

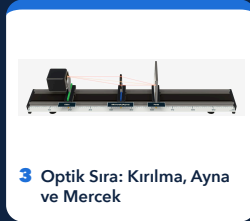
Lumo

Sanal Laboratuvar

Lise fizik, kimya ve biyoloji dersleri için
üç boyutlu deney istasyonları



1 Kaldırma Kuvveti ve Sıvı Basıncı



3 Optik Sıra: Kırılma, Ayna ve Mercek



5 Buhar Basıncı ve Kaynama



7 Tepkime Hızı



9 Enzim Aktivitesi: Katalaz

9-12. sınıf · 43 deney istasyonu · Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji öğretim programları (9-11. sınıf) ve 12. sınıfta uygulanan 2018 programları ile eşleştirilmiştir

Hazırlayan: **Prof. Dr. Bora Işıldak**

Laboratuvarı olmayan bir okulda da her öğrenci deneyi kendisi yapsın.

Lumo'nun lise laboratuvarında öğrenci, gerçek bir okul laboratuvarındaki fizik, kimya ve biyoloji deney düzeneklerini üç boyutlu olarak kurar, değişkenleri kendisi değiştirir ve ölçer. Ölçümler veri tablosuna ve grafiklere işlenir, sonuçlar nicel bir modelle karşılaştırılabilir, rapor öğretmene gönderilir.



Tek dosya

Kurulum ve hesap gerekmez.
Yaklaşık 1 MB'lık dosya çift tıklanınca tarayıcıda açılır.



43 istasyon

Mekanik, dalgalar ve modern fizik, kimyasal tepkimeler, moleküller ve sürdürülebilirlik, hücre, kalıtım ve ekosistem deneyleri.



Öğretmene rapor

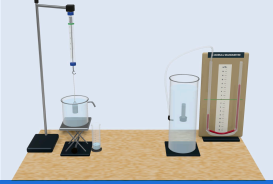
Öğrenci raporunu tek düğmeyle gönderir. Öğretmen portalı raporları yapay zeka ile değerlendirir.



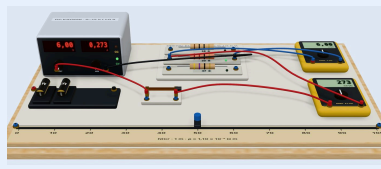
Lise istasyonları beş ayrı laboratuvardadır: Fizik 9-10, Fizik 11-12, Kimya 9-10, Kimya 11-12 ve Biyoloji. Öğrenci laboratuvar seçer, istediği tezgaha yürüyüp deneyi başlatır.

Fizik 9-10

Her istasyon, gerçek bir lise laboratuvarındaki düzeneğin üç boyutlu karşılığıdır. Renkler dersi gösterir: ● fizik, ● kimya, ● biyoloji.



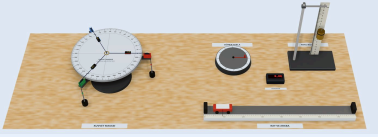
1 Kaldırma Kuvveti ve Sıvı Basıncı s. 19
9. sınıf



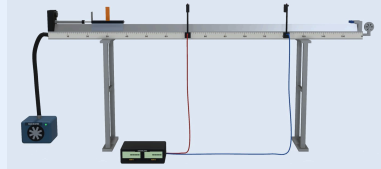
2 Ohm Yasası ve Dirençler s. 21
10. sınıf



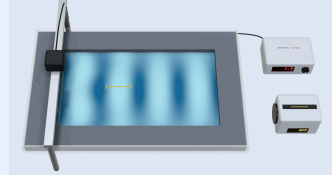
21 İş, Güç ve Mekanik Enerji s. 59
10. sınıf



22 Kuvvet Masası ve Hareket Türleri s. 61
9. sınıf



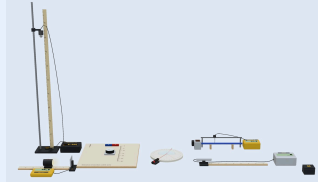
23 Düzgün ve İvmeli Hareket Rayı s. 63
10. sınıf



24 Dalga Leğeni ve Yay Dalgaları s. 65
10. sınıf



25 Isı, Öz Isı ve Isıl Denge s. 67
9. sınıf



26 Fiziğin Alt Dalları ve Kariyer Haritası s. 69
9. sınıf

Fizik 11-12

Her istasyon, gerçek bir lise laboratuvarındaki düzeneğin üç boyutlu karşılığıdır. Renkler dersi gösterir: ● fizik, ● kimya, ● biyoloji.



3

**Optik Sıra: Kırılma,
Ayna ve Mercek** s. 23
11. sınıf



4

**Basit Sarkaç ve Yay
Sarkacı** s. 25
12. sınıf



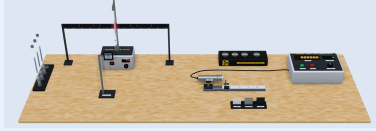
13

**Girişim, Kırınım ve
Doppler** s. 43
12. sınıf



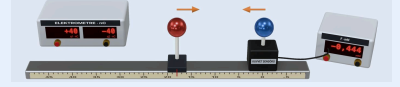
14

**Fotoelektrik Olayı
ve Modern Fizik
Modelleri** s. 45
12. sınıf



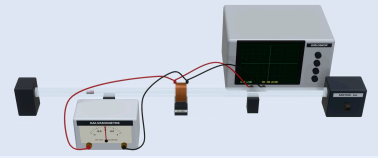
15

**Spektrum Tüpleri
ve Geiger Sayacı** s. 47
12. sınıf



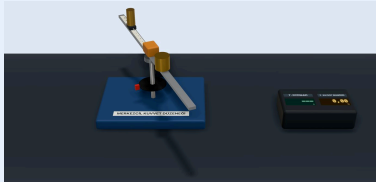
18

**Elektrik Alan ve
Manyetik Alan** s. 53
11. sınıf



19

**Elektromanyetik
İndüksiyon ve
Transformatör** s. 55
11. sınıf



20

**Çembersel
Hareket ve Dönme** s. 57
11-12. sınıf



27

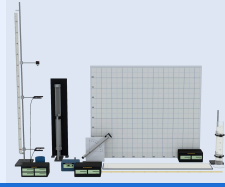
**LED, Güneş Pili ve
Lazer** s. 71
12. sınıf

Fizik 11-12

Her istasyon, gerçek bir lise laboratuvarındaki düzeneğin üç boyutlu karşılığıdır. Renkler dersi gösterir: ● fizik, ● kimya, ● biyoloji.

**28****Newton Yasaları ve
Sürtünme**

11. sınıf

s. 73**32****Serbest Düşme, İki
Boyutta Hareket ve
Limit Hız**

11. sınıf

s. 81

Kimya 9-10

Her istasyon, gerçek bir lise laboratuvarındaki düzeneğin üç boyutlu karşılığıdır. Renkler dersi gösterir: ● fizik, ● kimya, ● biyoloji.



5

Buhar Basıncı ve Kaynama
9. sınıf

s. 27



6

Gazların Difüzyonu ve Efüzyonu
10. sınıf

s. 29



16

Gaz Yasaları ve Mol
10. sınıf

s. 49



29

Çözünürlük ve Koligatif Özellikler
10. sınıf

s. 75



30

Alev Testi ve Etkileşimli Periyodik Tablo
9. sınıf

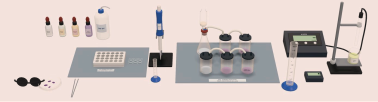
s. 77



33

Evsel Atıktan Metal Nanoparçacık
9. sınıf

s. 83



34

Mikro Ölçekli Asit Yağmuru Deneyi
10. sınıf

s. 85

Kimya 11-12

Her istasyon, gerçek bir lise laboratuvarındaki düzeneğin üç boyutlu karşılığıdır. Renkler dersi gösterir: ● fizik, ● kimya, ● biyoloji.



7

Tepkime Hızı
11. sınıf

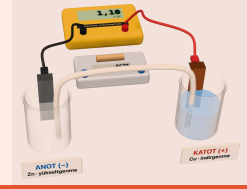
s. 31



8

**Asit-Baz
Titrasyonu**
11. sınıf

s. 33



17

**Galvanik Pili,
Elektroliz ve
Korozyon**
12. sınıf

s. 51



31

**Hibritleşme ve
Molekül Modeli**
12. sınıf

s. 79



35

**Yeşil Kimya:
Biyohidrojen ve
Mikroplastik**
11. sınıf

s. 87



36

**Fonksiyonel Grup
Testleri**
12. sınıf

s. 89



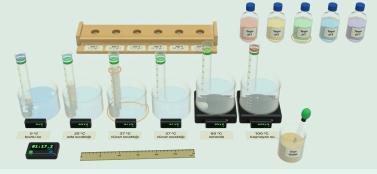
37

**Enerji Kaynakları
ve Emisyonlar**
11-12. sınıf

s. 91

Biyoloji

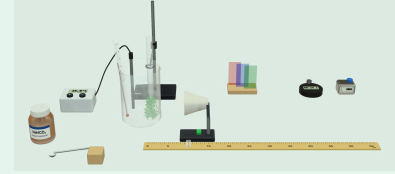
Her istasyon, gerçek bir lise laboratuvarındaki düzeneğin üç boyutlu karşılığıdır. Renkler dersi gösterir: ● fizik, ● kimya, ● biyoloji.



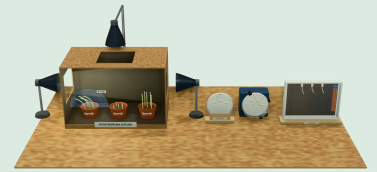
9 Enzim Aktivitesi:
Katalaz
9. sınıf s. 35



10 Difüzyon ve Osmoz
9. sınıf s. 37



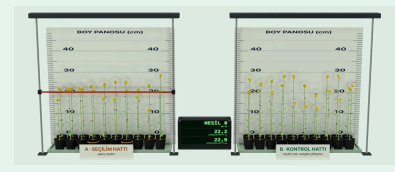
11 Fotosentez Hızı
10 ve 12. sınıf s. 39



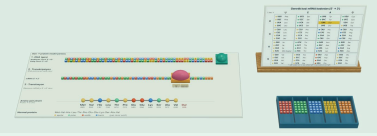
12 Bitkilerde Yönelme Hareketleri
11. sınıf s. 41



38 Ekosistem Şişesi ve Madde Döngüleri
10. sınıf s. 93



39 Yapay Seçilim ve Doğal Seçilim
12. sınıf s. 95



40 Genden Proteine: Model Panosu
12. sınıf s. 97



41 Egzersiz ve Homeostazi
11. sınıf s. 99



42 Bitkilerde Terleme ve Taşıma
12. sınıf s. 101

Biyoloji

Her istasyon, gerçek bir lise laboratuvarındaki düzeneğin üç boyutlu karşılığıdır. Renkler dersi gösterir: ● fizik, ● kimya, ● biyoloji.



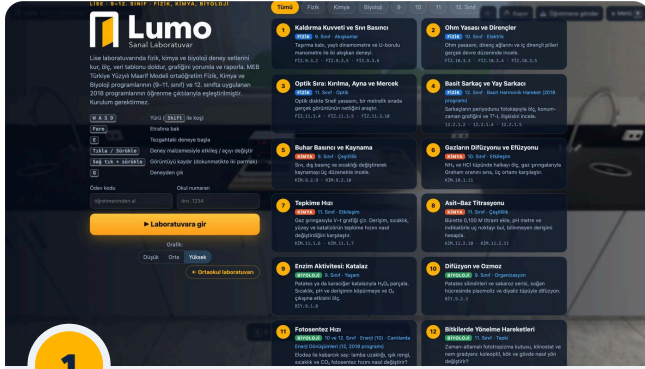
43

**Çiçek, Döllenme
ve Çimlenme**
12. sınıf

s. 103

Lumo ile bir ders

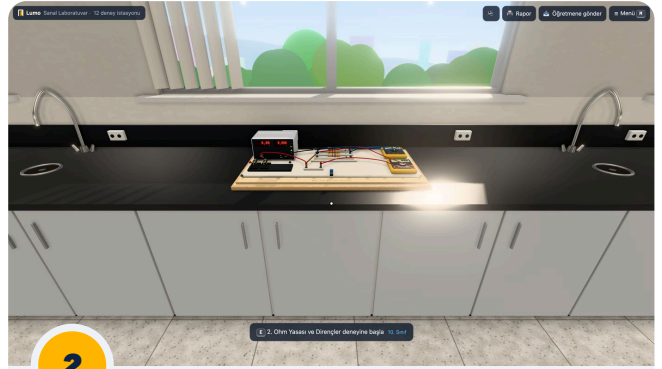
Bir istasyon bir ders saatine (40 dakika) göre tasarlandı. Hazırlık gerekmez: dosya açılır, öğrenciler bireysel ya da ikiserli çalışır. Etkileşimli tahtada deney sınıfça da yapılabilir.



1

Dosyayı açın

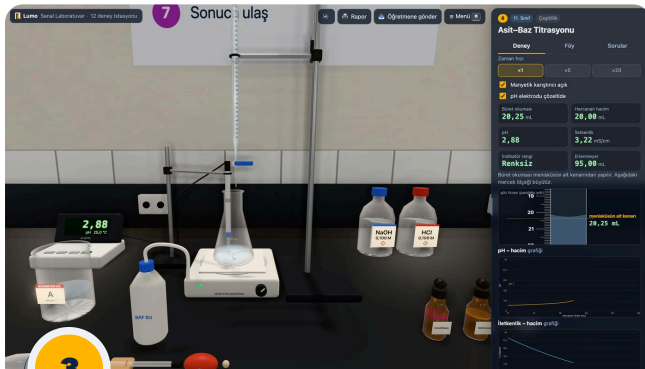
Açılış ekranında ders ve sınıf düzeyine göre istasyonlar süzülür. Öğrenci ödev kodunu ve okul numarasını yazar.



2

Laboratuvarda dolaşın

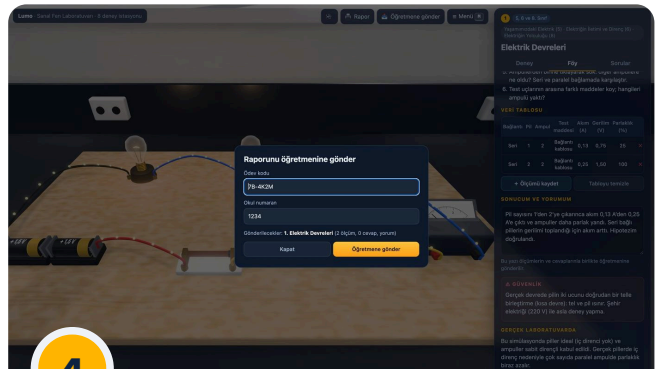
W, A, S, D tuşlarıyla yürünür, fareyle bakılır. Bir tezgaha yaklaşıp E tuşuna basınca düzeneğin başına geçilir.



