinin kendi kapasitesini kullanarak öğrenmesini sağladığı için daha kalıcı olduğunu düşünüyorum. Verileri incelemek, hesap yapmak, verileri analiz etmek gerçekten

zevkiydi. Konuyu ezberletmek yerine öğrettiğini düşünüyorum. Ö5 (2, 3, 4).

- Evet; normal, sıkıcı müfredattan çok daha kısa bir sürede çok daha kolay anladım. Keşke hep böyle olsa. Uygulayarak öğrenmek hem dersi sevdiriyor hem de daha verimli olmasına sebep oluyor. Ö8 (1, 6).

- Evet. Çünkü bilim tarihine yolculuk yaptık, Boyle yasası nasıl ortaya çıktığını öğrendik. Böyle daha anlamlı oluyor. Ö9 (7, 8).

- Hayır. Çünkü herkes ciddiye almayabilir, katılım sağlamayabilir ve tam anlamıyla etkinlik uygulanamayabilir, yani tam anlamıyla yapılamaz. Ayrıca tüm okullarda bilgisayar bulunmuyor, sorun olabilir. Ö4 (11, 12).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Boyle yasasının öğretimi sırasında Boyle'un gerçek verilerinin kullanılmasına dayalı bir etkinlik tasarlanmış ve uygulanmıştır. Etkinlik hem Boyle yasasının öğretimine hem de veri okuryazarlığının geliştirilmesine yöneliktir. Etkinlik, Boyle'un gerçek verilerinin öğrenciler için anlaşılabilir ancak verilerin düzenlenmiş halinin daha anlaşılır olduğunu göstermiştir. Boyle'un orijinal verilerinde uzunluk biriminin inç cinsinden olması verilerin anlaşılmasındaki en temel neden olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin daha önce inç birimiyle karşılaşmamış ve kullanmamış oldukları öngörülerek veriler cm cinsinden uzunluk birimiyle ifade edilecek şekilde yeniden düzenlenmiştir. Bu haliyle veriler, öğrenciler tarafından çok daha anlaşılır bulunmuştur. Boyle'un verileri, veri okuryazarlığını da destekleyecek şekilde incelenirken ilk olarak verileri tanıtmaya odaklanılmıştır. Öğrenciler verilerin bağlamını, verilerdeki örüntüyü, verilerin neyle ilgili olduğunu ve verilerdeki aykırılıklar ve farklılıkları belirlemede zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Verileri tanımanın en temel veri okuryazarlığı yetkinliği olduğu söylenebilir (Hunter-Thomson, 2019; Temel Aslan, 2022, ss. 1-26). Öğrenciler, bu yetkinlik kapsamındaki konuların Boyle'un verileri kullanılarak etkileşimli bir şekilde incelenmesiyle anlaşılır hale geldiğini belirtmişlerdir.

Etkinlikle ilgili görüşlere bakıldığında;

öğrencilerin tamamının etkinliğe ilişkin olumlu görüş bildirdikleri ve etkinliğin veri okuryazarlığını desteklediğini düşündükleri görülmüştür. Boyle yasası konusu işlenirken etkinliğin kullanımını bir öğrenci dışında diğer tüm öğrenciler önermiştir. Etkinliğin kullanımını önermeyen öğrencinin açıklamaları; etkinliği öğrencilerin ciddiye almama ve okulda bilgisayar imkanının olmaması ihtimallerinden dolayı önermediğini göstermiştir. Ancak öğrencinin açıklamalarının devamı "...fakat etkinliği imkânı olan herkesin denemesi gerekiyor. Çünkü konuyu anlamamız için gayet güzel bir etkinlikti. P-V ilişkisini kendimizin bulması bizi hem heyecanlandırdı hem de konuyu kavramamızı sağladı." şeklindedir. Aslında bu açıklamalar; öğrencilerin uygulamayı ciddiye alma, öğrenme sorumluluğunu üstlenme konularında motive edildiklerinde etkinliğin daha etkili ve verimli bir şekilde uygulanabileceğine işaret etmektedir. Bu çalışmada da öğrencilerin gönüllü olarak katılım sağlamalarının, uygulamayı ciddiye almalarının ve öğrenme sorumluluğunu üstlendiklerini gösteren tavır ve davranışlar sergilemelerinin etkinliğin uygulanabilirliğini desteklediği ifade edilebilir. Aslında çalışmaya ilişkin bu gözlemin, tüm sınıf içi uygulamalar için geçerli olduğu söylenebilir (Aslan, 2015). Öğrencilerin etkinliğe ilişkin görüşlerinde genel olarak etkinliğin gerçek verilerle çalışmaya ve uygulamaya dayalı olması yönünün öne çıktığı görülmektedir. Alanyazında da gerçek verilerin kullanılarak veri okuryazarlığının geliştirilmesi teşvik edilmektedir (Ellwein vd., 2014; Data Nuggets Project, 2022). Bu etkinlikte gerçek veriler öğrencilere sunulmuştur. Ancak öğrencilerin veri toplama yoluyla kendi elde ettikleri veriler üzerinden de konunun anlaşılması ve veri okuryazarlığının geliştirilmesi sağlanabilir (Gibson & Mourad, 2018; Wolff vd., 2016).

Alanyazında kimya öğretimi sırasında veri okuryazarlığının geliştirilmesini destekleyecek şekilde tasarlanmış uygulamalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada sunulan etkinlikte olduğu gibi alanyazında önerilen veri okuryazarlığını geliştirmeye yönelik adımları içeren etkinliklerin, kimya dersinin farklı öğrenim düzey ve konularına yönelik olarak tasarlanması ve uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Appelget, J., Matthews, C. E., Hildreth, D. P., & Daniel, M. L. (2002). Teaching the history of science to students with learning disabilities. *Intervention in School and Clinic*, 37(5), 298-303.
- Aslan, S. (2015). Is learning by teaching effective in gaining 21st century skills? The views of pre-service science teachers. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(6), 1441-1457. [1]
[2] [SEP]
- Bar-Yosef, A. (t.y.). *The history of the barometer and how it works* [Video]. TEDEd. <https://ed.ted.com/lessons/the-history-of-the-barometer-and-how-it-works-asaf-bar-yosef>
- Bhargava, R., & D'Ignazio, C. (2015). *Designing tools and activities for data literacy learners. Workshop on data literacy*, Webscience. <https://www.media.mit.edu/publications/designing-tools-and-activities-for-data-literacy-learners/>
- ChemEd X. (t.y.). *Boyle's law: J-tube* [Video]. <https://www.chemedx.org/video/boyles-law-j-tube>
- Data Nuggets Project (2022). W. K. Kellogg Biological Station. Michigan State University. <https://datanuggets.org>
- Dykes, B. (2020). A simple strategy for asking your data the right questions. <https://www.forbes.com/sites/brentdykes/2020/08/11/a-simple-strategy-for-asking-your-data-the-right-questions/?sh=598980ddb9a7> Erişim Tarihi: 31.03.2021
- Ellwein, A. L., Hartley, L. M., Donovan, S., & Billick, I. (2014). Using rich context and data exploration to improve engagement with climate data and data literacy: Bringing a field station into the college classroom. *Journal of Geoscience Education*, 62, 578–586.
- Gibson, J. P., & Mourad, T. (2018). The growing importance of data literacy in life science education. *American Journal of Botany*, 105(12), 1953-1956.
- Hunter-Thomson, K. (2019). Data literacy 101: What do really mean by “data”? *Science Scope*, 43(2), 84-95.
- Hunter-Thomson, K. (2020). Data literacy 101: What can we actually claim from our data? *Science Scope*, 43(6), 20-26.
- Laçın Şimşek, C. (2009). Fen ve teknoloji dersi öğretim programları ve ders kitapları, bilim tarihinden ne kadar ve nasıl yararlanıyor? *İlköğretim Online*, 8(1), 129-145.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.
- Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2013). A systemic view of implementing data literacy in educator preparation. *Educational Researcher*, 42(1), 30-37.
- Marr, B. (2020). *Veri stratejisi*. MediaCat.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Psychology Press.
- Matthews, M. R. (1989). A role for history and philosophy in science teaching. *Interchange*, 20(2), 3-15.
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). *Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times* (pp. 282-291). ACM. https://www.researchgate.net/publication/221585167_Conceptualizing_smart_city_with_dimensions_of_technology_people_and_institutions
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2012). *Genel kimya ilkeler ve modern uygulamalar* (T. Uyar, S. Aksoy, & R. İnam, Çev. Ed.). Palme Yayıncılık.
- Ridsdale, C., Rothwell, J., Smit, M., Ali-Hassan, H., Bliemel, M., Irvine, D., Kelley, D., Matwin, S., & Wuetherick, B. (2015). *Strategies and best practices for data literacy education: Knowledge synthesis report*. Dalhousie University. Halifax, Nova Scotia, Canada. <https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/64578/Strategies%20and%20Best%20Practices%20for%20Data%20Literacy%20Education.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Strauss, A. L., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. SAGE