3

Deneyi yapın

Sağdaki panelde düzenek ayarlanır ve ölçülür. Föy sekmesinde amaç, değişkenler, adımlar ve veri tablosu vardır.



4

Raporu gönderin

"Öğretmene gönder" düğmesi ölçümleri, cevapları ve öğrencinin yorumunu öğretmen portalına iletir.

Gerekler

Chrome, Edge, Firefox ya da Safari yüklü bir bilgisayar veya etkileşimli tahta (WebGL 2), internet bağlantısı (rapor göndermek için).

Grafik arayı

Düşük, orta ve yüksek kalite seçilebilir. Bilgisayar yavaşsa kalite kendiliğinden düşer.

Kayıtlar

Ölçümler tarayıcıda saklanır ve "Öğretmene gönder" ile portala iletir. Yazdırılabilir rapor da alınabilir.

Öğretim programıyla eşleşme

İstasyonlar 9, 10 ve 11. sınıflarda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji dersi öğretim programlarının, 12. sınıfta ise 2026-2027 öğretim yılında uygulanmaya devam eden 2018 programlarının öğrenme çıktılarına göre hazırlandı. Çıktıların resmi metni her istasyonun deney föyünde yer alır. Fizik 9-10

İstasyon	9	10	11	12	Tema / ünite ve öğrenme çıktıları
1 Kaldırma Kuvveti ve Sıvı Basıncı	●				Akışkanlar FİZ.9.3.2 FİZ.9.3.5 FİZ.9.3.6
2 Ohm Yasası ve Dirençler		●			Elektrik FİZ.10.3.3 FİZ.10.3.4 FİZ.10.3.5
21 İş, Güç ve Mekanik Enerji		●			Enerji FİZ.10.2.1 FİZ.10.2.2 FİZ.10.2.3 FİZ.10.2.4
22 Kuvvet Masası ve Hareket Türleri	●				Kuvvet ve Hareket FİZ.9.2.2 FİZ.9.2.3 FİZ.9.2.4 FİZ.9.2.6 FİZ.9.2.7
23 Düzgün ve İvmeli Hareket Rayı		●			Kuvvet ve Hareket FİZ.10.1.1 FİZ.10.1.2 FİZ.10.1.3
24 Dalga Leğeni ve Yay Dalgaları		●			Dalgalar FİZ.10.4.1 FİZ.10.4.2 FİZ.10.4.3 FİZ.10.4.4 FİZ.10.4.5 FİZ.10.4.6 FİZ.10.4.7
25 Isı, Öz Isı ve Isıl Denge	●				Enerji FİZ.9.4.2 FİZ.9.4.3 FİZ.9.4.4 FİZ.9.4.5 FİZ.9.4.6
26 Fiziğin Alt Dalları ve Kariyer Haritası	●				Fizik Bilimi ve Kariyer Keşfi FİZ.9.1.1 FİZ.9.1.2 FİZ.9.1.3 FİZ.9.1.4

FİZ.9.3.5 biçimindeki kodlar Maarif Modeli programlarının, 12.2.1.4 biçimindekiler 2018 programlarının kazanım kodlarıdır. Kaynak: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, tymm.meb.gov.tr ve mufredat.meb.gov.tr.

Öğretim programıyla eşleşme

İstasyonlar 9, 10 ve 11. sınıflarda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji dersi öğretim programlarının, 12. sınıfta ise 2026-2027 öğretim yılında uygulanmaya devam eden 2018 programlarının öğrenme çıktılarına göre hazırlandı. Çıktıların resmi metni her istasyonun deney föyünde yer alır. Fizik 11-12

İstasyon	9	10	11	12	Tema / ünite ve öğrenme çıktıları
3 Optik Sıra: Kırılma, Ayna ve Mercek			●		Optik FİZ.11.3.4 FİZ.11.3.5 FİZ.11.3.10
4 Basit Sarkaç ve Yay Sarkacı				●	Basit Harmonik Hareket 12.2.1.2 12.2.1.4 12.2.1.5
13 Girişim, Kırınım ve Doppler				●	Dalga Mekaniği 12.3.1.3 12.3.1.4 12.3.1.5 12.3.1.6
14 Fotoelektrik Olayı ve Modern Fizik Modelleri				●	Modern Fizik 12.5.2.1 12.5.3.1 12.5.3.2 12.5.3.3 12.5.3.4 12.5.3.5 12.5.3.6 12.5.4.1 12.5.4.2 12.5.4.3 12.5.4.4
15 Spektrum Tüpleri ve Geiger Sayacı				●	Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite 12.4.1.2 12.4.3.1 12.4.3.2 12.4.3.4
18 Elektrik Alan ve Manyetik Alan			●		Elektrik ve Manyetizma FİZ.11.2.1 FİZ.11.2.2 FİZ.11.2.3 FİZ.11.2.5 FİZ.11.2.6 FİZ.11.2.8 FİZ.11.2.9
19 Elektromanyetik İndüksiyon ve Transformatör			●		Elektrik ve Manyetizma FİZ.11.2.10 FİZ.11.2.11 FİZ.11.2.12 FİZ.11.2.13
20 Çembersel Hareket ve Dönme			●	●	Çembersel Hareket (11. sınıf) ve Çembersel Hareket, Dönme ve Kepler Yasaları (12. sınıf, 2018 programı) FİZ.11.1.9 FİZ.11.1.10 12.1.1.1 12.1.1.2 12.1.1.3 12.1.1.4 12.1.2.1 12.1.2.2 12.1.2.3 12.1.3.1 12.1.3.2 12.1.3.3 12.1.3.4 12.1.4.1 12.1.4.2 12.1.4.3 12.1.5.1

FİZ.9.3.5 biçimindeki kodlar Maarif Modeli programlarının, 12.2.1.4 biçimindekiler 2018 programlarının kazanım kodlarıdır. Kaynak: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, tymm.meb.gov.tr ve mufredat.meb.gov.tr.

Öğretim programıyla eşleşme

İstasyonlar 9, 10 ve 11. sınıflarda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji dersi öğretim programlarının, 12. sınıfta ise 2026-2027 öğretim yılında uygulanmaya devam eden 2018 programlarının öğrenme çıktılarına göre hazırlandı. Çıktıların resmi metni her istasyonun deney föyünde yer alır. Fizik 11-12

İstasyon	9	10	11	12	Tema / ünite ve öğrenme çıktıları
27 LED, Güneş Pili ve Lazer					Modern Fiziğin Teknolojideki Uygulamaları 12.6.2.1 12.6.2.2 12.6.2.3 12.6.2.4 12.6.2.5 12.6.5.1 12.6.5.2
28 Newton Yasaları ve Sürtünme					Kuvvet ve Hareket FİZ.11.1.4 FİZ.11.1.5 FİZ.11.1.6 FİZ.11.1.7
32 Serbest Düşme, İki Boyutta Hareket ve Limit Hız					Kuvvet ve Hareket FİZ.11.1.1 FİZ.11.1.2 FİZ.11.1.3 FİZ.11.1.8

FİZ.9.3.5 biçimindeki kodlar Maarif Modeli programlarının, **12.2.1.4** biçimindekiler 2018 programlarının kazanım kodlarıdır. Kaynak: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, tymm.meb.gov.tr ve mufredat.meb.gov.tr.

Öğretim programıyla eşleşme

İstasyonlar 9, 10 ve 11. sınıflarda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji dersi öğretim programlarının, 12. sınıfta ise 2026-2027 öğretim yılında uygulanmaya devam eden 2018 programlarının öğrenme çıktılarına göre hazırlandı. Çıktıların resmi metni her istasyonun deney föyünde yer alır. Kimya 9-10

İstasyon	9	10	11	12	Tema / ünite ve öğrenme çıktıları
5 Buhar Basıncı ve Kaynama	●				Çeşitlilik KİM.9.2.9 KİM.9.2.10
6 Gazların Difüzyonu ve Efüzyonu		●			Etkileşim KİM.10.1.11
16 Gaz Yasaları ve Mol		●			Etkileşim KİM.10.1.4 KİM.10.1.5 KİM.10.1.6 KİM.10.1.7 KİM.10.1.8 KİM.10.1.9 KİM.10.1.10
29 Çözünürlük ve Koligatif Özellikler		●			Çeşitlilik KİM.10.2.4 KİM.10.2.5 KİM.10.2.6 KİM.10.2.7 KİM.10.2.8
30 Alev Testi ve Etkileşimli Periyodik Tablo	●				Etkileşim KİM.9.1.4 KİM.9.1.5 KİM.9.1.6 KİM.9.1.7 KİM.9.1.8
33 Evsel Atıktan Metal Nanoparçacık	●				Sürdürülebilirlik KİM.9.3.1 KİM.9.3.2
34 Mikro Ölçekli Asit Yağmuru Deneyi		●			Sürdürülebilirlik KİM.10.3.1 KİM.10.3.2

FİZ.9.3.5 biçimindeki kodlar Maarif Modeli programlarının, 12.2.1.4 biçimindekiler 2018 programlarının kazanım kodlarıdır. Kaynak: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, tymm.meb.gov.tr ve mufredat.meb.gov.tr.

Öğretim programıyla eşleşme

İstasyonlar 9, 10 ve 11. sınıflarda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji dersi öğretim programlarının, 12. sınıfta ise 2026-2027 öğretim yılında uygulanmaya devam eden 2018 programlarının öğrenme çıktılarına göre hazırlandı. Çıktıların resmi metni her istasyonun deney föyünde yer alır. Kimya 11-12

İstasyon	9	10	11	12	Tema / ünite ve öğrenme çıktıları
7 Tepkime Hızı			●		Etkileşim KİM.11.1.6 KİM.11.1.7
8 Asit-Baz Titrasyonu			●		Çeşitlilik KİM.11.2.10 KİM.11.2.11
17 Galvanik Pil, Elektroliz ve Korozyon				●	Kimya ve Elektrik 12.1.1.1 12.1.1.2 12.1.2.1 12.1.3.1 12.1.4.1 12.1.5.1 12.1.5.2 12.1.6.1
31 Hibritleşme ve Molekül Modeli				●	Karbon Kimyasına Giriş 12.2.2.1 12.2.3.1 12.2.4.1 12.2.5.1 12.2.5.2
35 Yeşil Kimya: Biyohidrojen ve Mikroplastik			●		Sürdürülebilirlik KİM.11.3.1 KİM.11.3.2 KİM.11.3.3
36 Fonksiyonel Grup Testleri				●	Organik Bileşikler 12.3.1.1 12.3.1.3 12.3.2.1 12.3.3.1 12.3.5.1 12.3.6.1 12.3.7.1
37 Enerji Kaynakları ve Emisyonlar			●	●	Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler 12.4.1.1 12.4.2.1 12.4.2.2 12.4.3.1 KİM.11.1.1 KİM.11.1.2

FİZ.9.3.5 biçimindeki kodlar Maarif Modeli programlarının, **12.2.1.4** biçimindekiler 2018 programlarının kazanım kodlarıdır. Kaynak: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, tymm.meb.gov.tr ve mufredat.meb.gov.tr.

Öğretim programıyla eşleşme

İstasyonlar 9, 10 ve 11. sınıflarda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji dersi öğretim programlarının, 12. sınıfta ise 2026-2027 öğretim yılında uygulanmaya devam eden 2018 programlarının öğrenme çıktılarına göre hazırlandı. Çıktıların resmi metni her istasyonun deney föyünde yer alır. Biyoloji

İstasyon	9	10	11	12	Tema / ünite ve öğrenme çıktıları
9 Enzim Aktivitesi: Katalaz	●				Yaşam BİY.9.1.8
10 Difüzyon ve Osmoz	●				Organizasyon BİY.9.2.3
11 Fotosentez Hızı		●		●	Enerji (10) · Canlılarda Enerji Dönüşümleri (12, 2018 programı) BİY.10.1.3 12.2.2.3
12 Bitkilerde Yönelme Hareketleri			●		Tepki BİY.11.1.4
38 Ekosistem Şişesi ve Madde Döngüleri		●			Ekoloji BİY.10.2.1 BİY.10.2.2 BİY.10.2.3 BİY.10.2.4
39 Yapay Seçilim ve Doğal Seçilim				●	Canlılar ve Çevre 12.4.1.1 12.4.1.2
40 Genden Proteine: Model Panosu				●	Genden Proteine 12.1.1.1 12.1.1.2 12.1.1.3 12.1.1.4 12.1.2.1 12.1.2.2 12.1.2.3 12.1.2.4
41 Egzersiz ve Homeostazi			●		Homeostazi BİY.11.2.1 BİY.11.2.2 BİY.11.2.3 BİY.11.2.4 BİY.11.2.5 BİY.11.2.6 BİY.11.2.7 BİY.11.2.8 BİY.11.2.9 BİY.11.2.10

FİZ.9.3.5 biçimindeki kodlar Maarif Modeli programlarının, 12.2.1.4 biçimindekiler 2018 programlarının kazanım kodlarıdır. Kaynak: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, tymm.meb.gov.tr ve mufredat.meb.gov.tr.

Öğretim programıyla eşleşme

İstasyonlar 9, 10 ve 11. sınıflarda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fizik, Kimya ve Biyoloji dersi öğretim programlarının, 12. sınıfta ise 2026-2027 öğretim yılında uygulanmaya devam eden 2018 programlarının öğrenme çıktılarına göre hazırlandı. Çıktıların resmi metni her istasyonun deney föyünde yer alır. Biyoloji

İstasyon	9	10	11	12	Tema / ünite ve öğrenme çıktıları
42 Bitkilerde Terleme ve Taşıma					Bitki Biyolojisi (2018 programı) 12.3.2.1 12.3.2.2 12.3.2.3 12.3.2.4
43 Çiçek, Döllenme ve Çimlenme					Bitki Biyolojisi (2018 programı) 12.3.1.1 12.3.3.1 12.3.3.2 12.3.3.3 12.3.3.4

FİZ.9.3.5 biçimindeki kodlar Maarif Modeli programlarının, **12.2.1.4** biçimindekiler 2018 programlarının kazanım kodlarıdır. Kaynak: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, tymm.meb.gov.tr ve mufredat.meb.gov.tr.

Raporlama ve yapay zeka ile değerlendirme

Öğrenci deneyini bitirince raporunu tek düğmeyle öğretmen portalına gönderir. Portal raporları yapay zeka ile değerlendirir ve öğretmene sınıfın tamamını özetler. Son karar her zaman öğretmendir.



Öğrencinin adı istenmez, ödev kodu ve okul numarası yeterlidir.

"Sonucum ve yorumum" alanı, yapay zeka değerlendirmesinin ana girdisidir.

Dereceli puanlama anahtarı

Veri	Ölçüm sayısı yeterli mi, değerler simülasyon modeliyle tutarlı mı?
Değişken kontrolü	Bir seferde tek bir değişken mi değiştirilmiş?
Sonuç ve yorum	Yorum ölçümlere dayanıyor mu, araştırma sorusunu cevaplıyor mu?
Kavram yanlışları	Sık görülen yanlışlar (ör. "akım ampulde harcanır") aranır.
Öğrenme çıktıları	Her değerlendirme ilgili MEB öğrenme çıktısına bağlanır.