- Publications.
- Şirin, S. R. (2019). *Yol ayrımındaki Türkiye: Ya özgürlük ya sefalet*. Doğan Egmont.
- Temel Aslan, S. (2022). Veri ve veri setini tanıma. S. Temel Aslan (Ed.), *Örnek etkinliklerle eğitimde veri okuryazarlığının geliştirilmesi içinde* (ss. 1-28). Nobel.
- Turan, H. (2021). Veriye dayalı karar verme. N. Cemaloğlu (Ed.), *Veriye dayalı yönetim içinde* (ss. 1-19). Pegem Akademi.
- Turgut, H. (2007). Herkes için bilimsel okuryazarlık. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 40(2), 233-256.
- Wasserradwander. (2011, November 8). *Halbkugelversuch von Otto von Guericke [Otto von Guericke'nin yarım küre deneyi]* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=qL9viva4fI4>
- Wolff, A., Gooch, D., Cavero Montaner, J. J., Rashid, U., & Kortuem, G. (2016). Creating an understanding of data literacy for a data-driven society. *The Journal of Community Informatics*, 12(3),9-26. <https://ojs.uwaterloo.ca/index.php/JoCI/article/view/3275/4298>
- Wolff, A., Wermelinger, M., & Petre, M. (2019). Exploring design principles for data literacy activities to support children's inquiries from complex data. *International Journal of Human-Computer Studies*, 129, 41-54.
- Valencia, G. (2021). *3 skills critical for success in 21st century-and how to develop them through newly launched micro-credentials*. FIU News. <https://news.fiu.edu/2021/three-critical-skills-youll-need-to-succeed-in-the-21st-century-workforce-and-how-you-can-develop-them-this-year>
- Vahey, P., Yarnall, L., Patton, C., Zalles, D., & Swan, K. (April, 2006). *Mathematizing middle school: Results from a cross-disciplinary study of data literacy* [Paper presentation]. Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.

Kaynak Gösterme

- Temel Aslan, S. (2022). Kimya öğretiminde veri okuryazarlığını desteklemeye yönelik bir etkinlik örneği: boyle'un verileri ne söylüyor? *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 12(2), 108-139. <https://www.ated.info.tr/ojs-3.2.1-3/index.php/ated/issue/view/24>

Ek 1

Birinci Aşamada Kullanılan Etkinlik Kağıdı

BOYLE'UN VERİLERİ NE SÖYLÜYOR?

Gerçek verilerle kimya öğrenmeye ne dersiniz? Bunun hem öğretici hem de eğlenceli bir yol olduğunu deneyimlemek için aşağıdaki etkinliği yapabilirsiniz. Bu etkinlikte ilk önce bilim tarihine yolculuk yapacaksınız. Ardından Boyle'un deneysel verileriyle çalışma imkânı bulacaksınız. Etkinliği yürütürken aşağıdaki aşamaları takip ediniz.

1. AŞAMA

1) Aşağıda verilen "Bilim Tarihine Yolculuk" isimli metni okuyunuz. Burada aktif bir okuma yapmanız beklenmektedir.

Hatırlatma: Aktif okuma; öncelikle okuduğunuz metni ciddiye almayı gerektirir. Okurken aktif olarak düşünmeyi ve öğrenmeyi içerir ki bunlara genellikle not alma, cümle ya da kelimelerin (metnin) altına çizme gibi metinle etkileşimi gösteren etkinlikler eşlik eder (O'Hara, 1996; akt. Inie ve Barkhuus, 2021).

BİLİM TARİHİNE YOLCULUK

Kimya çalışmalarında havayla ilgili olanların önemli bir yeri vardır. Havanın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine pek çok gözlem yapılmıştır. Havayla ilgili çalışmalar, havanın (veya gazın) basınca sahip olduğunu göstermiştir.

İtalyan fizikçi ve matematikçi Evangelista Torricelli'nin yaklaşık 1 m uzunluğunda, ucu kapalı ve cıva dolu bir tüpü dikey doğrultuda yine cıva dolu bir kaba yerleştirdiği deneyi hatırlayalım.



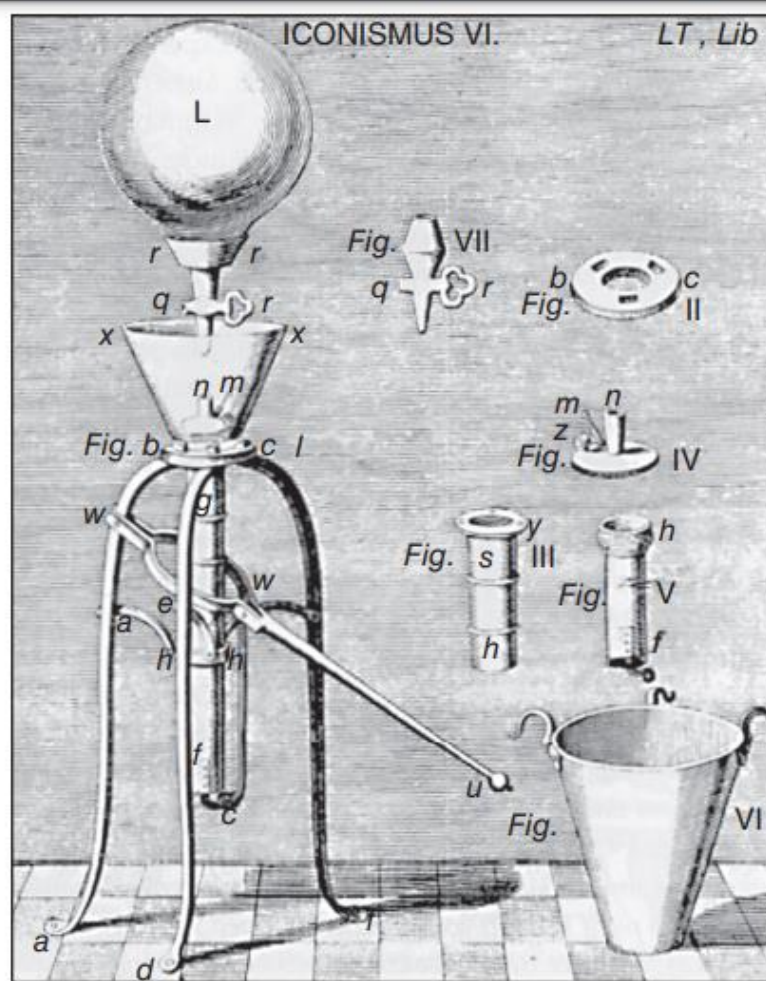
Resim, Torricelli'nin "Lezioni accademiche di Evangelista Torricelli" adlı eserinin kapak sayfasından alınmıştır (Torricelli, 1823).



Resim: Torricelli'nin 1644 yılındaki vakum deneyi. Hem C hem de D tüplerindeki A ve B cıva seviyeleri, D tüpündeki ek hacim olan E'den bağımsız olarak eşitti (Jousten, 2016).

Tüpün içindeki cıva seviyesinin kaptaki cıva yüzeyinden ölçüldüğünde yaklaşık 30 inç¹ kadar indiğini ve üzerinde boşluk (vakum) oluştuğunu (bu boşluğa daha sonra Torricelli vakumu adı verildi) biliyoruz. Aslında bu deney, hem tarihteki ilk barometre özelliğini taşıyan düzeneği içeriyordu hem de o zamana kadar kabul gören “Doğa, boşluktan nefret eder.” şeklindeki Aristotelesci görüşün ortadan kalkmasının öncüsü oldu. Neredeyse 2000 yıl boyunca pek de sorgulanmayan Aristotelesci görüşe göre mutlak bir boşluğun yani maddeden yoksun bir boşluğun, onu çevreleyen bir maddeyle hemen doldurulacağı için var olması mümkün değildi. Torricelli’nin deneyi vakum oluşturmamın mümkün olabileceğini göstermişti. Aslında vakum, barometrenin anahtar bileşenydi. Deney, vakum oluşturmaya yönelik ilk başarılı girişim olmasının yanı sıra atmosferik havanın ağırlığı olduğunu ve basınç uyguladığını göstermesi açısından da oldukça önemliydi.

Sonrasında Alman politikacı², fizikçi, mühendis ve doğa filozofu Otto von Guericke vakum oluşturmak için ilk hava pompasını (hava boşaltma tulumbası da denilebilir) icat etti. Guericke’in hava pompası, havayı doğrudan bir kaptan dışarı pompalayabiliyor ve Torricelli tüplerinden daha büyük hacimlerde vakum üretebiliyordu.