Öğretmene sunulan rapor

Örnek görünüm · portal geliştirme aşamasında

11-A · Asit-Baz Titrasyonu
28 öğrenciden 26'sı gönderdi

Öğrenme çıktısına göre başarı

KİM.11.2.10		%84
KİM.11.2.11		%76

Sık görülen kavram yanlışları

Eşdeğerlikte pH hep 7 sanmak	7
İndikatör miktarı sonucu değiştirir sanmak	5

Dikkat gerektiren raporlar

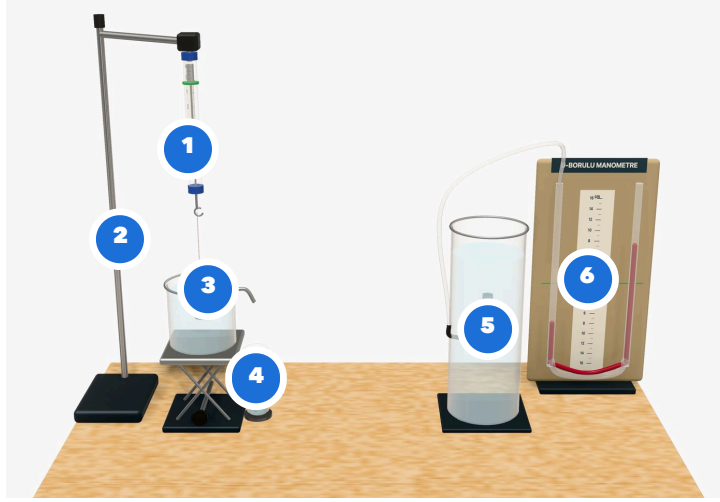
Modelle uyuşmayan ölçüm	2
Yorumu boş	3

Öğrenci 1234 Veri tutarlı
 Üç denemenin hacimleri tutarlı, derişimi doğru hesaplamış (0,085 M). Öneri: iletkenlik eğrisini yorumla.
 Önerilen değerlendirme **4 / 5**

Onayla
Düzenle

Kaldırma Kuvveti ve Sıvı Basıncı

9. sınıf · Akışkanlar



1 Yaylı dinamometre (0-5 N)

2 Statif ve kışak

3 Taşıma kabı

4 Dereceli silindir (100 mL)

5 Sıvı kabı ve basınç sondası

6 U borulu manometre

Tezgahta iki düzenek vardır. Solda yaylı dinamometreden asılı bir cisim, laboratuvar krikosuyla yükseltilebilir taşıma kabı ve altında 100 mL'lik dereceli silindir bulunur. Sağda sıvı dolu bir tank, zarlı sonda ve kırmızı boyalı su manometresi durur. Öğrenci kaldırma kuvvetini hem dinamometre farkından hem taşınan sıvının ağırlığından bulur, sonda derinliğini, yönünü ve kap şeklini değiştirerek $P = \rho gh$ bağıntısını sınar.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Kaldırma kuvvetini dinamometre farkı olarak ölçmek: $F_k = G - T$
- ✓ Taşınan sıvının ağırlığının kaldırma kuvvetine eşit olduğunu görmek
- ✓ Kaldırma kuvvetinin batan hacme ve sıvıya bağlı, cismin maddesinden bağımsız olduğunu göstermek
- ✓ Ahşap bloğun yüzme koşulunu $F_k = G$ ile açıklamak
- ✓ Sıvı basıncının derinlik ve yoğunlukla doğru orantılı olduğunu manometreyle ölçmek
- ✓ Aynı derinlikte basıncın sonda yönüne ve kap şekline bağlı olmadığını fark etmek



Sınıf
9. sınıf



Süre
1-2 ders saati



Çalışma
İkili. Arşimet ve basınç düzenekleri iki gruba bölünebilir



Zorluk
Orta



Ön bilgi
Yoğunluk, ağırlık ve basınç kavramları

Deneyin yapılışı

- 1 Alüminyum 20 cm³ silindiri ve suyu seçin. Dinamometreden cismin havadaki ağırlığını okuyun (0,530 N).
- 2 "Kabı yükselt" ayarını artırın. Cisim sıvıya girdikçe dinamometreyi ve silindire taşan hacmi izleyin.
- 3 Cisim tamamen battığında dinamometreyi, F_k değerini ve taşan hacmi kaydedin. Kabı daha da yükseltin: F_k değişiyor mu?
- 4 Aynı hacimli çelik ve pirinci, sonra tuzlu suyu, zeytinyağını ve etil alkolü deneyin. Her ölçümü "Arşimet ölçümünü kaydet" ile ekleyin.
- 5 Ahşap bloğu seçin. Yüzerken batan hacmi ve taşan hacmi okuyun, dinamometrenin sıfıra düştüğünü gözleyin.
- 6 Sonda derinliğini 5 cm'lik adımlarla 25 cm'ye çıkarın. Δh ve P değerlerini "Basınç ölçümünü kaydet" ile ekleyin.
- 7 Aynı derinlikte sonda yönünü, sıvıyı ve kap şeklini değiştirin. Hangi değişken basıncı etkiliyor, hangisi etkilemiyor?



Alüminyum silindir suya tamamen batık. Dinamometre 0,35 N, $F_k = 0,196$ N ve taşan hacim 20,0 mL okunur.

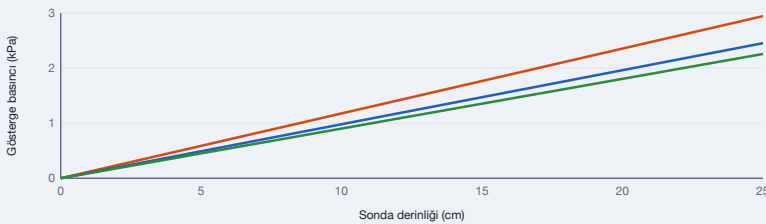


Sonda suda 20 cm derinde, aşağı bakıyor. Manometre seviye farkı 20,0 cm, gösterge basıncı 1962 Pa.

Örnek ölçüm sonuçları

Cisim	Sıvı	G (N)	Dinamometre (N)	F_k (N)	Taşan hacim (mL)	Durum
Alüminyum 20 cm ³	Su	0,530	0,35	0,196	20,0	Tam batık
Çelik 20 cm ³	Su	1,550	1,35	0,196	20,0	Tam batık
Pirinç 20 cm ³	Su	1,668	1,45	0,196	20,0	Tam batık
Alüminyum 40 cm ³	Su	1,059	0,65	0,392	40,0	Tam batık
Alüminyum 20 cm ³	Tuzlu su	0,530	0,30	0,235	20,0	Tam batık

Kap 12 cm yükseltilmiştir. Dinamometre 0,05 N'a yuvarlanır, F_k ise ideal değerdir. Suda 5, 10, 15, 20 ve 25 cm derinlikte basınç 491, 981, 1472, 1962 ve 2453 Pa okunur. Tuzlu suda değerler %20 büyüktür.



Gösterge basıncı $P = \rho gh$ derinlikle doğrusal artar. Üstten alta: tuzlu su (1,20 g/cm³), su (1,00), zeytinyağı (0,92).

Deneyin dayandığı ilke

Kaldırma kuvveti, cismin yerini değiştirdiği sıvının ağırlığına eşittir: $F_k = \rho_{\text{sıvı}} V_{\text{batan}} g$. Dinamometre cismin havadaki ağırlığından kaldırma kuvvetini çıkararak okur: $T = G - F_k$. Yüzen cisimde $F_k = G$ olur ve ip gevşer. Durgun sıvıda gösterge basıncı $P = \rho gh$ ile bulunur. Aynı derinlikte her yönde eşittir ve kap şeklinden bağımsızdır. Manometrede seviye farkı $\Delta h = P / (\rho_{\text{sıvı}} g)$ olur. Modelde $g = 9,81$ m/s² alınır.

Simülasyondaki araç-gereçler

0-5 N yaylı dinamometre (0,05 N bölme)	1
Statif, kıskaç ve laboratuvar krikosu	1
Taşıma kabı	1
100 mL dereceli silindir	1
Silindirler: alüminyum 20 ve 40 cm ³ , çelik 20 cm ³ , pirinç 20 cm ³	4
Ahşap blok (50 cm ³)	1
Sıvılar: su, tuzlu su, zeytinyağı, etil alkol	4
Zarlı sonda ve hortum	1
Kırmızı boyalı su manometresi (U boru)	1
Silindir ve koni biçimli cam sıvı kabı	2

Öğrenme çıktıları

FİZ.9.3.2

FİZ.9.3.5

FİZ.9.3.6

Gerçek laboratuvarıda güvenlik

Gerçek deneyde cam kapları ve manometreyi devrilmeye karşı sabitle. Islak tezgahı hemen kurula. Etil alkol yanıcıdır, açık alevden uzak tut ve öğretmen gözetiminde kullan.

Öğretmene öneriler

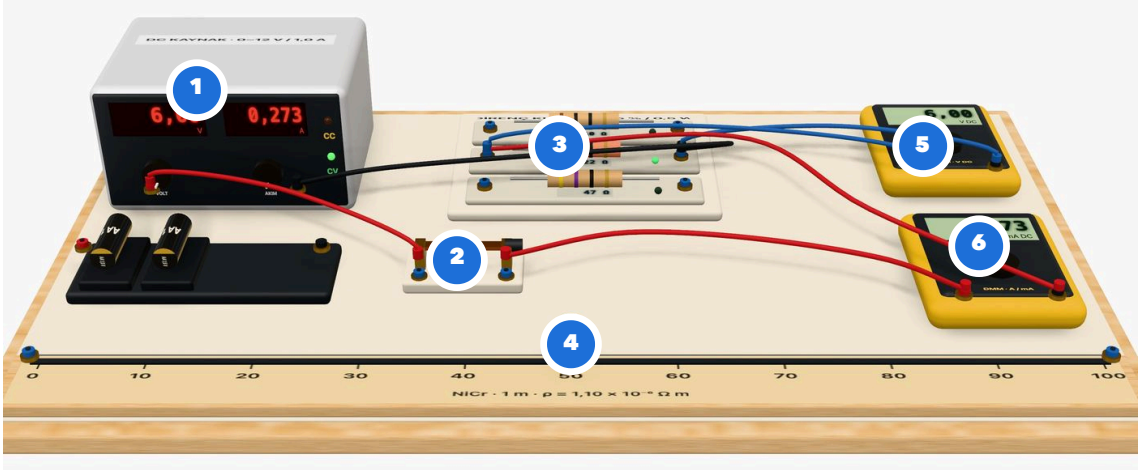
- "Ağır cisim daha çok kaldırma kuvveti görür" yanılgısı yaygındır. Aynı hacimli alüminyum, çelik ve pirinç aynı $F_k = 0,196$ N verir, yalnızca dinamometre farklıdır. Önce tahmin yazdırın, sonra ölçtürün.
- Kabı yükseltirken ilk 3 cm boyunca dinamometre değişmez, çünkü cisim sıvıya henüz girmemiştir. Tam battıktan sonra kabı yükseltmek F_k değerini artırmaz. "Derine inince kuvvet artar" fikrini bu adımda tartışın.
- Sınıfı ikiye bölün: biri sonda yönünü, diğeri kap şeklini değiştirsin. İkisi de Δh değerinin sabit kaldığını bulur. Manometrenin gösterge basıncını ölçtüğünü, atmosferin iki kolda birbirini götürdüğünü vurgulayın.

2

Ohm Yasası ve Dirençler

10. sınıf · Elektrik

2



1 DC güç kaynağı (0-12 V)

2 Anahtar

3 Direnç kartı (10-22-47 Ω)

4 Nikrom tel (1 m)

5 Voltmetre (multimetre)

6 Ampermetre (multimetre)

Tezgahta ayarlanabilir DC güç kaynağı, ampermetre ve voltmetre olarak iki dijital multimetre, 10, 22 ve 47 Ω dirençler, 1 m nikrom tel tahtası ve AA pil yatağı bulunur. Öğrenci anahtarı kapatıp gerilimi değiştirir, akımı okur ve V-I grafiğini kendi ölçümleriyle çizer. Aynı düzende dirençleri seri, paralel ve karışık, pilleri seri, paralel ve ters bağlayıp iç direnç etkisini inceler.

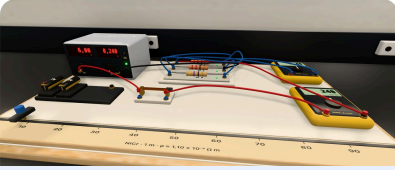
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Gerilim ve akımı ölçerek V-I ilişkisini kurmak, doğrunun eğiminden direnci yorumlamak
- ✓ Nikrom telin boyunun ve çapının direnci nasıl değiştirdiğini $R = \rho L/A$ ile açıklamak
- ✓ Seri, paralel ve karışık bağlı dirençlerde eşdeğer direnci ve her direncin gerilimini bulmak
- ✓ Ampermetrenin seri, voltmetrenin paralel bağlandığını devre üzerinde göstermek
- ✓ Pillerin seri, paralel ve ters bağlanmasının emk ve iç dirence etkisini karşılaştırmak
- ✓ Direncin gücünü ve 0,5 W sınırını değerlendirmek

Sınıf
10. sınıfSüre
1-2 ders saatiÇalışma
İkili ya da küçük gruplar.
Grafik tahtada sınıfça
yorumlanabilirZorluk
OrtaÖn bilgi
Akım, gerilim ve direnç
kavramları, seri ve paralel
devre

Deneyin yapılışı

- 1 22 Ω direnci seçip anahtarı kapatın. Ampermetrenin seri, voltmetrorenin paralel bağlı olduğunu devre üzerinde izleyin.
- 2 Kaynak gerilimini 2, 4, 6, 8 ve 10 V yapın. Her adımda "Ölçümü kaydet" ile V ve I değerlerini tabloya ekleyin.
- 3 10 Ω ve 47 Ω dirençler için aynı ölçümü yineleyin. Üç doğrunun eğimini karşılaştırın, 1,0 A sınırını gözleyin.
- 4 Nikrom teli seçin. 6 V'ta boyu 25, 50 ve 100 cm yapın, sonra ince ve kalın teli karşılaştırın.
- 5 Dirençlerin bağlanması sekmesinde seri, paralel ve karışık bağlamayı deneyin. Voltmetreyi dirençlere taşıyıp her direncin gerilimini ölçün.
- 6 Üreteçler sekmesinde pil sayısını ve bağlantı biçimini değiştirin. Uç gerilimini, akımı ve tahmini pil süresini karşılaştırın.



Karışık bağlama: 10 Ω ile (22 Ω || 47 Ω) seri. $R_{es} = 24,99 \Omega$, akım 240 mA, voltmetre R1 üzerinde 2,40 V okur.

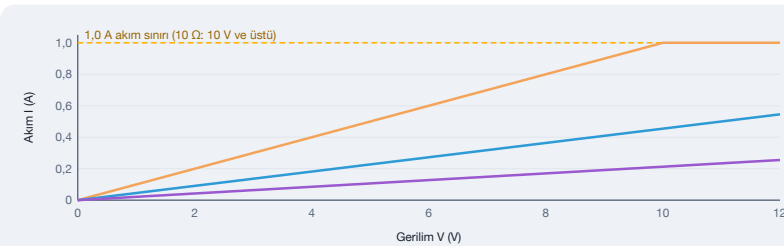


Dört AA pil seri bağlı, yük 22 Ω . Eş emk 6,00 V, iç direnç 1,00 Ω olduğundan uç gerilimi 5,74 V'a düşer.

Örnek ölçüm sonuçları

Devre	Yük / eşdeğer direnç (Ω)	Uç gerilimi (V)	Akım (mA)	Ölçülen V/I (Ω)
22 Ω direnç, 6 V kaynak	22,00	6,00	273	22,00
NiCr tel 50 cm, 0,30 mm, 6 V	7,78	6,00	771	7,78
NiCr tel 100 cm, 0,30 mm, 6 V	15,56	6,00	386	15,56
10 Ω + 22 Ω seri, 6 V	32,00	6,00	188	32,00
10 Ω 22 Ω paralel, 6 V	6,88	6,00	873	6,88
10 Ω + (22 Ω 47 Ω), 6 V	24,99	6,00	240	24,99

22 Ω direnç 2, 4, 6, 8 ve 10 V'ta sırayla 91, 182, 273, 364 ve 455 mA çeker, V/I hep 22,00 Ω kalır. Pili devrede uç gerilimi emk'nin altındadır, 4 pil seride 6,00 V yerine 5,74 V okunur.



V-I doğruları: eğim $1/R$. 10 Ω (turuncu), 22 Ω (mavi), 47 Ω (mor). Kaynak 1,0 A'de akımı sınırlar.

Deneyin dayandığı ilke

Ohmik bir iletkende akım gerilimle doğru orantılıdır: $V = I \cdot R$. Telin direnci $R = \rho L / A$ ile bulunur, nikrom için $\rho = 1,10 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$. Seri bağlamada $R_{es} = R_1 + R_2$ ve akım ortaktır. Paralelde $1/R_{es} = 1/R_1 + 1/R_2$ ve gerilim ortaktır. Pilin uç gerilimi $V = \varepsilon - I \cdot r$ kadardır. Simülasyonda ölçerler idealdir, kaynak 1,0 A'de akım sınırına geçer, AA pil 1,5 V ve 0,25 Ω alınır.

Simülasyondaki araç-gereçler

0-12 V ayarlı DC güç kaynağı (1,0 A sınırlı)	1
Dijital multimetre (ampermetre ve voltmetre)	2
Direnç: 10 Ω , 22 Ω , 47 Ω (0,5 W)	3
1 m nikrom tel tahtası, kayar temas	1
Tel çapları: 0,30 mm ve 0,50 mm	2
1,5 V AA pil ve pil yatağı	4
Anahtar	1
Banana fişli bağlantı kabloları	-

Öğrenme çıktıları

FİZ.10.3.3 FİZ.10.3.4
FİZ.10.3.5

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Yalnızca düşük gerilimli DC kaynak kullan. Şehir elektriğiyle deney yapma. Kaynağın uçlarını doğrudan birleştirme: kısa devre kabloyu ve kaynağı ısıtır. 0,5 W üstünde direnç ısınır, dokunmadan önce gerilimi düşür.

Öğretmene öneriler

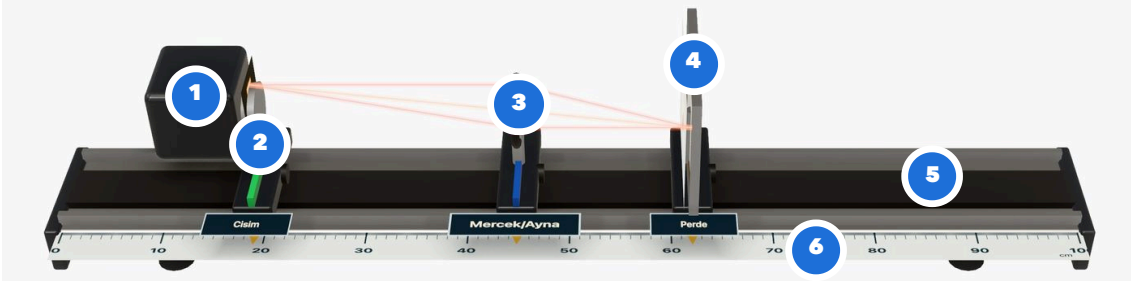
- Eğim yanlışlığı yaygındır. I düşey, V yatay eksendeyse doğrunun eğimi $1/R$ olur, en dik doğru en küçük dirençtir. Aynı veriyi eksenleri değiştirerek çizdirip eğimin anlamını tartıştırın.
- Dirençler 0,5 W'tır. 22 Ω için gerilim yaklaşık 3,3 V'u aşınca ısınma uyarısı, 2 W üstünde duman görülür. Direncin neden yandığını $P = V^2/R$ ile konuşun.
- Pilleri paralel bağlamak gerilimi artırmaz, iç direnci azaltır ve süreyi uzatır. 4 pilde 22 Ω yükte tahmini süre seride 7,7 saat, paralelde 117,7 saattir. Süre hesabının sabit akıma dayandığını belirtin.

3

Optik Sıra: Kırılma, Ayna ve Mercek

11. sınıf · Optik

3



- | | | |
|----------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 Işık kaynağı | 2 Cisim (ışıklı ok) | 3 Yakınsak mercek ($f = +10$ cm) |
| 4 Perde | 5 Optik sıra (ray) | 6 Konum cetveli (cm) |

Tezgahta iki düzenek vardır. Hartl optik diskinde dönen 650 nm lazer, akrilik, crown cam, flint cam ya da su bloğuna düz yüzden girer veya yuvarlak yüzden çıkar. Metrelik optik sırada F biçimli aydınlatılmış cisim, mercek ya da ayna ve perde sürgülerle kaydırılır. Öğrenci açıları ölçerek Snell yasasını sınar, sınır açısını bulur, perdeyi netleştirir odak uzaklığını ve büyütme hesaplar.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Kırılma açısını Snell yasasıyla hesaplayıp disk üzerindeki ölçümle karşılaştırmak
- ✓ Sinüs oranından kırıcılık indisini bulmak ve dört malzemeyi karşılaştırmak
- ✓ Yoğun ortamdan havaya geçişte sınır açısını ve tam yansımaya belirlemek
- ✓ Yakınsak ve ıraksak merceklerde, çukur ve tümsek aynalarda görüntü özelliklerini incelemek
- ✓ Net görüntüde d_{cisim} ve $d_{\text{görüntü}}$ ölçerek odak uzaklığını hesaplamak
- ✓ Gerçek ve sanal görüntüyü perdede oluşup oluşmamasıyla ayırt etmek

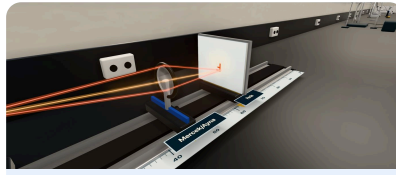
- Sınıf
11. sınıf
- Süre
1-2 ders saati
- Çalışma
İkili. Kırılma ve mercek / ayna kipleri iki gruba bölünebilir
- Zorluk
Orta
- Ön bilgi
Yansıma ve kırılma, sinüs, mercek ve ayna türleri

Deneyin yapılışı

- 1 Kırılma kipinde akrilik ve "Havadan bloğa" seçeneğiyle gelme açısını 15° , 30° , 45° , 60° ve 75° yapın. Her açıda θ_2 değerini kaydedin.
- 2 Panelde sinüs oranından bulunan n değerini okuyun. Aynı açığı crown cam, flint cam ve suda deneyip indisleri karşılaştırın.
- 3 "Blokten havaya" seçeneğine geçin ve gelme açısını artırın. Kırılan ışının kaybolduğu açığı ve yansıyan gücün %100 olduğunu belirleyin.
- 4 Mercek / ayna kipinde yakınsak merceği seçin. Perdeyi kaydırın, netlik %90'ın üzerine çıkınca ölçümü kaydedin ve f değerini okuyun.
- 5 Cismi $2f$ 'nin dışına, f ile $2f$ arasına ve f 'nin içine getirip yineleyin. Görüntünün yönünü, boyunu ve perdede oluşup oluşmadığını yazın.
- 6 Çukur aynada aynı ölçümleri yapın. Perde cisim tarafındadır. Görüntüyü merceğinkiyle karşılaştırın.
- 7 İraksak mercek ve tümsek aynada perdeyi gezdirin. Görüntü neden perdede oluşmuyor, "Işın çizimi" ile uzantılardan açıklayın.



Akrilikten havaya 50° ile çıkan ışın. Sınır açısı ($42,2^\circ$) aşıldığı için kırılan ışın yoktur, yansıyan güç %100'dür.

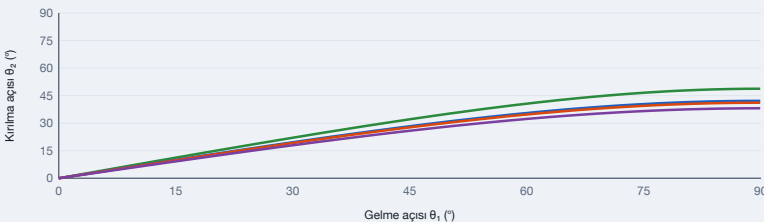


Yakınsak mercek ($f = +10$ cm), $d_{\text{cisim}} = 25$ cm. Perde 16,7 cm ötede net görüntü verir, görüntü gerçek, ters ve küçüktür.

Örnek ölçüm sonuçları

Mod	Optik eleman	$\theta_1 / d_{\text{cisim}}$	$\theta_2 / d_{\text{görüntü}}$	n / f (cm)	Büyütme	Görüntü / gözlem
Kırılma	Hava → akrilik	30°	$19,6^\circ$	1,49	–	Kırılma + kısmi yansıma
Kırılma	Hava → flint cam	45°	$25,9^\circ$	1,62	–	Kırılma + kısmi yansıma
Kırılma	Hava → su	50°	$35,2^\circ$	1,33	–	Kırılma + kısmi yansıma
Kırılma	Akrilik → hava	40°	$73,3^\circ$	1,49	–	Kırılma + kısmi yansıma
Kırılma	Akrilik → hava	50°	Tam yansıma	–	–	Tam yansıma

Açılar normalden ölçülür. Akrilikte düz yüzden yansıyan güç 30° için %4,0, akrilikten havaya 40° için %21,8'dir. Ölçülen f değeri net görüntüde hesaplanır. İraksak merceğin f değeri elemanın etiketidir.



Havadan bloğa geçişte $\theta_2 - \theta_1$ grafiği (650 nm). Üstten alta: su (1,33), akrilik (1,49), crown cam (1,52), flint cam (1,62).

Deneyin dayandığı ilke

Kırılmada $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ geçerlidir ve açılar normalden ölçülür. Yoğun ortamdan havaya geçişte sınır açısı $\theta_s = \sin^{-1}(1/n)$ olur, akrilik için $42,2^\circ$. Her kırılmada ışığın bir kısmı da yansır, yansıyan güç Fresnel bağıntısıyla hesaplanır. İnce mercek ve aynada $1/f = 1/d_{\text{cisim}} + 1/d_{\text{görüntü}}$ ve $m = -d_{\text{görüntü}} / d_{\text{cisim}}$ kullanılır. Pozitif $d_{\text{görüntü}}$ gerçek, negatif olan sanal görüntüdür. Model tek dalga boyudur (650 nm).

Simülasyondaki araç-gereçler

1 m alüminyum optik sıra (mm ölçekli)	1
Hartl optik diski (1° bölmeli)	1
650 nm kırmızı lazerli ışık kutusu	1
Yarım silindirik blok: akrilik, crown cam, flint cam	3
Yarım daire su kabı	1
F biçimli 3 cm aydınlatılmış cisim	1
Yakınsak mercek: $f = +10$ cm ve $+20$ cm	2
İraksak mercek: $f = -15$ cm	1
Çukur ayna ($+10$ cm) ve tümsek ayna (-10 cm)	2
Beyaz perde ve sürgülü tutucular	1

Öğrenme çıktıları

FİZ.11.3.4 FİZ.11.3.5
FİZ.11.3.10

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Lazer ışınına veya yansımasına doğrudan bakma ve ışını kimsenin gözüne tutma. Lamba gövdesi kullanımı sırasında ısınabilir, soğumadan dokunma. Cam parçaları dikkatle taşı.

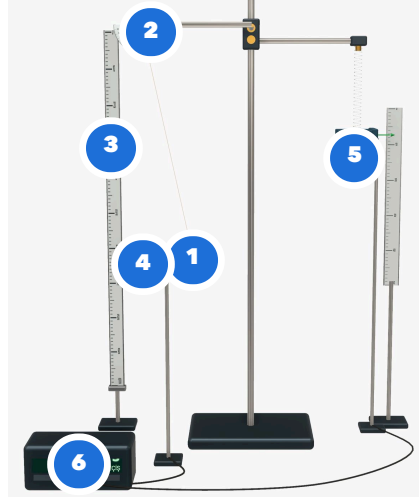
Öğretmene öneriler

- Açığı yüzeyden ölçme yanlışlığı yaygındır. Diskte açılar 0° normal çizgisinden, yani kırmızı çizgiden okunur. Dik gelişte (0°) ışının sapmadığını önce gösterin, sonra Snell hesabına geçin.
- Blokten havaya geçişte θ_2 hızla artar (40° için $73,3^\circ$) ve $42,2^\circ$ 'de 90° 'ye ulaşır. Yansıyan gücün %100'e çıkışını panelden izletin, tam yansımayı fiber ve prizma örnekleriyle bağlayın.
- Perdeyi 0,1 cm adımlarla ayarlayın. Netlik %90'ın altındayken $d_{\text{görüntü}}$ ve f yazılmaz, %90 ile 100 arasında f 10,0 ile 10,1 arasında oynar. Bunu ölçüm belirsizliği olarak tartışın.