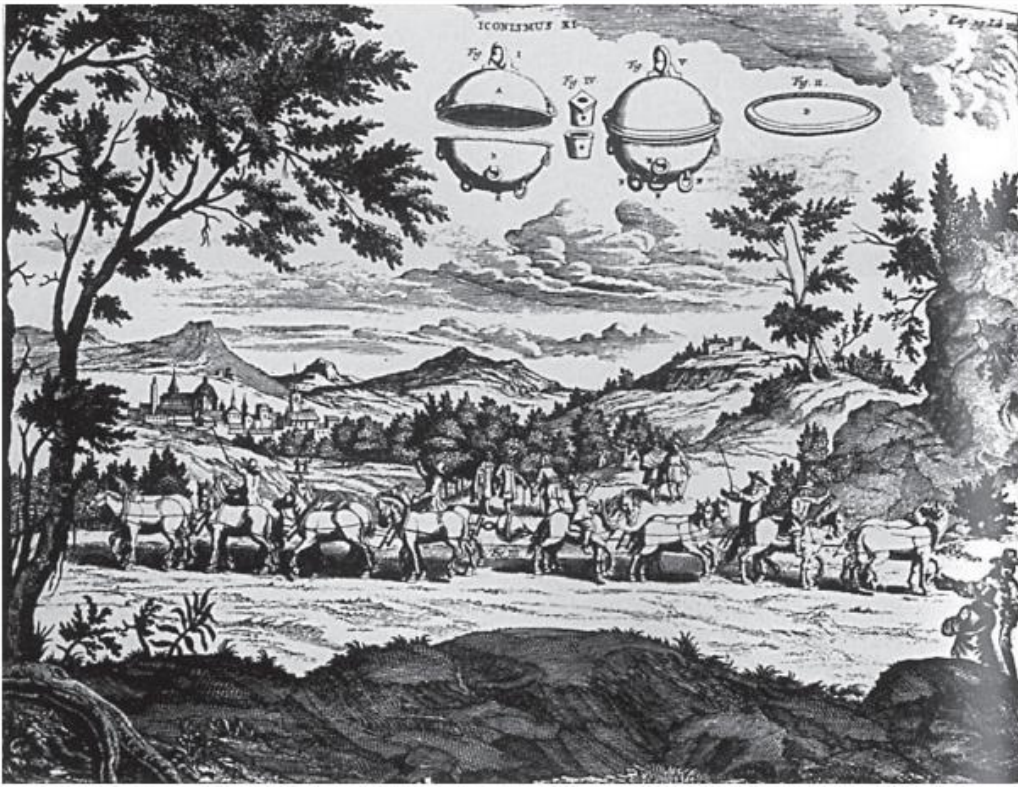
Resim: Guericke'in hava pompası (Jousten, 2016)

Guericke, bu pompalarla defalarca deney gerçekleştirdi. 1657'de Magdeburg'da yeni vakum tekniğini gösteren en ünlü deneyini sergiledi. Kalın metalden yapılmış 40 cm çapında iki yarım kürenin kullanıldığı (Magdeburg küreleri) ve bu kürelerin aralarına mum ve terebentin emdirilmiş deri bir halka yerleştirilerek bir araya getirildiği deneyde; halka içindeki havayı yarım kürelerden

¹inch: Özellikle geçmişte yaygın olarak kullanılan İngiliz uzunluk ölçüsü birimidir. 1 inch, 2,54 cm'ye karşılık gelir. Bu durumda bahsi geçen 'yaklaşık 30 inç' yaklaşık 76 cm'dir.

²Almanya'nın Magdeburg şehrinin belediye başkanıydı.

birine daha önceden taktığı musluğu vakum pompasına bağlayarak boşalttı. Böylece musluğu kapattığında birleştirilmiş iki yarım küreden oluşan kabın içinde vakum oluşturmayı başardı. Ardından iki yarım küreye yine daha önce yerleştirdiği halkaları, karşılıklı sekizer ata bağlayarak atları yürüttü. Ancak her iki tarafta sekiz attan oluşan bu ekipler, kapalı hacim boşaltıldıktan sonra iki yarım küreyi zorlukla ayırabildiler.



Resim: Guericke'nin Alman imparatoru Kaiser Ferdinand III'e yarım kürelerle yaptığı deneyini gösteren resmi (Jousten, 2016).

Böylece Guericke, hem vakumun varlığını ve icat ettiği hava pompasıyla vakum elde etmenin mümkün olduğunu hem de açık hava basıncının varlığını açık bir şekilde gösterdi. Guericke'in hava pompası, on yedinci yüzyılın en büyük teknik icatlarından biri olarak kabul edildi.

Ek 2

İkinci Aşamada Kullanılan Etkinlik Kağıdı

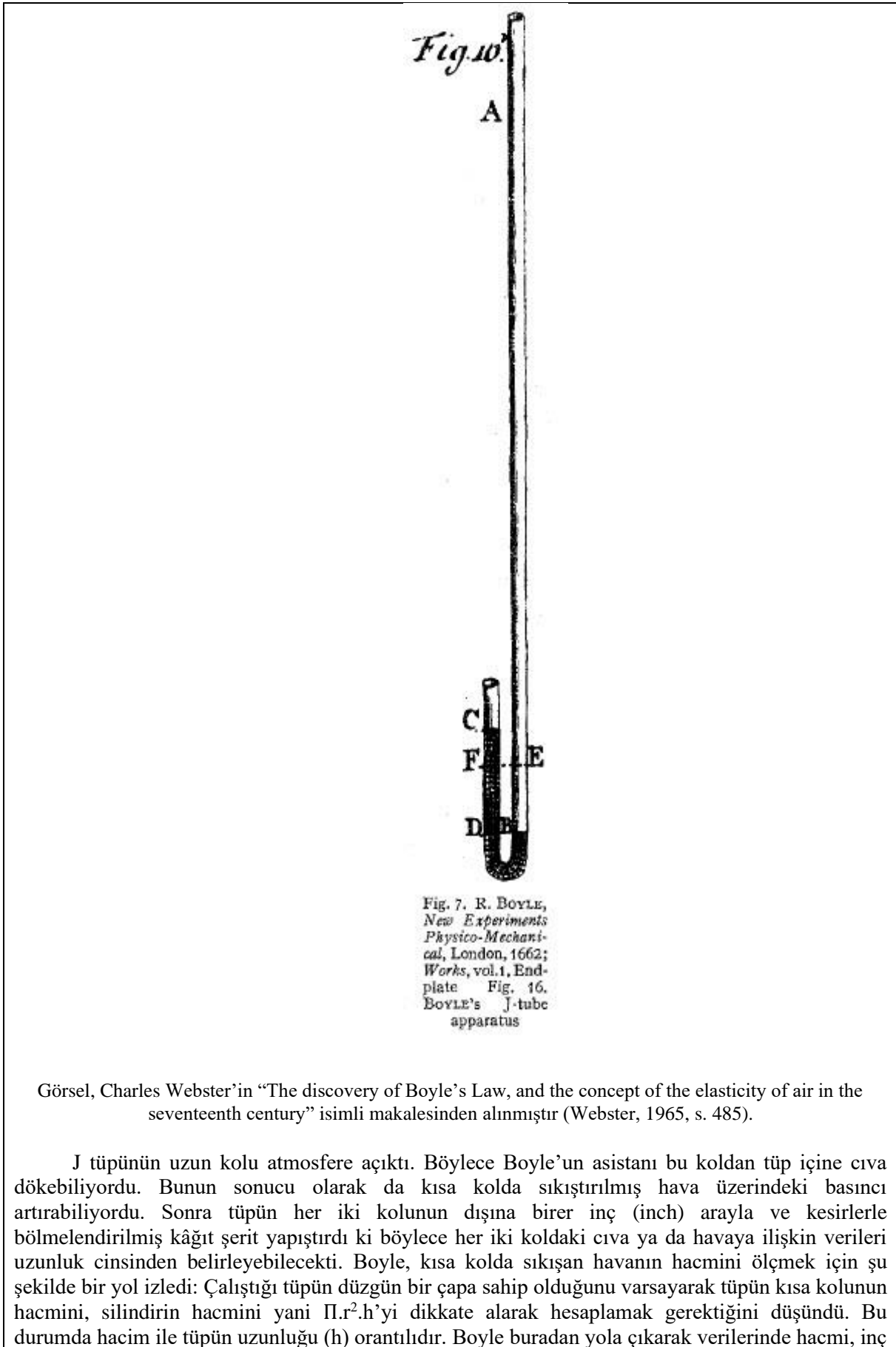
2. AŞAMA

1) Aşağıda verilen “Boyle’un Yaptığı Çalışmalar” isimli metni okuyunuz. Burada da aktif bir okuma yapmanız beklenmektedir.

BOYLE’UN YAPTIĞI ÇALIŞMALAR

Hava ile ilgili yapılan (önceki etkinlikte anlatılan) tüm bu çalışmalar, İrlandalı doğa filozofu, kimyager ve fizikçi Robert Boyle’un oldukça ilgisini çekti. Yardımcısı Robert Hooke ile birlikte, Guericke tarafından kullanılandan daha üstün bir hava pompası tasarladı ve üretti. Boyle bu hava pompasına "pnömatik motor" adını verdi. Bununla pek çok kap (cam küre, kavanoz gibi) içindeki havayı boşalttı. Yaptığı deneylerle Torricellian tüpünün içinde bulunduğu cıva dolu kap üzerindeki hava basıncı düşürüldüğünde, tüpteki cıva seviyesinin düştüğünü gösterdi. Böylece Torricellian barometresinde cıvanın barometrik yüksekliğinin dış basınca bağlı olduğunu gösterdi.