4

Basit Sarkaç ve Yay Sarkacı

12. sınıf · Basit Harmonik Hareket



1 Pirinç bob

4 Fotokapı

2 Açılışölçer

5 Yay ve yarıklı kütleler

3 Metre çubuğu

6 Dijital sayaç

Sehpada iki düzenek vardır: ince ipli basit sarkaç ve helisel yaylı yay sarkacı. Bobun kütlesi, ipin uzunluğu ve başlangıç açısı, yayın sabiti ve asılı kütle değiştirilir. Fotokapı bobun denge konumundan geçişini sayar ve dijital sayaç periyodu milisaniye çözünürlüğüyle gösterir. Panelde son 6 saniyenin konum-zaman grafiği çizilir. Öğrenci T^2 -L eğiminden yerçekimi ivmesini hesaplar.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Basit sarkaçta periyodun uzunluğa bağlı, bob kütlesine bağlı olmadığını göstermek
- ✓ T^2 -L grafiğinin eğimi $4\pi^2/g$ ilişkisinden yerçekimi ivmesini bulmak
- ✓ Başlangıç açısı büyüdükçe küçük açı formülünden sapmanın arttığını görmek
- ✓ Yay sarkacında periyodun kütle ve yay sabitine bağlılığını $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ ile sınamak
- ✓ Konum-zaman grafiğinden genliği ve periyodu okumak
- ✓ Denge uzamasını $x_0 = mg/k$ ile hesaplayıp cetvelden okunan değerle karşılaştırmak

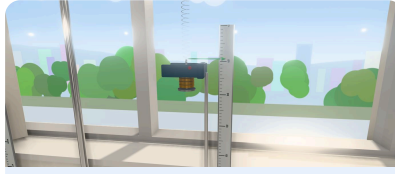
Sınıf
12. sınıfSüre
1-2 ders saatiÇalışma
İkili, ölçüm tabloları sınıfça
birleştirilebilirZorluk
Orta - zorÖn bilgi
Periyot ve frekans, grafik
eğimi. Basit harmonik
hareket

Deneyin yapılışı

- 1 Basit sarkaçta pirinç bobu ve 12° açığı seçin. L'yi 0,20 m'den 1,00 m'ye 0,20 m'lik adımlarla değiştirin.
- 2 Her uzunlukta "Bırak"a basın, fotokapının periyodu göstermesini bekleyin ve "Ölçümü kaydet" ile T ve T^2 değerlerini ekleyin.
- 3 Üç farklı uzunluk kaydedilince panelde T^2 -L eğimi ve hesaplanan g görünür. Değeri $9,81 \text{ m/s}^2$ ile karşılaştırın.
- 4 $L = 0,60 \text{ m}$ 'de bobu alüminyum ve çelikte değiştirin, sonra açığı 5° , 25° ve 40° yapın. Periyot hangisiyle değişiyor?
- 5 "10 salınım süresi" modunda 10 tam salınımın süresini ölçün ve 10'a bölerek periyodu bulun.
- 6 Yay sarkacına geçin. Yay sabitini ve yarıklı kütle sayısını değiştirin, denge uzamasını cetvelden okuyun, askıyı çekip bırakarak periyodu kaydedin.
- 7 Aynı kütlede 10, 20 ve 40 N/m yayların periyotlarını karşılaştırın. T ile $\sqrt{m}$ ve $1/\sqrt{k}$ ilişkisini yorumlayın.



$L = 1,00 \text{ m}$, 12° açığı. Bırakıldıktan sonra sayaç periyodu 2,011 s gösterir, küçük açı değeri 2,006 s'dir.

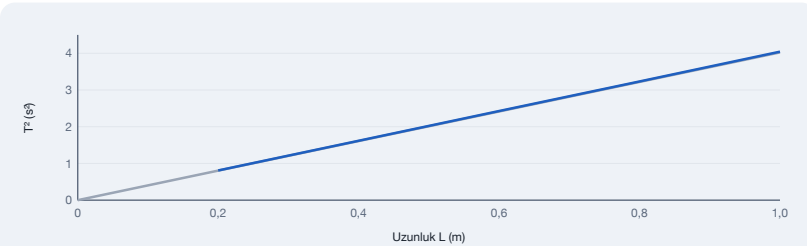


Yay sarkacı: $k = 20 \text{ N/m}$, askıda 250 g. Denge uzaması 12,26 cm, periyot 0,702 s ölçülür.

Örnek ölçüm sonuçları

Sarkaç	L (m) / k (N/m)	Kütle (g)	T ölçülen (s)	T teorik (s)	T^2 (s ²)
Basit sarkaç	0,20	50	0,899	0,897	0,8082
Basit sarkaç	0,40	50	1,272	1,269	1,6180
Basit sarkaç	0,60	50	1,558	1,554	2,4274
Basit sarkaç	0,80	50	1,798	1,794	3,2328
Basit sarkaç	1,00	50	2,011	2,006	4,0441

Basit sarkaç 12° açılıyla bırakıldı. T^2 -L eğimi $4,043 \text{ s}^2/\text{m}$, yani $g \approx 9,76 \text{ m/s}^2$ bulunur. $L = 0,60 \text{ m}$ 'de ölçülen periyot küçük açı değerinden 5° için %0,07, 40° için %2,65 büyüktür.



T^2 -L: mavi çizgi ölçülen değerler (12°), gri çizgi $4\pi^2 L/g$ küçük açı doğrusu ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Deneyin dayandığı ilke

Küçük açılı basit sarkaçta $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, yay sarkacında $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ olur. Basit sarkaçta kütle, yay sarkacında g periyodu belirlemez. $T^2 - L$ doğrusunun eğimi $4\pi^2/g$ kadardır. Yayın denge uzaması $x_0 = mg/k$ 'dir. Simülasyon hareket denklemini $\sin \theta$ ile çözer ve hava direncini küçük bir sönümle temsil eder. Bu yüzden ölçülen periyot küçük açı formülünden biraz büyüktür. Fotokapı ideal kabul edilir.

Simülasyondaki araç-gereçler

1,2 m metal sehpa, ağır taban, kısıkaçlar	1
Sarkaç kısıkağı ve ince ip	1
Bob: 20 g alüminyum, 50 g pirinç, 100 g çelik	3
Açı ölçer (yarım daire)	1
Metre çubuğu (1 m) ve uzama cetveli (50 cm)	2
Ayarlanabilir fotokapı ve dijital sayaç	1
Helisel yay: 10, 20 ve 40 N/m	3
50 g kancalı askı	1
50 g yarıklı kütle	5

Öğrenme çıktıları

12.2.1.2

12.2.1.4

12.2.1.5

Gerçek laboratuvarında güvenlik

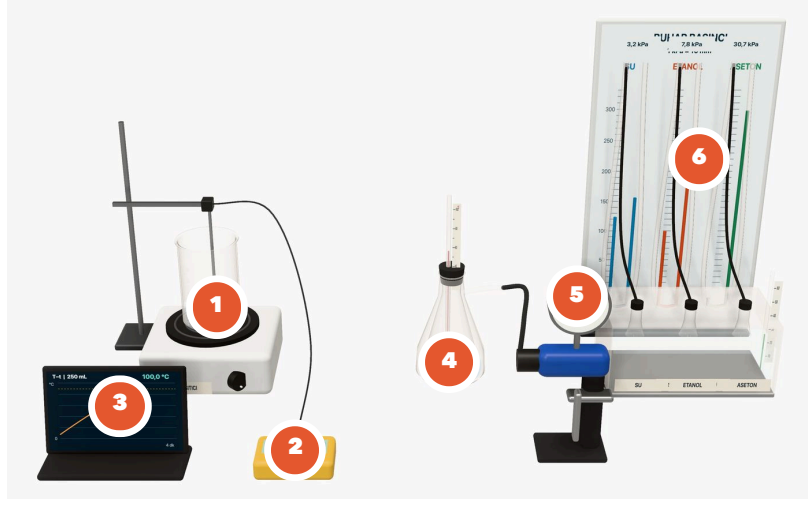
Ağır sehpayı düz zeminde sabitle. Bobu geniş açılıyla salarken yüzünü salınım düzleminden uzak tut. Yarıklı kütlelerin kancaya tam oturduğunu kontrol et, düşen kütle ayaklara zarar verebilir.

Öğretmene öneriler

- "Ağır bob daha hızlı sallanır" yanılgısı yaygındır. Aynı L ve açıda alüminyum, pirinç ve çelik bobla periyot 1,558 s kalır. Önce tahmin yazdırın, sonra ölçtürün.
- Ölçülen g ($9,76 \text{ m/s}^2$), $9,81$ 'den küçüktür çünkü 12° açı ve sönüm periyodu uzatır. Açığı 5° 'ye indirip g'nin $9,81$ 'e yaklaştığını göstermek hata kaynağı tartışması için iyi bir fırsattır.
- Yay sarkacında kütle 3 katına çıkınca periyot 0,314 s'den 0,544 s'ye, yani $\sqrt{3}$ katına çıkar. Öğrencilerin doğrusal beklentisiyle karşılaştırın. Denge uzaması ise kütleyle doğru orantılı artar.

Buhar Basıncı ve Kaynama

9. sınıf · Çeşitlilik



- | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 Isıtıcı beher (saf su) | 2 Dijital termometre | 3 Grafik tableti |
| 4 Vakum erlenmeyer | 5 Basınç göstergesi (manometre) | 6 Buhar basıncı tüpleri |

Tezgahta üç düzenek vardır. A düzenğinde ısıtıcı üzerindeki 250 mL beherde sıvının sıcaklığı dijital termometre ve T-t grafiğiyle izlenir. Sıvı türü ve dış basınç (deniz seviyesi, Erzurum, Everest) seçilir. B düzenğinde el pompası, kalın duvarlı erlenmeyerdeki ılık suyun üstündeki havayı çeker. C düzenğinde su, etanol ve aseton kapalı şişelerde ısıtılır, buhar basıncını yağlı U manometreler gösterir.

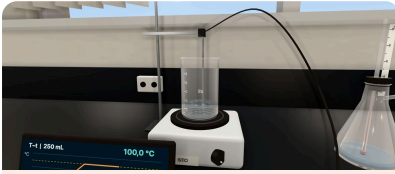
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Kaynamayı buhar basıncının dış basınca eşitlenmesi olarak tanımlamak
- ✓ Isıtma sürerken kaynama sırasında sıcaklığın sabit kaldığını T-t grafiğinde görmek
- ✓ Dış basınç düşünce kaynama sıcaklığının düştüğünü Erzurum ve Everest koşullarında ölçmek
- ✓ Su, etanol ve asetonun kaynama sıcaklıklarını ve aynı sıcaklıktaki buhar basınçlarını karşılaştırmak
- ✓ Çözülmüş maddenin kaynama noktasını yükselttiğini 1 molal tuz ve şeker çözeltileriyle göstermek
- ✓ Kapalı kapta denge buhar basıncının sıvı miktarına değil, sıcaklığa ve türe bağlı olduğunu görmek

- Sınıf
9. sınıf
- Süre
1-2 ders saati
- Çalışma
İkili. A, B ve C düzenekleri gruplara dağıtılabilir
- Zorluk
Orta
- Ön bilgi
Hal değişimi, basınç, mol ve molalite

Deneyin yapılışı

- 1 A düzeneğinde saf su ve deniz seviyesi basıncını seçin. Isıtıcıyı açın ve T-t grafiği yataylaşınca kaynama sıcaklığını kaydedin.
- 2 Kaynarken kalan sıvı kütlesinin azaldığını, sıcaklığın değişmediğini gözleyin. Isıtıcı gücünü değiştirip kaynamaya ulaşma süresini karşılaştırın.
- 3 Aynı deneyi Erzurum ve Everest basıncında yineleyin. Her koşulda kaynama sıcaklığını kaydedin.
- 4 Tuzlu ve şekerli suyu (1 molal), sonra etanol ve asetonu deneyin. Son ikisinin otomatik su banyosunda ısıtıldığına dikkat edin.
- 5 B düzeneğinde ılık su sıcaklığını 70 °C seçin. Pompayı çalıştırın, kabarcıklar başlayınca basıncı ve su sıcaklığını kaydedin.
- 6 "Havayı geri ver" ile kabarcıkların durduğunu gözleyin.
- 7 C düzeneğinde su banyosunu 40 °C yapıp üç manometreyi okuyun. Sıvı miktarını 10 mL ve 50 mL seçip basınçların değişip değişmediğine bakın.



Saf su 400 W ısıtıcıyla kayıyor. Termometre 100,0 °C gösterir, grafik yataydır, kalan sıvı 92,1 g'a inmiştir.

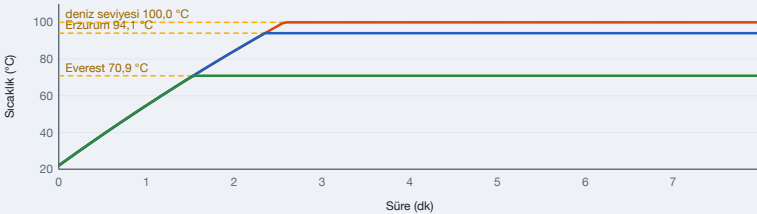


Vakum düzeneğinde 9 strok sonra basınç yaklaşık 30 kPa'a iner. Başlangıçta 70 °C olan su 69 °C'ta kaynamaya başlar.

Örnek ölçüm sonuçları

Düzenek	Sıvı	Dış basınç (kPa)	Sıcaklık (°C)	Buhar basıncı (kPa)	Gözlem
A	Saf su, deniz seviyesi	101,3	100,0	101,3	Kaynıyor, sıcaklık sabit
A	Saf su, Erzurum	82,1	94,1	82,1	Kaynıyor, sıcaklık sabit
A	Saf su, Everest	33,4	70,9	33,4	Kaynıyor, sıcaklık sabit
A	Etanol	101,3	78,4	101,3	Kaynıyor, sıcaklık sabit
A	Aseton	101,3	56,1	101,3	Kaynıyor, sıcaklık sabit

Isıtıcı 400 W olduğunda saf su yaklaşık 2,6 dakikada kaynamaya başlar. 1 molal şekerli su deniz seviyesinde 100,5 °C'ta kaynar. B satırındaki değerler pompalama süresine bağlı olarak biraz değişir, kaynama basıncı her zaman suyun buhar basıncına eşittir.



Saf su 400 W ısıtıcıyla ısıtılırken sıcaklık. Her eğri kendi kaynama noktasında yataylaşır: deniz seviyesi, Erzurum ve Everest basıncı.

Deneyin dayandığı ilke

Sıvı, buhar basıncı dış basınca eşit olduğunda kaynar. Dış basınç düşerse kaynama sıcaklığı da düşer, değer Clausius-Clapeyron bağıntısıyla hesaplanır. Uçucu olmayan çözünen kaynama noktasını $\Delta T = i K_b m$ kadar yükseltir. $K_b = 0,512 \text{ °C}\cdot\text{kg/mol}$, NaCl için $i = 2$ alınır. Aynı sıcaklıkta buhar basıncı aseton > etanol > su sırasındadır, kaynama sıcaklıkları ters sıradadır. Kaynarken verilen ısı hal değişimine gider ve sıcaklık sabit kalır.

Simülasyondaki araç-gereçler

Elektrikli ısıtıcı (500 W'a kadar ayarlı)	1
250 mL beher ve su banyosu	2
Kaynama taşları	-
Dijital termometre, prob, destek ve kısıkaç	1
Kalın duvarlı vakum erlenmeyeri ve 60 mL ılık su	1
60 mL el pompası, hortum ve manometre	1
Kapalı numune şişesi: su, etanol, aseton	3
Renkli yağlı U manometre	3
Sıvılar: saf su, etanol, aseton, 1 molal NaCl ve şeker çözeltisi	5

Öğrenme çıktıları

KİM.9.2.9 **KİM.9.2.10**

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Sıcak tabla, cam ve buhar yakar. Etanol ve aseton yanıcıdır, açık alevde veya doğrudan sıcak tablaya konmaz, su banyosunda ısıtılır. Vakum için yalnızca kalın duvarlı cam kullanılır. Koruyucu gözlük takılır.