Toricelli’nin boşluğun olanaklı olduğunu göstermesinin ardından önemli bir sorunun açıklanması gerekiyordu. Boş hacimler neden dolmak zorundaydı, boşluk neden geçici ve nadirdi? Zira Guericke vakum pompası üzerinde çalışırken ilk denemelerinde havasını boşalttığı kürede tam olarak vakumu elde edememişti. Kürenin içine pompanın pistonları ve valflerin contaları aracılığıyla hava sızdığını tespit etmişti. Hava pompasında yaptığı yeni düzenlemelerle (pompanın üçüncü versiyonunda) bu sorunu giderebilmişti. İşte burada “boş hacim (vakum) neden havayla doluyordu?” sorusu daha da önemli hale geliyordu. Boyle’a göre havanın muazzam yayılma gücü boşluğu dolduruyordu. Ona göre havanın “esnekliği” vardı ve kendisine uygulanan basınca göre sıkıştırılabilir ya da genişletilebilirdi. Boyle sıkışan ve genişleyen havaya yönelik çalışmalarını ilerletti ve gaz yasaları arasında sayılan Boyle yasasına götüren deneylerini gerçekleştirdi. Bunun için uzun bir cam tüp aldı. Tüpün iki ucu açtı. Uçlardan birini ısıtarak hava geçirmez şekilde kapalı hale getirdi. Ardından yine ısı etkisiyle birbirine neredeyse paralel biri kısa ve diğeri uzun kol olacak şekilde tüpün bükülmesini sağladı. Aslında elde ettiği J şeklinde bir cam boruydu.



cinsinden uzunluk birimiyle ifade etti. Ayrıca tüpün kısa kolu ile uzun kolundaki cıva seviyelerini de in cinsinden uzunluk birimiyle ölçerek not aldı ve aralarındaki farkı basınç olarak verilerine kaydetti. Ardından bir asistanı tüpün uzun ve açık olan ucundan cıva ekledi. Aslında bu ucun olduğu kolun uzunluğu  metreden fazlaydı. Bu nedenle bir merdiven boŐluĐuna yerleŐtirildi. Güvenlik önlemi amacıyla da tüpün alt kısmı bir tahta kutuya yerleŐtirildi. Böylece tp kırılırsa cıva tahta kutuya akacaktı (nitekim denemelerin birinde tp kırıldı).

Boyle'un asistanının eklediği cıva öncelikle tüpün U Şeklinde bükülmüŐ olan kısmını doldurdu. Tüpün her iki kolundaki cıva seviyesi eşit olana kadar cıva eklemeye devam etti. Bu sırada Boyle havanın, cıvanın kenarlarından tüpün bir kolundan diğerine serbestçe geçebilmesi için tüpü sık sık eğmeye zen gösterdi. Tüpün her iki kolundaki cıva seviyesinin eşit olması; atmosfer basıncı ile tüpün kapalı kısa kolunda bulunan havanın basıncının eşit olduğu anlamına geliyordu. Ardından asistanı, tüpün uzun ve açık olan ucundan cıva eklemeye devam etti. Cıva ilave ettikçe tüpün kapalı uçlu kısa kolundaki cıvanın havayı yukarı doğru itmesiyle buradaki havanın hacmi giderek azaldı. Bu süreç boyunca hem Boyle'un hem de diğer asistanının gözü, in cinsinden bölmelendirilmiş kâğıt Őeritteydi. Buradan elde ettikleri verileri kaydettiler. Deney sırasında sıcaklıkla ilgili herhangi bir veri kaydedilmedi.

Ek 3

Üçüncü Aşamada Kullanılan Etkinlik Kağıdı

3. AŞAMA

1) Aşağıda Boyle ve ekibinin yaptığı deneylerden elde ettikleri veriler yer almaktadır. Verileri inceleyiniz. Tablodaki her bir sütunda yer alan verilerin neyle ilgili olduğunu, veriler arasında ilişki olup olmadığını ve verilerden ne anladığınızı yazınız.

BOYLE'UN GERÇEK VERİLERİ

Boyle ve ekibinin yaptıkları deneylerden elde ettikleri veriler şöyleydi (Boyle, 1662, s. 60):

Table 1. A Table of the Condensation of the Air

A	A	B	C	D	E
48	12	00	Added to	$29^{2/16}$	$29^{2/16}$
46	$11^{1/2}$	$01^{7/16}$	$29^{1/8}$	$30^{9/16}$	$30^{9/16}$
44	11	$02^{13/16}$	makes	$31^{15/16}$	$31^{12/16}$
42	$10^{1/2}$	$04^{6/16}$		$33^{8/16}$	$33^{1/7}$
40	10	$06^{3/16}$		$35^{5/16}$	35
38	$9^{1/2}$	$07^{14/16}$		37	$36^{15/19}$
36	9	$10^{2/16}$		$39^{4/16}$	$38^{7/8}$
34	$8^{1/2}$	$12^{8/16}$		$41^{10/16}$	$41^{2/17}$
32	8	$15^{1/16}$		$44^{3/16}$	$43^{11/16}$
30	$7^{1/2}$	$17^{15/16}$		$47^{1/16}$	$46^{3/5}$
28	7	$21^{3/16}$		$50^{5/16}$	50
26	$6^{1/2}$	$25^{3/16}$		$54^{5/16}$	$53^{10/13}$
24	6	$29^{11/16}$		$58^{13/16}$	$58^{2/8}$
23	$5^{3/4}$	$32^{3/16}$		$61^{5/16}$	$60^{13/23}$
22	$5^{1/2}$	$34^{15/16}$		$64^{1/16}$	$63^{6/11}$
21	$5^{1/4}$	$37^{5/16}$		$67^{1/16}$	$66^{4/7}$
20	5	$41^{9/16}$		$70^{11/16}$	70
19	$4^{3/4}$	45		$74^{2/16}$	$73^{11/19}$
18	$4^{1/2}$	$48^{12/16}$		$77^{14/16}$	$77^{2/3}$
17	$4^{1/4}$	$53^{11/16}$		$82^{12/16}$	$82^{4/17}$
16	4	$58^{3/16}$		$87^{14/16}$	$87^{3/8}$
15	$3^{3/4}$	$63^{15/16}$		$93^{1/16}$	$93^{1/5}$
14	$3^{1/2}$	$71^{5/16}$		$100^{7/16}$	$99^{6/7}$
13	$3^{1/4}$	$78^{11/16}$		$107^{12/16}$	$107^{7/13}$
12	3	$88^{7/16}$		$117^{9/16}$	$116^{4/8}$

AA. The number of equal spaces in the shorter leg, that contained the same parcel of air diversely extended.

B. The height of the mercurial cylinder in the longer leg, that compressed the air into those dimensions.

C. The height of a mercurial cylinder that counterbalanced the pressure of the atmosphere.

D. The Aggregate of the two last columns B and C, exhibiting the pressure sustained by the included air.

E. What that pressure should be according to the hypothesis, that supposes the pressures and expansions to be in reciprocal proportion.

Ek 4

Dördüncü Aşamada Kullanılan Etkinlik Kağıdı

4. AŞAMA

1) Aşağıda “Boyle’un Verilerinin Düzenlenmiş Hali” isimli metin yer almaktadır. Metni okuyunuz ve Boyle’un deneysel verilerinin düzenlenmiş halini inceleyiniz. Ardından Boyle’un deney düzeneğinin (içinde cıva bulunan J borusu) şeklini çizerek verilerin ait olduğu her bir değişkeni şekil üzerinde gösteriniz. (Örneğin ilk sütunda kısa koldaki havanın yüksekliği değişkeni yer almaktadır. Şekil üzerinde havanın yüksekliğini gösteriniz.)

BOYLE’UN VERİLERİNİN DÜZENLENMİŞ HALİ

Boyle, uzunluk birimi olarak inç kullanmıştı. Bugün inçin kullanımı tercih edilmemektedir. Bunun yerine 1960 yılında Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansında bir araya gelen uzmanların önerdiği Uluslararası Birim Sistemi (SI) kullanılmaktadır. SI metrik sisteminde uzunluk birimi m (metre) olarak belirlenmiştir. SI birimleriyle kullanılan ön-ekler aracılığıyla cm (santimetre) gibi alt birimlerin kullanımı sağlanmaktadır. Okul derslerinde SI birim sistemi kullanıldığı ve bu birimlere aşina olduğu için Boyle’un deneysel verilerinin daha anlaşılır hale gelmesi amacıyla inç, cm’ye dönüştürülmüştür. Bu dönüşümün yapıldığı ve Boyle’un verilerinin daha anlaşılır biçimde düzenlendiği (virgülden sonra tek basamak olacak şekilde yuvarlama yapılmıştır) şekli aşağıda sunulmuştur.

Tablo 1: Boyle’un deneysel verilerinin düzenlenmiş hali

Kısa koldaki havanın yüksekliği (cm)	Havayı sıkıştıran cıva silindirin yüksekliği (cm)	Atmosfer basıncını dengeleyen cıva silindirin yüksekliği (cm)	Kısa koldaki havanın yaptığı basınç (cm)	Hipoteze göre olması gereken basınç (cm)
30,5	0,0	74,0	74,0	74,0
29,2	3,6		77,6	77,2
27,9	7,1		81,1	80,6
26,7	11,1		85,1	84,2
25,4	15,7		89,7	88,9
24,1	20,0		94,0	93,4
22,9	25,7		99,7	98,7
21,6	31,7		105,7	104,4
20,3	38,2		112,2	111
19,1	45,5		119,5	118,4
17,8	53,8		127,8	127
16,5	64,0		138,0	136,6
15,2	75,4		149,4	148
14,6	81,7		155,7	154,4
14	88,7		162,7	161,4
13,3	96,3		170,3	171,6
12,7	105,6		179,5	177,8
12,1	114,3		188,3	186,9
11,4	123,8		197,8	197,3
10,8	136,3		210,3	208,9
10,2	147,6	221,6	221,9	
9,5	162,4	236,4	236,7	
8,9	181,1	255,1	253,6	
8,3	199,8	273,8	273,1	
7,6	224,6	298,6	295,9	

1. Sütun: J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmini temsil etmektedir.
2. Sütun: J tüpünün iki kolundaki cıva seviyeleri arasındaki farktır.
3. Sütun: Deneyin yapıldığı ortamın (odanın) barometrik basıncını temsil etmektedir.

4. Sütun: J tüpünün kısa kolunda sıkışan havaya etki eden toplam basınçtır.
5. Sütun: İlk veri kümesine ve $P \times V = k$ 'ye dayalı olarak basınca yönelik teorik hesaplamadır³. (Boyle bu sütundaki basıncı, “basınçların ve hacimlerin ters orantılı olduğunu varsayan” hipoteze göre olması gereken basınç olarak tanımlamıştır.)

³ İlk veri kümesi, J tüpünün her iki kolundaki cıva seviyelerinin eşit yani kısa kolda sıkışan havanın basıncının atmosfer basıncına eşit olduğu durumda elde edilen verilerdir. Buna göre $V=30,5$; $P=74,0$. Sonrasında kısa kolda sıkışan havaya etki eden toplam basınç, başka bir ifadeyle sıkışan havanın basıncı $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ eşitliğinden teorik olarak hesaplanmış ve son sütun bu şekilde oluşturulmuştur. $30,5 \times 74,0 = P_2 \times 29,2$ buradan $P_2 = 77,2$ gibi. Burada üzerinde çalışması kolay olsun diye veriler virgülden sonra tek basamak olacak şekilde yuvarlandığı, yuvarlamamanın ölçüm sonuçlarında bir miktar hataya sebep olabileceği unutulmamalıdır.

Ek 5

Beşinci Aşamada Kullanılan Etkinlik Kağıdı

5. AŞAMA

1) 4. aşamada verilen Boyle'un deneysel verilerinin düzenlenmiş halini tekrar inceleyiniz ve aşağıda verilen soruların yanıtlarını bulmaya çalışınız. Yanıtlarınızı yazılı olarak ifade ediniz. Verileri sorular eşliğinde incelemeniz; verileri daha iyi anlamınıza, verilerden bilgi üretmenize ve yararlı çıkarımlara ulaşmanıza yardımcı olacaktır.

BOYLE'UN VERİLERİ NE SÖYLÜYOR? İNCELEYELİM, ANLAYALIM

- 1) Boyle'un elde ettiği verilerin türü nedir?
- 2) Verilerin bağlamı nedir?
- 3) Tabloda ne ile ilgili veriler bulunmaktadır?
- 4) Tablodaki değişkenler nasıl tanımlanabilir? Bu değişkenleri ölçmek için Boyle nasıl bir yol izlemiştir?
- 5) Değişkenlerin her biri nasıl değişmektedir?
- 6) Verilerdeki örüntü nedir?
- 7) Verilerde herhangi bir aykırılık/farklılık bulunmakta mıdır?
- 8) J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın en düşük hacminde, basıncı ne olarak belirlenmiştir?
- 9) J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın en yüksek hacminde, basıncı ne olarak belirlenmiştir?
- 10) J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmi yaklaşık yarıya indiğinde basıncı nedir?
- 11) J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmi yaklaşık üçte birine indiğinde basıncı nedir?
- 12) J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmine ve basıncına ilişkin verilerin dağılımı nasıl ilişkilendirilebilir?
- 13) J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmine ve basıncına ilişkin verileri EXCEL programını kullanarak grafiğe geçiriniz.
- 14) 13. soruda çizdiğiniz grafiğe dayalı olarak verilerdeki örüntü ile ilgili ne söylenebilir?
- 15) EXCEL programını kullanarak tablodaki hacim (V) verilerinden, ters hacim (1/V) değerini hesaplayınız ve P – 1/V grafiğini çiziniz.
- 16) 15. soruda çizdiğiniz grafiğe dayalı olarak verilerdeki örüntü ile ilgili ne söylenebilir?
- 17) EXCEL programını kullanarak tablodaki hacim (V) ve basınç (P) değerlerinin çarpımını hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları kıyaslayarak değerlendiriniz.
- 18) EXCEL programını kullanarak PxV – P ve PxV – V grafiklerini çiziniz.
- 19) PxV – P ve PxV – V grafiklerinde verilerdeki örüntü ile ilgili ne söylenebilir?
- 20) EXCEL programında Boyle'un basınç verilerini kullanarak (veri tablosunun son iki sütunundaki veriler) yüzde hatayı hesaplayınız ve yorumlayınız?

$$\% \text{ Bağıl hata} = \left| \frac{\text{Gerçek değer} - \text{Deneysel değer}}{\text{Gerçek değer}} \right| \times 100$$

Hatırlatma: Deneysel çalışmalar sırasında yapılan ölçümlerden elde edilen veriler hatalı olabilir. Bu hatalara yol açabilecek pek çok neden bulunmaktadır. Sözü edilen hata kaynaklarının bir kısmı giderilebilirken (alet ya da yöntem hataları gibi) bir kısmı giderilemeyebilir. Giderilemeyen hata kaynaklarının ne olduğu dahi tespit edilemeyebilir. Bu durumda nasıl bir yol izleyebiliriz? Ölçüm sonuçlarımızı nasıl değerlendirebiliriz? Bunun için hata hesaplamaları yapabiliriz. Örneğin yüzde bağıl hata hesaplayabiliriz. Çünkü doğruluk, bir sonucun gerçek değere yakınlığını ifade eder ki bunu yüzde bağıl hata ile belirtmek mümkündür. Son olarak yüzde bağıl hata sonuçlarımızı yorumlarken değer %5'in altındaysa ölçüm sonuçlarımızı yani verileri kabul edilebilir olarak değerlendirebilirsiniz.

21) Boyle'un verilerini incelemeye ilişkin yaptığınız tüm bu çalışmaları dikkate alarak "verilere dayalı nasıl bir argüman" öne sürebilirsiniz?

Ek 6

Altıncı Aşamada Kullanılan Etkinlik Kağıdı

UYGULAYICILAR İÇİN REHBER

Boyle'un deneysel verilerini inceleyiniz. Verileri anlamanızda yardımcı olması için aşağıdaki soruların yanıtlarını bulmaya çalışınız.

1) Boyle'un elde ettiği verilerin türü nedir?

Veriler, sayı diğer bir deyişle nicelik belirttiği için nicel verilerdir.

2) Verilerin bağlamı nedir?

Boyle verilerini sıkışan ve genleşen havaya ilişkin çalışmaları sırasında elde etmiştir. Boyle yürüttüğü deneysel çalışmasında 25 farklı denemeye (ölçüme) ilişkin 3 farklı veri elde etmiştir. Veriler, J tüpüne eklenen cıvanın yüksekliği, cıva eklendikçe tüpün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği ve basıncı ile ilgilidir. Verilerin elde edildiği deney sırasında sıcaklığa ilişkin veri bulunmamaktadır (Burada sıcaklığın 25 deneme boyunca aynı olduğu yani sabit kaldığı varsayılabilir). Boyle'un deneylerini yaptığı ortamın (odanın) barometrik basıncı ise 74 cm-Hg'dır (Boyle ve ekibi, atmosfer basıncını dengeleyen cıva silindirin yüksekliğini 74 cm olarak belirlediler).

3) Tabloda ne ile ilgili veriler bulunmaktadır?

Tabloda ilk olarak J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği yer almaktadır. Verilerin ikincisi, J tüpünün uzun kolundan cıva eklenmesi sonucu tüpün uzun kolu ile kısa kolundaki cıva seviyeleri farkını ifade eden cıva yüksekliğidir. Bu veri tabloda havayı sıkıştıran cıva yüksekliği olarak ifade edilmiştir. Verilerin üçüncüsü, atmosfer basıncını dengeleyen cıva silindirin yüksekliğidir. Bu veri deneyin yapıldığı ortamın (odanın) barometrik basıncını ifade etmektedir ve 25 deneme için de aynı değerdedir (sabittir). Verilerin dördüncüsü, J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın yaptığı basınç ile ilgilidir. Son veriler, "basınçların ve hacimlerin ters orantılı olduğunu varsayan" hipoteze göre olması gereken basınç verileridir. Boyle söz konusu verileri $P \times V = k$ 'ye dayalı teorik hesaplama yoluyla elde etmiştir.