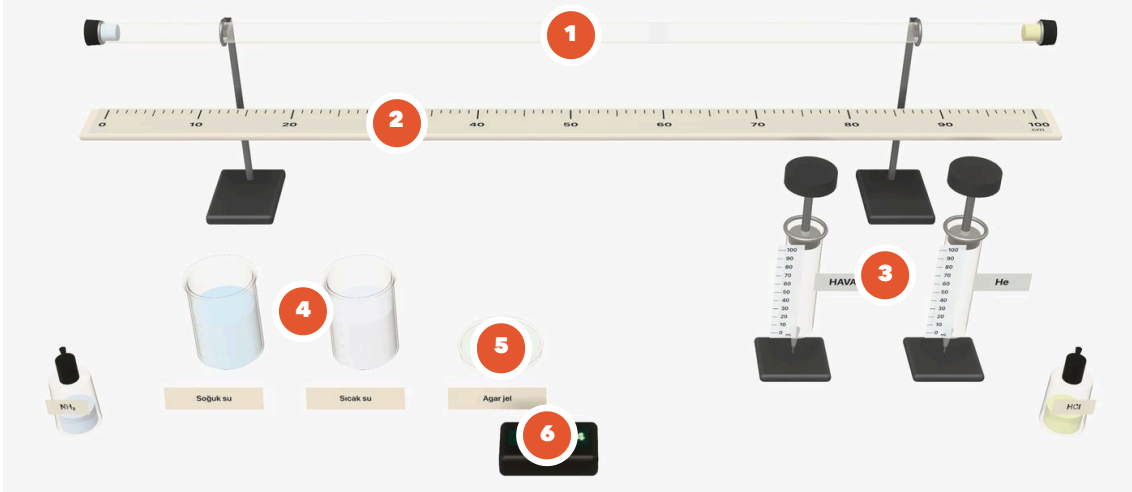
Öğretmene öneriler

- "Kaynarken sıcaklık artmaya devam eder" yanlışlığı yaygındır. Isıtıcı gücünü değiştirin: plato sıcaklığı aynı kalır, yalnızca ona ulaşma süresi değişir. Enerjinin hal değişimine gittiğini kalan sıvı kütlesi üzerinden tartışın.
- Erzurum ve Everest satırlarını "su 100 °C'ta kaynar" ezberini sorgulamak için kullanın. Dödüklü tencerenin bunun tersi olduğunu sorun. Vakum deneyinde suyun 70 °C civarında kaynaması, kaynamanın basınca bağlı olduğunu gösterir.
- C düzeneğinde miktarı 10 mL'den 50 mL'e çıkarınca manometre değişmez, oysa öğrenciler daha çok buhar daha çok basınç bekler. Aseton 40 °C'ta ölçeğin dışına taşar ve ok işaretiyle gösterilir, sayısal değeri okutun.

6

Gazların Difüzyonu ve Efüzyonu

10. sınıf · Etkileşim



- | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 1 Difüzyon tüpü (NH_3 ve HCl pamukları) | 2 Metre cetveli | 3 Efüzyon şiringaları |
| 4 Soğuk ve sıcak su beherleri | 5 Agar jel petri kabı | 6 Kronometre |

Tezgahta 100 cm'lik cam tüp, iki gaz şiringası ve üç ortam (soğuk su, sıcak su, agar jel) vardır. Öğrenci NH_3 ve HCl pamuklarını tüpün iki ucuna yerleştirip beyaz NH_4Cl halkasının oluştuğu yeri cetveldən okur. Sonra özdeş delikli iki şiringadan hava ile seçilen gazın 50 mL çıkış süresini karşılaştırır ve KMnO_4 kristalinin üç ortamdaki yayılmasını izler.

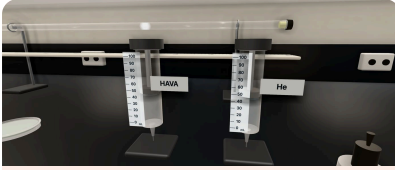
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Difüzyonu (ortamda yayılma) ve efüzyonu (delikten çıkma) birbirinden ayırmak
- ✓ NH_4Cl halkasının konumundan NH_3 ve HCl 'nin yayılma hızları oranını bulmak
- ✓ Graham yasasını ($t \propto \sqrt{M}$) farklı gazlarla efüzyon süresi ölçerek sınamak
- ✓ Sıcaklığın difüzyon süresini kısalttığını, halka konumunu değiştirmediğini göstermek
- ✓ Aynı sürede suda ve jelde yayılma alanını karşılaştırıp ortamın etkisini yorumlamak

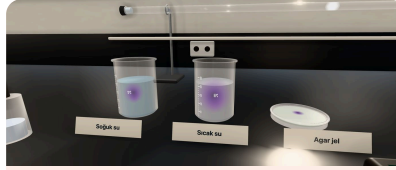
- Sınıf
10. sınıf
- Süre
1 ders saati (40 dk)
- Çalışma
İkili, üç deney gruplara paylaştırılabilir
- Zorluk
Orta
- Ön bilgi
Mol kütlesi, gazların genel özellikleri

Deneyin yapılışı

- 1 "Pamukları ıslat" ile iki pamuğu NH_3 ve HCl 'ye batırın. "İkisini yerleştir / başlat" ile aynı anda tüpe koyun. Süreyi $\times 30$ hızla izleyebilirsiniz.
- 2 Beyaz halka oluşunca süreyi ve NH_3 ucundan uzaklığı cetveldend okuyun, "Halka ölçümünü kaydet" ile tabloya ekleyin.
- 3 Tüpü sıfırlayıp sıcaklığı 45°C yapın, ölçümü yineleyin. Halkanın yeri ve oluşma süresi nasıl değişti?
- 4 Efüzyon bölümünde bir gaz seçip iki şırıngayı başlatın. Hava ve gazın 50 mL çıkış sürelerini ve oranını kaydedin.
- 5 H_2 , He, CH_4 , N_2 , O_2 ve CO_2 ile yineleyin. Ölçülen t_2 / t_1 oranını $\sqrt{M_2 / M_1}$ ile karşılaştırın.
- 6 Üç ortama KMnO_4 kristali bırakın. 30. ve 120. saniyede mor alanın yarıçapını okuyup üç ortamı karşılaştırın.



Efüzyon: hava ve He şırıngaları. He 22,3 s, hava 60,0 s'de 50 mL boşaltır, oran 0,372.

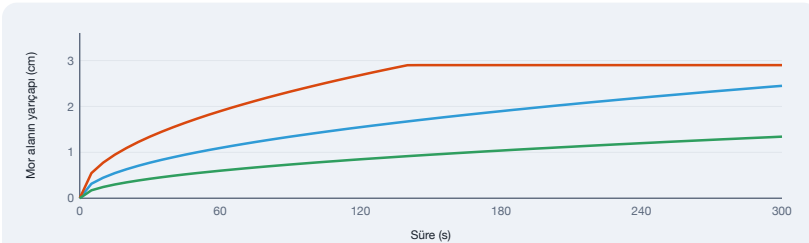


KMnO_4 kristalinden 120 s sonra mor alanın yarıçapı: soğuk su 1,55 cm, sıcak su 2,68 cm, agar jel 0,85 cm.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Koşul	Süre (s)	Ölçülen	Oran	Beklenen (Graham)
Difüzyon tüpü	NH_3 / HCl , 22°C	360,0	NH_3 ucundan 59,4 cm	1,463	1,463
Difüzyon tüpü	NH_3 / HCl , 45°C	334,0	NH_3 ucundan 59,4 cm	1,463	1,463
Efüzyon	Hava / H_2	60,0 / 15,8	15,8 s	0,264	0,264
Efüzyon	Hava / He	60,0 / 22,3	22,3 s	0,372	0,372
Efüzyon	Hava / CH_4	60,0 / 44,7	44,7 s	0,744	0,744
Efüzyon	Hava / N_2	60,0 / 59,0	59,0 s	0,984	0,984

Oran sütunu tüpte yol oranını (NH_3 / HCl), efüzyonda t_2 / t_1 oranını gösterir. KMnO_4 yarıçapı 120 s'de soğuk suda 1,55 cm, sıcak suda 2,68 cm, agar jelde 0,85 cm olur.



KMnO_4 mor alanının yarıçapı: sıcak su (turuncu), soğuk su (mavi), agar jel (yeşil). Su ortamlarında yarıçap 2,9 cm'de, jelde 3,6 cm'de sınırlanır.

Deneyin dayandığı ilke

Aynı sıcaklık ve basınçta gazların yayılma hızı mol kütesinin kareköküyle ters orantılıdır (Graham yasası): $v_1 / v_2 = \sqrt{M_2 / M_1}$. NH_3 (17,03 g/mol) ve HCl (36,46 g/mol) için oran 1,463'tür, halka 100 cm'lik tüpte NH_3 ucundan 59,4 cm uzakta oluşur. Efüzyonda özdeş delikten 50 mL gazın çıkış süresi $t \propto \sqrt{M}$ ile artar. Simülasyonda halka süresi yaklaşık 6 dakikaya kalibre edilmiştir. Gerçek tüpte halka çoğunlukla %60-65 konumunda görülür.

Simülasyondaki araç-gereçler

100 cm uzunluğunda, 2 cm iç çaplı cam tüp	1
Statif ve kısıkaç	2
Santimetre cetveli	1
Pamuk tıkaç	2
Derişik NH_3 ve HCl damlalıkları	2
Kronometre	1
100 mL gaz şırıngası (iğne delikli)	2
Özdeş ağırlık	2
Soğuk ve sıcak su beheri	2
Agar jelli Petri kabı, KMnO_4 kristalleri	1

Öğrenme çıktıları

KİM.10.1.11

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Derişik NH_3 ve HCl aşındırıcıdır. Buharları gözleri ve solunum yollarını tahriş eder. Gerçek deney yalnızca çeker ocakta, eldiven ve gözlükle yapılır. Şişeleri doğrudan koklama. KMnO_4 oksitleyicidir ve leke bırakır.

Öğretmene öneriler

- Öğrenciler halkanın nerede oluşacağını çoğunlukla ters tahmin eder. Önce tüpün üzerinde halka konumunu işaretletin, sonra ölçtürün. Hafif gazın daha uzağa gittiği, halkanın HCl ucuna yakın çıkmasından anlaşılır.
- Simülasyon Graham yasasını model aldığı için oranlar tam tutar, gerçek ölçümde sapma beklenir. Tartışma sorusu olarak halkanın gerçek tüpte neden çoğunlukla %60-65 konumunda görüldüğünü sorun.
- "Gaz moleküllerini göster" seçeneği öğreticidir, gazlar gerçekte görünmez. Isınınca halkanın yeri değişmez, yalnızca süresi kısılır (360 s yerine 334 s). KMnO_4 yayılması makroskopik karışmayı da içerir.

7

Tepkime Hızı

11. sınıf · Etkileşim



1 Erlenmeyer ve su banyosu

2 Isıtıcı

3 Gaz şiringası

4 Dijital terazi

5 HCl şişesi

6 Grafik tableti

Erlenmeyerdeki 50 mL çözeltide oluşan gaz, cam gaz şiringasında zamana bağlı okunur. $Mg + HCl$, $CaCO_3 + HCl$ ve H_2O_2 bozunması seçilebilir. HCl derişimi (0,5 · 1,0 · 2,0 M), katının hali (şerit ya da toz), su banyosu sıcaklığı (15 – 45 °C) ve katalizör (MnO_2 , patates) değiştirilir. Önceki deneylerin eğrileri grafikte silik kalır.

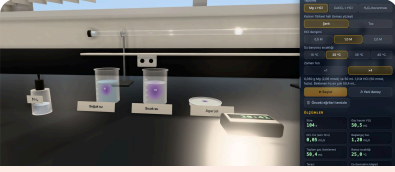
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Gaz hacmini zamana karşı ölçüp V-t grafiğı çizmek
- ✓ Grafikten ortalama ve anlık hızı yorumlamak, başlangıç hızı ile t_{90} süresini karşılaştırmak
- ✓ Derişim, temas yüzeyi ve sıcaklığın hızı etkisini kontrollü deneyle sorgulamak
- ✓ Hızı artıran faktörlerin toplam gaz miktarını değıştirmediğini fark etmek
- ✓ Katalizörün tepkimeyi hızlandırdiğını ama kütlesinin değışmediğini göstermek
- ✓ Hızın zamanla neden azaldiğını tanecik modeliyle açıklamak

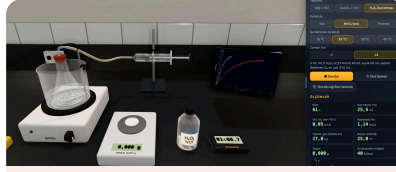
Sınıf
11. sınıfSüre
2 ders saati (40 + 40 dk)Çalışma
İkili, her grup bir değışkeni incelerZorluk
Orta – zorÖn bilgi
Tepkime hızı kavramı,
çarpışma teorisi, mol hesabı,
grafik yorumlama

Deneyin yapılışı

- 1 Tepkimeyi, katının halini, HCl derişimini ve banyo sıcaklığını seçin. Terazide katının kütlesini okuyun.
- 2 Banyo hedef sıcaklığı gelince "Başlat"a basın. Katı atılır, tıpa kapanır ve kronometre başlar.
- 3 Şırınga pistonunu ve V-t grafiğini izleyin. Zaman hızını $\times 4$ yapabilirsiniz.
- 4 Gazın %90'ı oluşunca "Ölçümü kaydet"e basın. Tabloya başlangıç hızı, t_{90} ve gaz hacmi yazılır.
- 5 Yalnızca bir değişkeni değiştirip yeni deney yapın: önce HCl derişimi, sonra şerit yerine toz, sonra sıcaklık.
- 6 Grafik eğimlerini karşılaştırın. t_1 ve t_2 kaydırıcılarıyla seçilen aralıkta ortalama hızı bulun.
- 7 H_2O_2 bozunmasını katalizörsüz, MnO_2 ve patatesle yapın. Katalizörü süzüp tartın.



Mg şerit, 0,5 · 1,0 · 2,0 M HCl: Üç V-t eğrisi aynı grafikte. Derişim arttıkça eğim dikleşir, son gaz hacmi aynı kalır.