4) Tablodaki değişkenler nasıl tanımlanabilir? Bu değişkenleri ölçmek için Boyle nasıl bir yol izlemiştir?

Bağımsız değişken: Havayı sıkıştıran cıva silindirin yüksekliği (Havayı sıkıştıran cıvanın basıncını temsil etmektedir).

Bağımsız değişkenin nasıl gözlemlendiği: J tüpünün uzun kolundan her seferinde ilave edilen cıvaya bağlı olarak tüpün uzun ve kısa kolları arasındaki cıva seviyesi farkının uzunluk (inç) cinsinden ölçülmesiyle.

1. Bağımlı değişken: J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği (J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmini temsil etmektedir).

1. Bağımlı değişkenin nasıl gözlemlendiği: J tüpünün uzun kolundan cıva ilave edildikçe tüpün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliğinin uzunluk (inç) cinsinden ölçülmesiyle.

2. Bağımlı değişken: J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın basıncı.

2. Bağımlı değişkenin nasıl gözlemlendiği: Bu değişkene ait veriler hesaplama yoluyla elde edilmiştir. Boyle, tüpün kısa kolunda sıkışan havanın basıncını, deneyin yapıldığı ortamın basıncı ile tüpe ilave edilen cıvanın yaptığı basıncı toplayarak bulmuştur.

Boyle deneyinde atmosfer basıncını dengeleyen cıvalı bir silindirin yüksekliğinin 29(1/8) inç olduğunu kaydetmiştir; bu nedenle, havanın sürdürdüğü basıncı elde etmek için uzun kolda

gözlemlenen her yüksekliğe 29(1/8) inç değerini eklemiş ve bu toplam, tabloya kısa koldaki havanın yaptığı basınç olarak yansımıştır.

Anlaşılır olması için 29(1/8) inç; $29,125 \times 2,54 = 73,9775 \approx 74,0$ cm alınmıştır.

5) Değişkenlerin her biri nasıl değişmektedir?

J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği, tüpün uzun kolundan cıva ilave edildikçe azalmaktadır. Havayı sıkıştıran cıva yüksekliği (tüpün uzun ve kısa kolları arasındaki cıva seviyesi farkına ait yükseklik), tüpün uzun kolundan cıva ilave edildikçe artmaktadır. J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın basıncı, tüpün uzun kolundan cıva ilave edildikçe artmaktadır. Ortamın barometrik basıncı sabittir (74 cm-Hg).

6) Verilerdeki örüntü nedir?

J tüpünün (uzun kolundan cıva ilave edildikçe) uzun ve kısa kolları arasındaki cıva seviyesi farkına ait yükseklik ile tüpün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği (hacmi) arasında negatif bir ilişki vardır. Yani kollar arasındaki cıva seviyesi farkına ait yükseklik arttıkça tüpün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği azalmaktadır. Bu azalışlar düzenli/doğrusal değildir. Örneğin kollar arasındaki cıva seviyesi farkına ait yükseklik yaklaşık iki katına çıktığında, tüpün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği yarıya düşmemektedir gibi.

J tüpünün uzun ve kısa kolları arasındaki cıva seviyesi farkına ait yükseklik ile tüpün kısa kolunda sıkışan havanın yaptığı basınç arasında pozitif bir ilişki vardır. Diğer bir deyişle kollar arasındaki cıva seviyesi farkına ait yükseklik arttıkça, tüpün kısa kolunda sıkışan havanın basıncı da artmaktadır. Bu artışlar düzenli/doğrusal değildir. Örneğin kollar arasındaki cıva seviyesi farkına ait yükseklik yaklaşık iki katına çıktığında, tüpün kısa kolunda sıkışan havanın basıncı da iki katına çıkmamaktadır gibi.

J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği (hacmi) ile basıncı, tüpün uzun kolundan cıva ilave edildikçe tüpün uzun ve kısa kolları arasındaki cıva seviyesi farkına ait yüksekliğe göre birlikte değerlendirildiğinde; sıkışan havanın yüksekliği (hacmi) azaldıkça basıncı hep artmıştır. Sıkışan havanın yüksekliğindeki (hacmindeki) azalış ile basıncındaki artış arasındaki ilişkinin oransal olduğu söylenebilir. Şöyle ki sıkışan havanın hacmi yaklaşık yarıya indiğinde (30,5 cm'den 15,2 cm'ye indiğinde), basıncı yaklaşık iki katına (74,0 cm'den 149,4 cm'ye) çıkmaktadır.

7) Verilerde herhangi bir aykırılık/farklılık bulunmakta mıdır?

Hayır. Kısa koldaki havayı sıkıştıran cıva yüksekliği arttıkça, sıkışan havanın yüksekliği (hacmi) azalmaktadır. Veriler arasındaki bu negatif ilişkiyi bozan herhangi bir veri bulunmamaktadır. Başka bir ifadeyle kısa koldaki havayı sıkıştıran cıva yüksekliği arttıkça sıkışan havanın yüksekliğinin (hacminin) arttığını gösteren herhangi bir veri bulunmamaktadır.

Kısa koldaki havayı sıkıştıran cıva yüksekliği arttıkça, sıkışan gazın basıncı da artmaktadır. Veriler arasındaki bu pozitif ilişkiyi bozan herhangi bir veri bulunmamaktadır. Diğer bir deyişle kısa koldaki havayı sıkıştıran cıva yüksekliği arttıkça, sıkışan havanın basıncının azaldığını gösteren herhangi bir veri bulunmamaktadır.

Kısa kolda sıkışan havanın yüksekliği (hacmi) ile basıncına ait veriler değerlendirildiğinde ise sıkışan havanın yüksekliği (hacmi) azaldıkça basıncı artmaktadır. Sıkışan havanın yüksekliğine (hacmine) ve basıncına ilişkin veriler arasındaki bu negatif ilişkiyi bozan herhangi bir veri bulunmamaktadır. Yani kısa kolda sıkışan havanın yüksekliği (hacmi) azaldıkça basıncının da azaldığını gösteren herhangi bir veri bulunmamaktadır.

Bundan sonra J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın yüksekliği, hacim olarak ifade edilecektir.

8) J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın en düşük hacminde, basıncı ne olarak belirlenmiştir?

298,6 cmHg

9) *J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın en yüksek hacminde, basıncı ne olarak belirlenmiştir?*

74,0 cmHg

10) *J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmi yaklaşık yarıya indiğinde basıncı nedir?*

149,4 cmHg

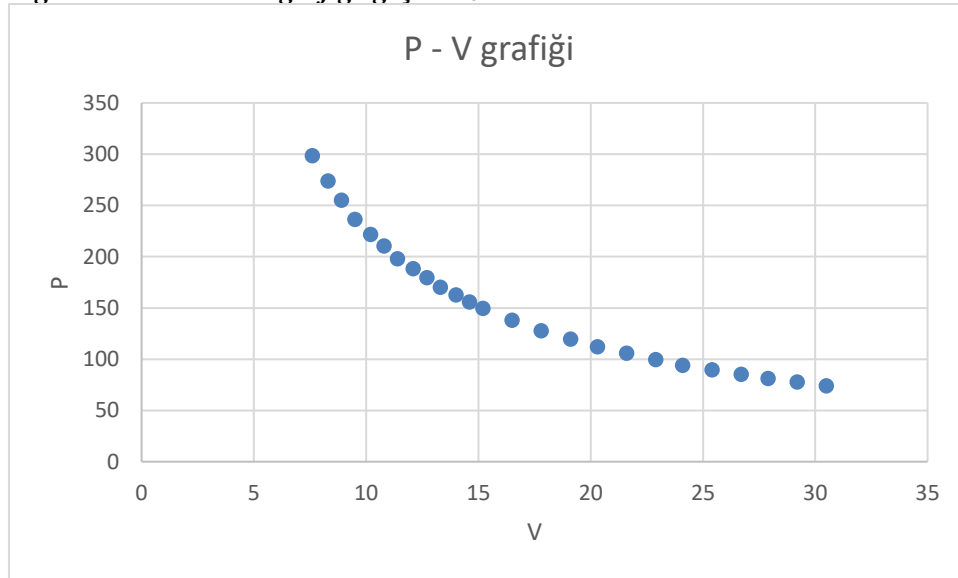
11) *J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmi yaklaşık üçte birine indiğinde basıncı nedir?*

221,6 cmHg

12) *J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmine ve basıncına ilişkin verilerin dağılımı nasıl ilişkilendirilebilir?*

J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmi azaldıkça basıncı artış göstermektedir. Bu negatif ilişkinin oransal olduğu söylenebilir. Çünkü hacim yaklaşık yarıya (30,5'den 15,2'ye) inerken basınç yaklaşık iki katına (74,0'dan 149,4'e), hacim yaklaşık üçte birine (30,5'den 10,2'ye) inerken basınç yaklaşık üç katına (74,0'dan 221,6'e) çıkmaktadır.

13) *J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmine ve basıncına ilişkin verileri EXCEL programını kullanarak grafiğe geçiriniz.*



14) *Grafiğe dayalı olarak verilerdeki örüntü ile ilgili ne söylenebilir?*

J tüpünün kısa kolunda sıkışan havanın hacmi ile basıncı arasında negatif bir ilişki vardır. Grafik aşağı doğru gitmektedir. Yani sıkışan havanın hacmi azaldıkça basıncı artmaktadır. Ancak iki değişken arasındaki ilişki doğrusal değildir (doğrusal olmayan ilişki). Çünkü grafikteki çizgi düz değil, eğridir. Ancak grafiğin aşağıda yer alan verileri, tablo üzerinde incelendiğinde sıkışan havanın hacmi yaklaşık yarıya indiğinde (30,5 cm'den 15,2 cm'ye indiğinde) gazın basıncı yaklaşık iki katına (74,0 cm'den 149,4 cm'ye) çıktığını; sıkışan havanın hacmi yaklaşık üçte birine indiğinde (30,5 cm'den 10,2 cm'ye indiğinde) gazın basıncının da yaklaşık üç katına (74,0 cm'den 221,6 cm'ye) çıktığını göstermektedir.

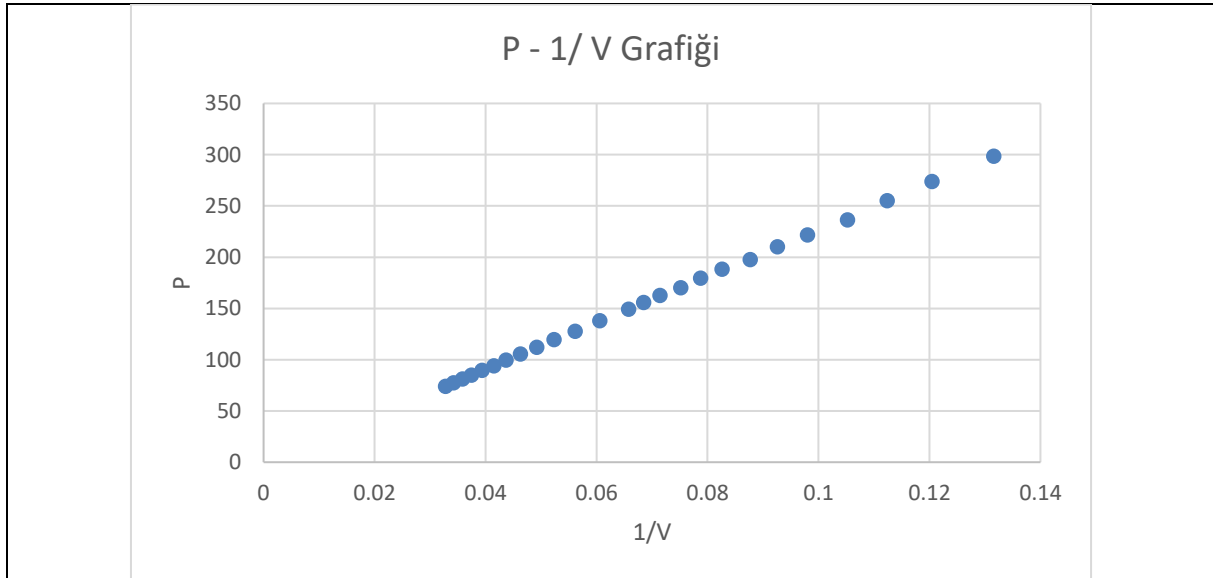
V	P
30,5	74,0
29,2	77,6
27,9	81,1
26,7	85,1
25,4	89,7
24,1	94,0
22,9	99,7
21,6	105,7

20,3	112,2
19,1	119,5
17,8	127,8
16,5	138,0
15,2	149,4
14,6	155,7
14	162,7
13,3	170,3
12,7	179,5
12,1	188,3
11,4	197,8
10,8	210,3
10,2	221,6
9,5	236,4
8,9	255,1
8,3	273,8
7,6	298,6

Bu ilişki orantısal bir ilişki olduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak grafik, basınç arttıkça hacmin azaldığını göstermektedir. Basınç ve hacmin birbiriyle ters orantılı olduğu söylenebilir.

15) EXCEL programını kullanarak tablodaki hacim (V) verilerinden ters hacim (1/V) değerini hesaplayınız ve P – 1/V grafiğini çiziniz.

V	1/V
30,5	0,032787
29,2	0,034247
27,9	0,035842
26,7	0,037453
25,4	0,03937
24,1	0,041494
22,9	0,043668
21,6	0,046296
20,3	0,049261
19,1	0,052356
17,8	0,05618
16,5	0,060606
15,2	0,065789
14,6	0,068493
14	0,071429
13,3	0,075188
12,7	0,07874
12,1	0,082645
11,4	0,087719
10,8	0,092593
10,2	0,098039
9,5	0,105263
8,9	0,11236
8,3	0,120482
7,6	0,131579



16) Grafiğe dayalı olarak verilerdeki örüntü ile ilgili ne söylenebilir?

J tüpünün kısa kolunda sıkışan havaya ait $1/V$ ile P değerleri arasında pozitif bir ilişki vardır. Grafik yukarı doğru gitmektedir. Yani $1/V$ değeri arttıkça P değeri de sürekli artmaktadır. Bu iki değişken arasında doğrusal bir ilişki vardır. Grafik, düz çizgi grafiğidir.

(Hatırlatma: Bir grafikteki düz bir çizgi orijinden geçiyorsa bu, orantısal bir ilişkiyi temsil eder. İlk veri noktasının orijinde, yani $(0, 0)$ olup olmadığına karar vermek önemlidir. Burada çizginin orijinden geçmesi gerektiği açıktır. Eğer hacim yoksa basınç da yoktur.)

1/V	P
0,032787	74,0
0,034247	77,6
0,035842	81,1
0,037453	85,1
0,03937	89,7
0,041494	94,0
0,043668	99,7
0,046296	105,7
0,049261	112,2
0,052356	119,5
0,05618	127,8
0,060606	138,0
0,065789	149,4
0,068493	155,7
0,071429	162,7
0,075188	170,3
0,07874	179,5
0,082645	188,3
0,087719	197,8
0,092593	210,3
0,098039	221,6
0,105263	236,4
0,11236	255,1
0,120482	273,8
0,131579	298,6

1/V arttıkça P de artar ve 1/V ile P orantılıdır. 1/V'nin değeri yaklaşık iki katına (0,032787'den 0,065789'a) çıktığında P değeri de yaklaşık iki katına (74,0'den 149,4'e) çıkmaktadır. 1/V'nin değeri yaklaşık üç katına çıktığında (0,032787'den 0,098039) P değeri de yaklaşık üç katına (74,0'dan 221,6'ya) çıkmaktadır.

Basınç-hacim grafiği, iki değişkenin ters orantılı olduğunu düşünmemize yol açmıştı. Bu durumda basınç-ters hacim grafiğindeki değişkenlerin (P, 1/V) doğrusal bir ilişkiye sahip olması beklenir ki elde edilen grafik bunu doğrulamaktadır.