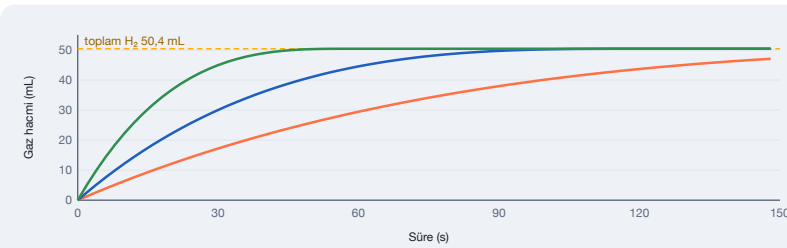


H_2O_2 bozunması: MnO_2 tozu ile eğri hızla yükselir, patatesten daha yavaştır.

Örnek ölçüm sonuçları

Tepkime	Derişim (M)	Katı / katalizör	T (°C)	Başlangıç hızı (mL/s)	t_{90} (s)	Gaz hacmi (mL)
Mg + HCl	0,5	Mg şerit	25	0,65	130	50,5
Mg + HCl	1,0	Mg şerit	25	1,25	63	50,5
Mg + HCl	2,0	Mg şerit	25	2,42	30	50,5
Mg + HCl	1,0	Mg toz	25	7,25	10	50,5
Mg + HCl	1,0	Mg şerit	35	1,94	39	52,0

Gaz hacmi, deney bitince okunan değerdir. Mg için kuramsal toplam 50,4 mL'dir ve okuma çözünürlüğü 0,5 mL'dir. Patates katalizörüyle 0,30 mL/s ve 187 s, 35 °C'de MnO_2 ile 2,00 mL/s ve 27 s bulunur.



50 mL Mg + HCl, 25 °C: 0,5 M (turuncu), 1,0 M (mavi) ve 2,0 M (yeşil) HCl ile oluşan H_2 hacmi. Eğim derişimle artar, toplam gaz aynıdır.

Deneyin dayandığı ilke

Tepkime hızı, birim zamanda oluşan gaz miktarıdır. Katı + asit tepkimelerinde simülasyon $r = k(T) \cdot S \cdot [HCl]$ kullanır: yüzey S ve $[HCl]$ azaldıkça hız düşer. Hız sabiti Arrhenius bağıntısıyla sıcaklığa bağlıdır: $k = k_{25} \cdot \exp[-E_a/R \cdot (1/T - 1/298 K)]$. H_2O_2 bozunması birinci mertebedir ve katalizör E_a değerini düşürür. Gaz hacmi ideal gaz olarak hesaplanır (25 °C'de 24,5 L/mol).

Simülasyondaki araç-gereçler

Erlenmeyer (250 mL) ve lastik tıpa	1
Gaz şırıngası (100 mL, cam)	1
Su banyosu (beher, ısıtıcı ve buz)	1
Dijital terazi (0,001 g)	1
Dijital termometre	1
Kronometre ve veri kaydedici	1
Mg şerit ve Mg tozu (0,050 g)	2
Mermer parçası ve $CaCO_3$ tozu (0,35 g)	2
HCl çözeltisi: 0,5 · 1,0 · 2,0 M	3
%1,5 H_2O_2 , MnO_2 tozu, patates dilimi	3

Öğrenme çıktıları

KİM.11.1.6

KİM.11.1.7

Gerçek laboratuvarında güvenlik

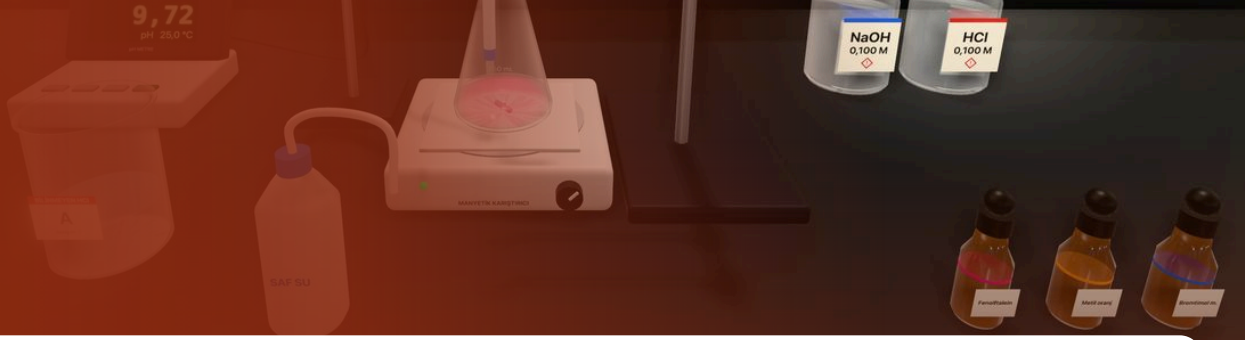
HCl aşındırıcıdır: gözlük ve eldiven tak, deriye ya da göze sıçramasına izin verme. Oluşan H_2 yanıcıdır, düzeneğin yakınında alev bulundurma. Cam şırınga takılırsa zorlama, kırılıp elini kesebilir. Sıcak su banyosunu maşa veya eldivenle tut. Tıpayı gaz çıkışı varken sıkıca bastırma.

Öğretmene öneriler

- Başlangıç eğimi ile toplam gazı ayırın: toz Mg, yüksek derişim ve sıcaklık hızı artırır ama gaz hacmi 50 mL civarında kalır. Bu, "hızlı tepkime daha çok ürün verir" yanlışısını kırar.
- Tek değişken ilkesini zorunlu tutun. Önceki eğrilerin silik kalması üç farklı deneyi aynı grafikte kıyaslamayı kolaylaştırır. Sıcaklığı değiştirmeden önce banyonun hedefe ulaşmasını beklemek gerekir.
- V-t eğrisinin zamanla yatıklaşması öğrencilerin sorusu olur: sonuçta HCl ve katı yüzeyi azalıyor. Bu yüzden anlık hız, ortalama hızdan farklıdır. t_1 ve t_2 kaydırıcılarıyla gösterin.

Asit-Baz Titrasyonu

11. sınıf · Çeşitlilik



1 Büret (0,100 M NaOH)

4 pH metre

2 Erlenmeyer (örnek + indikatör)

5 Standart çözelti şişeleri

3 Manyetik karıştırıcı

6 İndikatör şişeleri

Büretten 0,100 M NaOH ya da HCl, 25,00 mL derişimi gizli örneğin üzerine eklenir. Örnek A, B ya da C seçilir, pipetle erlenmeyere aktarılır, saf su eklenir ve fenolftalein, metil oranj ya da bromtimol mavisini damlatılır. Musluk damla damla ya da sürekli akışa ayarlanır. pH metre, iletkenlik değeri ve iki canlı grafik (pH-V, iletkenlik-V) titrasyonu izler. Öğrenci derişimi hesaplayıp sonucu kontrol eder.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Nötrleşmeyi pH ve indikatör rengi değişimiyle işlemsel olarak tanımlamak
- ✓ Büret okumasından harcanan titrant hacmini bulmak
- ✓ $M_a \cdot V_a = M_b \cdot V_b$ bağıntısıyla bilinmeyen derişimi hesaplamak
- ✓ Eşdeğerlik noktası çevresinde pH ve iletkenliğin değişimini grafikte yorumlamak
- ✓ İndikatör seçiminin dönüm noktası ve pH aralığıyla ilişkisini tartışmak
- ✓ Saf su eklemenin eşdeğerlik hacmini değiştirmediğini fark etmek

🎓 Sınıf
11. sınıf

🕒 Süre
2 ders saati (40 + 40 dk)

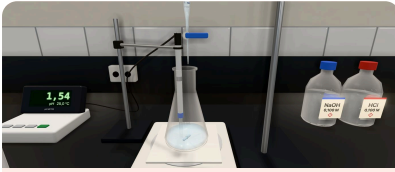
👥 Çalışma
İkili

🔧 Zorluk
Zor

📖 Ön bilgi
Mol kavramı, pH hesabı, nötrleşme tepkimesi, büret okuma

Deneyin yapılışı

- 1 Titrasyon türünü (bilinmeyen HCl ya da NaOH) ve örnek A, B ya da C'yi seçin.
- 2 "Pipetle 25 mL" ile örneği erlenmeyere aktarın, "Saf su ekle (50 mL)" ile seyreltin.
- 3 Bir indikatör seçip 2-3 damla ekleyin. "Büreti doldur" ile başlangıç okumasını yazın.
- 4 Karıştırıcı açıkken titrantı "Hızlı akış"la ekleyin. Rengin değişeceği yere yaklaşıncaya "Damla damla" ilerleyin.
- 5 Renk kalıcı değişince musluğu kapatın. Son okumadan harcanan hacmi bulup pH ve iletkenliği not edin.
- 6 $M_a \cdot V_a = M_b \cdot V_b$ ile derişimi hesaplayıp kutuya yazın ve "Sonucu kontrol et"e basın.
- 7 "Ölçümü kaydet" ve "Yeni deneme" ile en az iki deneme daha yapıp indikatörleri karşılaştırın.



Erlenmeyerde 25 mL HCl örneği, pH elektrodu çözeltide. Manyetik karıştırıcı titrantı çözeltiye hızla dağıtır.

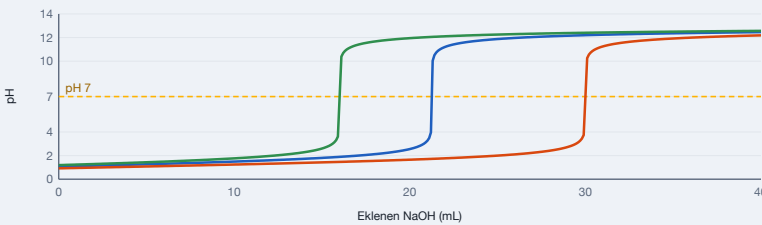


Panelde pH-hacim ve iletkenlik-hacim grafikleri. Eşdeğerlik noktasında pH sıçrar, iletkenlik en küçük değerine iner.

Örnek ölçüm sonuçları

Örnek ve tür	İndikatör	Başlangıç okuması (mL)	Son okuma (mL)	Harcanan (mL)	pH	Hesaplanan derişim (M)
A • HCl	Fenolftalein	0,25	21,55	21,30	9,72	0,0852
B • HCl	Fenolftalein	0,25	30,30	30,05	9,68	0,1202
C • HCl	Fenolftalein	0,25	16,30	16,05	9,74	0,0642
A • HCl	Bromtimol mavis	0,25	21,50	21,25	7,00	0,0850
A • HCl	Metil oranj	0,25	21,15	20,90	3,44	0,0836

Gizli derişimler A 0,0850 M, B 0,120 M, C 0,0640 M'dir. Fenolftalein renk değişiminde bir damla fazla verir (pH 9,7). Bromtimol mavis eşdeğerlik noktasında (pH 7,00) döner. Metil oranj erken döner (pH 3,4) ve derişimi biraz düşük bulunur.



25 mL HCl örneğinin 0,100 M NaOH ile titrasyon eğrileri: A (mavi, 21,25 mL), B (turuncu, 30,00 mL) ve C (yeşil, 16,00 mL).

Deneyin dayandığı ilke

Eşdeğerlik noktasında asit ve baz mol sayıları eşittir: $M_a \cdot V_a = M_b \cdot V_b$. Kuvvetli asit ile kuvvetli bazın titrasyonunda 25 °C'de eşdeğerlik noktasında pH 7'dir ve pH bu noktanın çevresinde keskin sıçrar. Simülasyon $[H^+]$ değerini yük dengesinden hesaplar, iletkenliği iyonların molar iletkenliklerinin toplamından ($\kappa = \sum \lambda_i \cdot c_i$) bulur. Bir damla 0,05 mL alınmıştır.

Simülasyondaki araç-gereçler

Büret (50 mL), kısıkaç ve destek	1
Erlenmeyer (250 mL), manyetik karıştırıcı, beyaz fayans	1
Pipet (25 mL) ve pipet pompası	1
pH metre ve elektrot	1
0,100 M NaOH ve 0,100 M HCl standart çözeltisi	2
Derişimi bilinmeyen çözelti (A, B, C)	3
İndikatör: fenolftalein, metil oranj, bromtimol mavis	3
Piset (saf su, 50 mL)	1

Öğrenme çıktıları

KİM.11.2.10

KİM.11.2.11

Gerçek laboratuvarında güvenlik

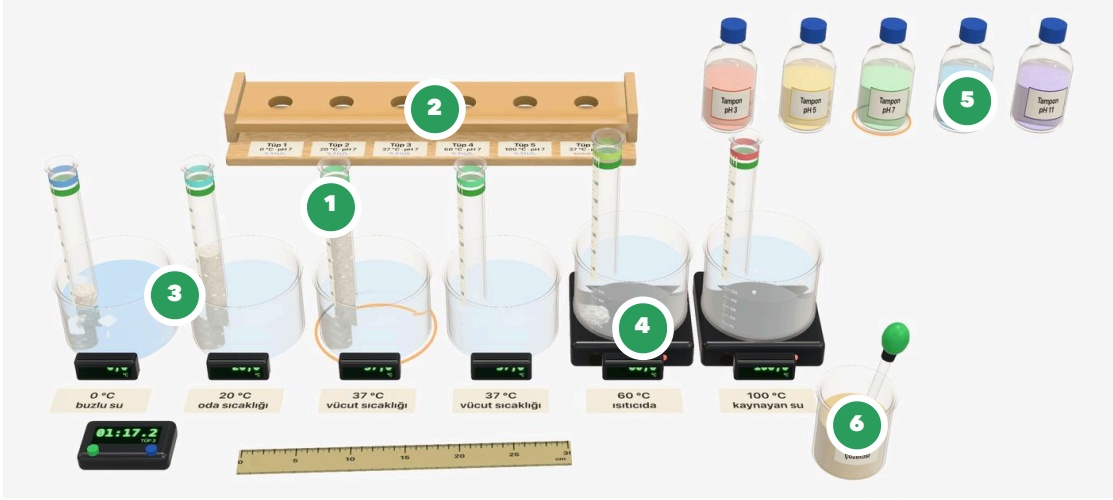
NaOH ve HCl çözeltileri aşındırıcıdır. Korumucu gözlük ve eldiven tak. Pipetle asla ağızla çekme, pipet pompası kullan. Dökülen çözeltiyi hemen bol suyla temizle, göze veya cilde sıçarsa en az 15 dakika suyla yıka ve öğretmenine haber ver.

Öğretmene öneriler

- "Eşdeğerlik noktası ile indikatörün dönüm noktası aynıdır" yanlışlığı yaygındır. Aynı örneği üç indikatörle titre ettirin: metil oranj 20,90, bromtimol mavis 21,25, fenolftalein 21,30 mL verir. Farkın nedenini sorun.
- Saf su ekleme adımı gereksiz görünür. Mol sayısı değişmediği için eşdeğerlik hacminin aynı kaldığını, yalnızca toplam hacmin ve eğrilerin görünümünün değiştiğini gösterin.
- Rengin değişeceği yere yaklaşıncaya damla damla ilerlemeyi öğretin: bir damla 0,05 mL'dir. En az üç denemenin ortalamasını alın. İletkenlik grafiğindeki en küçük değer, eşdeğerlik noktasının ikinci kanıtıdır.