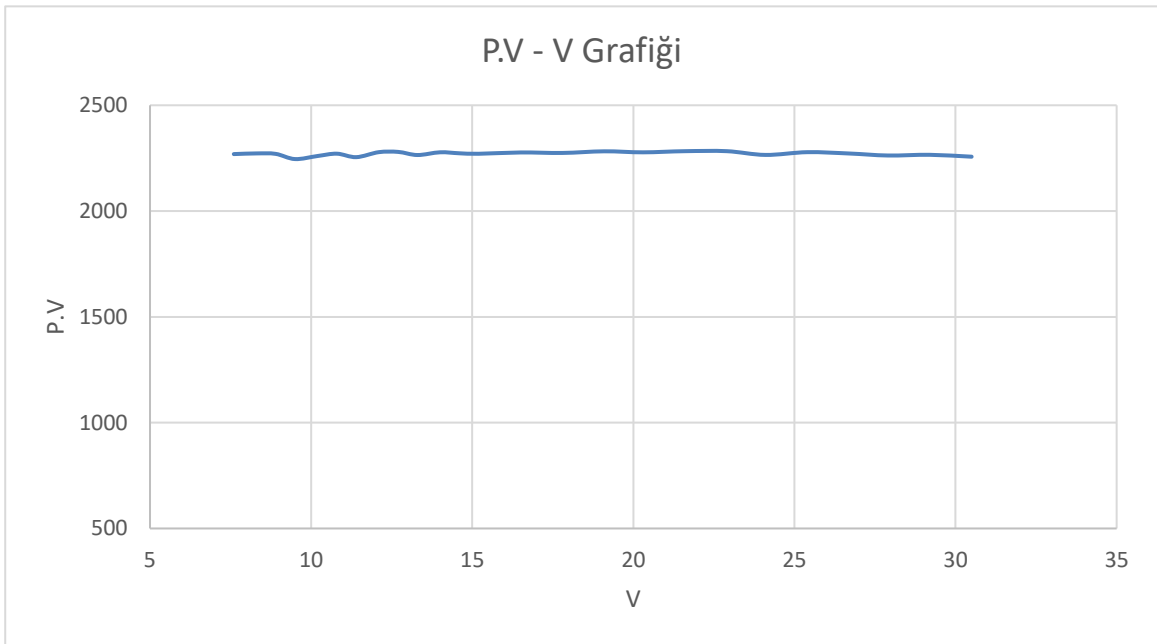
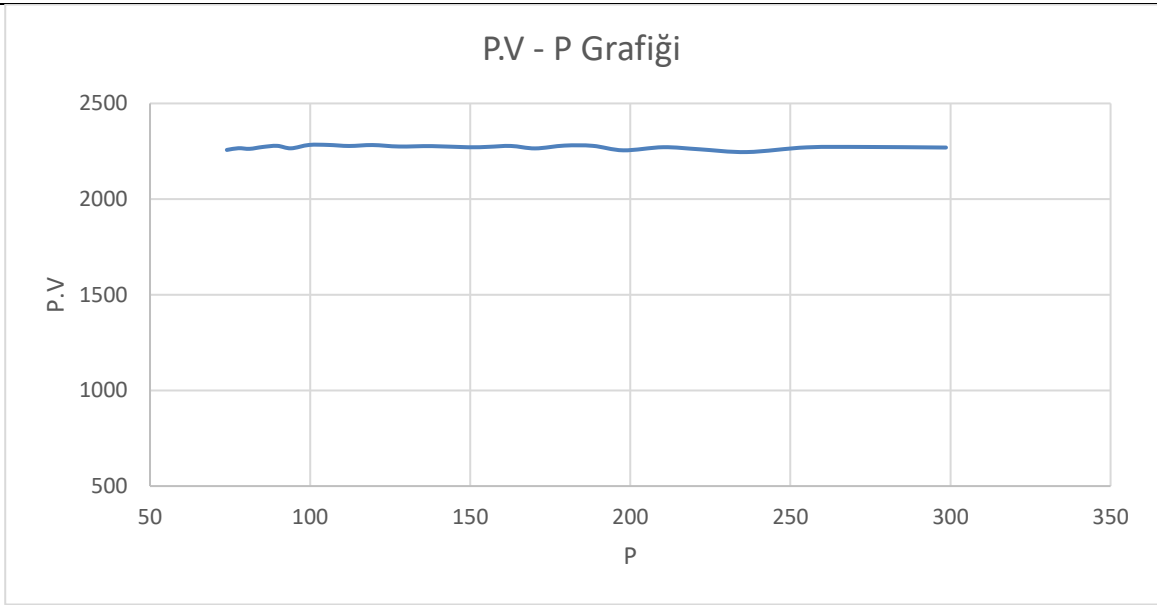
17) EXCEL programını kullanarak tablodaki hacim (V) ve basınç (P) değerlerinin çarpımını hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları kıyaslayarak değerlendiriniz.

(PxV sonuçları virgülden sonra tek basamak olacak şekilde yuvarlama yapılarak tabloya aktarılmıştır.)

P	V	PxV
74,0	30,5	2257,0
77,6	29,2	2265,9
81,1	27,9	2262,7
85,1	26,7	2272,2
89,7	25,4	2278,4
94,0	24,1	2265,4
99,7	22,9	2283,1
105,7	21,6	2283,1
112,2	20,3	2277,7
119,5	19,1	2282,5
127,8	17,8	2274,8
138,0	16,5	2277,0
149,4	15,2	2270,9
155,7	14,6	2273,2
162,7	14	2277,8
170,3	13,3	2265,0
179,5	12,7	2279,7
188,3	12,1	2278,4
197,8	11,4	2254,9
210,3	10,8	2271,2
221,6	10,2	2260,3
236,4	9,5	2245,8
255,1	8,9	2270,4
273,8	8,3	2272,5
298,6	7,6	2269,4

Boyle'un verilerinde her bir PxV değeri birbirine çok yakındır. Başka bir ifadeyle herhangi bir ölçümdeki gazın (havanın) hacmi ile basıncının çarpımı ile diğer bir ölçümdeki gaz (hava) hacmi ile basıncının çarpımı birbirine çok yakın değerlerdir. (Burada deneysel hata içinde çarpımların yaklaşık eşit olarak kabul edilmesi mümkündür. Ayrıca verilerde yuvarlama yapıldığı da unutulmamalıdır.)

18) EXCEL programını kullanarak PxV – P ve PxV – V grafiklerini çiziniz.



19) $P \times V - P$ ve $P \times V - V$ grafiklerinde verilerdeki örüntü ile ilgili ne söylenebilir?

$P \times V - P$ grafiğinde P değeri artarken $P \times V$ değeri yaklaşık sabit kalmaktadır. Aynı durum $P \times V - V$ grafiği için de geçerlidir.

20) EXCEL programında Boyle'un basınç verilerini kullanarak (veri tablosunun son iki sütunundaki veriler) yüzde hatayı hesaplayınız ve yorumlayınız?

$$\% \text{ Bağıl hata} = \left| \frac{\text{Gerçek değer} - \text{Deneysel değer}}{\text{Gerçek değer}} \right| \times \% 100$$

Kısa koldaki havanın yaptığı basınç (cm)	Hipoteze göre olması gereken basınç (cm)	Bağıl hata (%)
74,0	74,0	0
77,6	77,2	0,518
81,1	80,6	0,620
85,1	84,2	1,068
89,7	88,9	0,899
94,0	93,4	0,642
99,7	98,7	1,013

105,7	104,4	1,245
112,2	111	1,081
119,5	118,4	0,929
127,8	127	0,629
138,0	136,6	1,024
149,4	148	0,945
155,7	154,4	0,841
162,7	161,4	0,805
170,3	171,6	0,757
179,5	177,8	0,956
188,3	186,9	0,749
197,8	197,3	0,253
210,3	208,9	0,670
221,6	221,9	0,135
236,4	236,7	0,126
255,1	253,6	0,591
273,8	273,1	0,256
298,6	295,9	0,912

Boyle'un verilerine ilişkin % bağıl hata makul, kabul edilebilir şekilde düşük (%5'ten küçük) olduğu yani ölçüm sonuçları gerçek değere oldukça yakın olduğu için verilerin doğruluğunun yüksek olduğu söylenebilir. Çünkü doğruluk, bir sonucun gerçek değere yakınlığını ifade eder ki bunu yüzde bağıl hata ile belirtmek mümkündür.

21) Boyle'un verilerini incelemeye ilişkin yaptığınız tüm bu çalışmalarını dikkate alarak "verilere dayalı nasıl bir argüman" öne sürebilirsiniz?

Boyle'un 1662'de açıkladığı deneysel çalışmasının verilerine göre kapalı bir alandaki belirli bir miktar gazın (havanın), sabit sıcaklıkta hacmi ile basıncı ters orantılıdır. Yani sabit sıcaklıkta belirli bir miktar gazın basıncı artarsa hacmi azalır ya da basıncı azalır hacmi artar. Gazın hacmi ile basıncının çarpımı sabittir. $P.V = k$ gibi.

ETKİNLİĞİN HAZIRLANMASINDA YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Boyle, R. (1662). A defence of the doctrine touching the spring and weight of the air propos'd by Mr. R. Boyle in his new physico-mechanical experiments, against the objections of Franciscus Linus; wherewith the objector's funicular hypothesis is also examin'd, by the author of those experiments. <https://quod.lib.umich.edu/e/eebo/A28956.0001.001/1:4.2.5?rgn=div3;view=fulltext>
- Fazio, F. (1992). Using Robert Boyle's original data in the physics and chemistry classrooms: Back to the basics a la mid-seventeenth century. *Journal of College Science Teaching*, 21(6), 363-365.
- Jousten, K. (2016). *The history of vacuum science and vacuum technology in handbook of vacuum technology, second edition*. (Ed.: Karl Jousten) (p. 1-17). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527413383_c01.pdf
- Inie, N., & Barkhuus, L. (2021). Developing evaluation metrics for active reading sup- port. Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2021), Volume 1, 177-188.
- Morillas, E. R. (2018). Evaluation of experimental errors in Boyle's experiment. *Revista Mexicana de Física E* 64, 42-46.
- Neville, R. G. (1962). The discovery of Boyle's law, 1661-62. *Journal of Chemical Education*, 39(7), 356-359.
- TED-Ed (2014). The history of barometer (and how it works). [Video] <https://ed.ted.com/lessons/the-history-of-the-barometer-and-how-it-works-asaf-bar-yosef>
- Torricelli, E. (1823). Lezioni accademiche di Evangelista Torricelli. Per Giovanna Silvestri. https://books.google.com.tr/books?id=aISbv0R3rjEC&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Webster, C. (1965). The discovery of Boyle's Law, and the concept of the elasticity of air in the seventeenth century. *Archive for History of Exact Science*, 42, 441-502.