Enzim Aktivitesi: Katalaz

9. sınıf · Yaşam



1 Dereceli deney tüpü

2 Tüp sıralığı

3 Sıcaklık banyosu (beher)

4 Isıtıcı beher (60 °C)

5 Tampon çözeltileri (pH 3-11)

6 Enzim çözeltisi

Altı dereceli silindirde 5 mL H_2O_2 çözeltisi bulunur. Öğrenci her tüpü 0, 20, 37, 60 ya da 100 °C'lik bir su banyosuna yerleştirir, pH 3 ile 11 arasında bir tampon seçer ve patates ya da karaciğer özütünden enzim ekler. Oluşan köpüğün yüksekliğini ya da su altında toplanan O_2 hacmini 60 saniyede okur. Enzim yerine su eklenen kontrol tüpü de vardır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Katalazın H_2O_2 parçalama hızını köpük yüksekliği ve O_2 hacmiyle ölçmek
- ✓ Sıcaklığın enzim etkinliğine etkisini ve optimum sıcaklığı bulmak
- ✓ pH değerinin enzim etkinliğine etkisini ve optimum pH değerini yorumlamak
- ✓ Soğukta yavaşlamayı yüksek sıcaklıkta denatürasyondan ayırt etmek
- ✓ Kontrol tüpünün neden gerektiğini açıklamak
- ✓ Substrat derişimi artınca hızın üst sınıra yaklaşmasını (doygunluk) yorumlamak

Sınıf
9. sınıf

Süre
1 ders saati (40 dk)

Çalışma
İkili

Zorluk
Orta

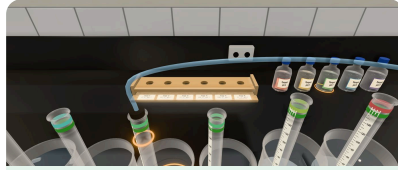
Ön bilgi
Enzimlerin protein yapısı ve katalizör olduğu, sıcaklık ve pH kavramları

Deneyin yapılışı

- 1 "Sıcaklık serisi" düğmesiyle tüpleri 0, 20, 37, 60 ve 100 °C banyolara yerleştirin. Altıncı tüp kontrol tüpüdür.
- 2 "Tümüne aynı anda ekle" ile enzimi bütün tüplere eş zamanlı ekleyin. Zaman hızını $\times 4$ yapıp 60. saniyeyi bekleyin.
- 3 Her tüpte köpük yüksekliğini okuyup "Ölçümü kaydet"e basın. Ölçüm yöntemini "Toplanan O₂" yapıp deneyi tekrarlayın.
- 4 "Tümünü yenile"den sonra "pH serisi" ile pH 3, 5, 7, 9 ve 11 tüplerini 37 °C'de kurup aynı ölçümleri yapın.
- 5 H₂O₂ derişimini (%1, 3, 6) ve enzim miktarını (0,5, 1, 2 mL) değiştirip ilk 10 saniyedeki başlangıç hızını karşılaştırın.
- 6 Köpürmesi biten bir tüpe "+ H₂O₂ ekle" ile yeniden substrat verin. Köpürme yeniden başlıyor mu?
- 7 Çubuk grafikten optimum sıcaklık ve pH değerini belirleyin.



pH serisi, 37 °C, 60. saniye: köpük pH 7 tüpünde 116 mm, pH 3 ve pH 11 tüplerinde yalnızca 4 - 6 mm kadardır.

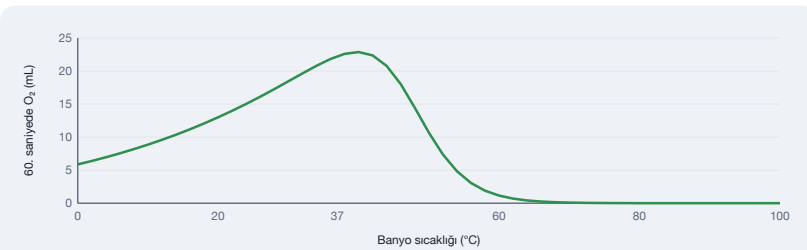


Gaz toplama yöntemi: 37 °C tüpü 60 saniyede 22,0 mL O₂ verir. Toplama silindrinde su seviyesi gaz hacmi kadar iner.

Örnek ölçüm sonuçları

Seri	Sıcaklık (°C)	pH	Köpük (mm)	O ₂ (mL)
Sıcaklık	0	7	29	6,0
Sıcaklık	20	7	67	12,5
Sıcaklık	37	7	116	22,0
Sıcaklık	60	7	6	1,0
Sıcaklık	100	7	0	0,0

60. saniyede, %3 H₂O₂ ve 1 mL patates özütüyle okundu. Enzim yerine su eklenen kontrol tüpünde köpük ve O₂ yoktur. pH 9 tüpünde 54 mm ve 10,0 mL bulunur. Okumalar küçük bir sapma içerir.



60. saniyede toplanan O₂ hacminin banyo sıcaklığına göre değişimi (%3 H₂O₂, 1 mL enzim, pH 7).

Deneyin dayandığı ilke

Katalaz, $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ tepkimesini hızlandırır. Simülasyonda hız $v = V_{\text{maks}} \cdot E \cdot a(T) \cdot a(\text{pH}) \cdot [\text{S}] / (K_m + [\text{S}])$ ile hesaplanır. Etkinlik 37 °C ve pH 7 civarında en yüksektir, soğukta azalır. 60 °C üzerinde enzim yapısı bozulmaya başlar, 80 °C üzerinde denatürasyon kalıcı olur. Her mmol H₂O₂ 12,25 mL O₂ verir. Köpük yüksekliği 6 mm/mL O₂ ile modellenir ve köpük zamanla çöker.

Simülasyondaki araç-gereçler

Dereceli silindir ve tüplük (her tüpte 5 mL H ₂ O ₂)	6
Su banyosu (600 mL beher): 0, 20, 37, 37, 60, 100 °C	6
pH 3, 5, 7, 9 ve 11 tampon çözeltisi	5
H ₂ O ₂ derişimi: %1, %3, %6	3
Patates ya da karaciğer özütü ve damlalık	1
Su altında gaz toplama düzeneği (ters dereceli silindir)	1
Kronometre ve cetvel	1

Öğrenme çıktıları

BiY.9.1.8

Gerçek laboratuvarında güvenlik

% 3 H₂O₂ gözü ve cildi tahriş eder, göznlük ve eldiven kullan. Sıcak su banyosu ve ısıtıcı yanık yapar, kaynayan suya dokunma. Çiğ karaciğer kullanırken eldiven tak, işin sonunda ellerini sabunla yıka ve yüzeyleri temizle.

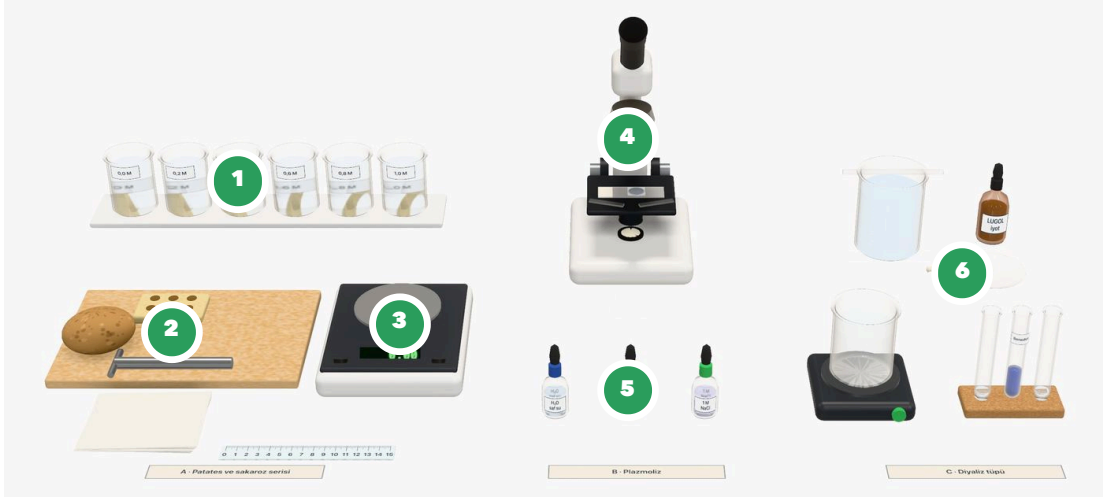
Öğretmene öneriler

- "Soğukta enzim ölür" yanılgısı yaygındır. Enzim canlı değildir. Soğuk yalnızca yavaşlatır, 60 °C üzerinde protein yapısı bozulur ve etkinlik geri gelmez. 0 °C ile 100 °C tüplerinin neden farklı olduğunu tartıştırın.
- Köpük dolaylı bir ölçüdür ve zamanla çöker. Gaz toplama yöntemi O₂ hacmini doğrudan verir. Önce köpükle, sonra gazla çalışıp iki ölçümün neden tam orantılı olmadığını sorun.
- Kontrol tüpünü atlamayın. "Köpürme kendiliğinden olabilir mi?" sorusu bu tüple yanıtlanır. "Tümüne aynı anda ekle" tüplerin eşit süre çalışmasını sağlar, $\times 4$ hız ise 60 saniyeyi kısaltır.

10

Difüzyon ve Osmoz

9. sınıf · Organizasyon



1 Sakaroz çözeltili beherler (0,0-1,0 M)

2 Patates, mantar delici ve tahta

3 Dijital terazi

4 Mikroskop

5 Damlalıklar (saf su, sakaroz, NaCl)

6 Diyaliz torbası (visking)

Üç bölümlü bir istasyon. A bölümünde patatesten kesilen altı silindir 0,0 ile 1,0 M arasında sakaroz çözeltilerine konur ve 60 dakika sonra kütle değişimi ölçülür. B bölümünde soğan epidermisi mikroskopta saf su, sakaroz ve 1 M NaCl içinde incelenir. C bölümünde nişasta ve glikoz dolu diyaliz torbasının zardan geçişi iyot ve Benedict testiyle izlenir.

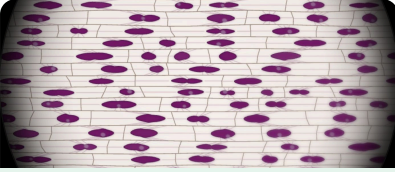
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Osmozu patates silindirlerinin kütle değişiminden ölçmek
- ✓ Kütle değişimi-derişim grafiğinden izotonik derişimi bulmak
- ✓ Hipotonik ve hipertotonik ortamda hücrede su hareketinin yönünü açıklamak
- ✓ Soğan hücrelerinde plazmoliz ve deplazmolizi mikroskopta gözlemek
- ✓ Seçici geçirgen zardan küçük ve büyük moleküllerin geçişini karşılaştırmak
- ✓ İyot ve Benedict testiyle difüzyonu kanıtlamak

Sınıf
9. sınıfSüre
1-2 ders saati (A, B ve C bölümleri ayrı yapılabilir)Çalışma
İkiliZorluk
OrtaÖn bilgi
Hücre zarı, difüzyon ve osmoz tanımları, yüzde değişim hesabı

Deneyin yapılışı

- 1 A bölümünde "Silindirleri kes" ile 6 silindir hazırlayın. "Hepsini sırayla tart" ile ilk kütleleri kaydedin.
- 2 "Çözeltilere koy"a basın, zaman hızını $\times 240$ yapın ve 60 dakikanın dolmasını bekleyin.
- 3 "Çıkar ve kurula" ile silindirleri alın, yeniden tartın. Değişimi yüzde olarak hesaplayıp tabloya kaydedin.
- 4 Grafikte eğrinin sıfır çizgisini kestiği noktadan izotonik derişimi okuyun.
- 5 B bölümünde preparata 0,3 M sakaroz, sonra 1 M NaCl damlatın. Saf suyla yıkayıp deplazmolizi gözleyin.
- 6 C bölümünde torbayı asıp Lugol damlatın. Torba içinin ve dış sıvının rengini izleyin.
- 7 Benedict testini deney başında ve 10 dakikadan sonra uygulayıp sonuçları karşılaştırın.



B bölümü: 1 M NaCl damlatıldıktan sonra hücrelerin tamamında protoplast duvardan ayrılmıştır (plazmoliz).

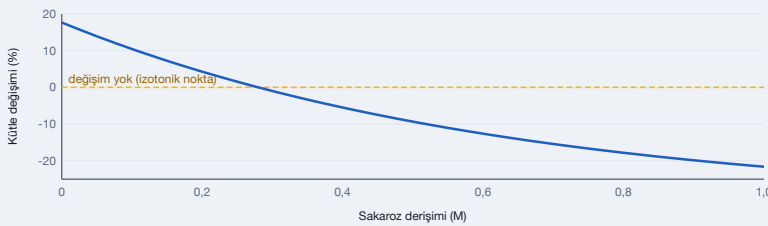


C bölümü: torba içi mavi-siyah, dış sıvı sarı-kahverengidir. Benedict testi dış sıvıda glikoz bulunduğunu gösterir.

Örnek ölçüm sonuçları

Sakaroz (M)	İlk kütle (g)	Son kütle (g)	Değişim (%)	Gözlem
0,0	3,46	4,07	+17,6	Şişti ve sertleşti
0,2	3,74	3,91	+4,5	Şişti ve sertleşti
0,4	3,53	3,34	-5,4	Yumuşadı
0,6	3,63	3,17	-12,7	Çok gevşedi, büküldü
0,8	3,75	3,08	-17,9	Çok gevşedi, büküldü

Silindirler 60 dakika çözeltide kaldı, grafikten izotonik derişim 0,29 M okunur. B bölümünde 1 M NaCl'de hücrelerin tamamı, 0,3 M sakarozda yaklaşık onda biri plazmolize olur. C bölümünde Benedict testi 5. dakikada sarı, 10. dakikada turuncu, 30. dakikada tuğla kırmızısıdır.



60 dakika sonunda patates silindirinin kütle değişimi. Eğri sıfır çizgisini yaklaşık 0,28 M'de keser.

Deneyin dayandığı ilke

Su, zardan su potansiyeli yüksek ortamdan düşük ortama osmozla geçer. Patates hücreleri hipotonik ortamda su alır, hipertonic ortamda su kaybeder. İzotonik derişimde (burada 0,28 M sakaroz) kütle değişmez. Plazmolizde protoplast büzülür, hücre duvarı şeklini korur. Diyaliz zarı iyot ve glikoz gibi küçük moleküllere geçirgendir, nişasta gibi büyük moleküllere geçirgen değildir. Modelde kütle değişimi 15 dakika zaman sabitiyle denge değerine yaklaşır.

Simülasyondaki araç-gereçler

Mantar delici, bıçak, kesme tahtası	1
Patates (6 eş silindir, 5 cm $\times$ 1 cm)	1
Beher ve sakaroz çözeltisi (0,0 - 1,0 M)	6
Dijital terazi (0,01 g)	1
Işık mikroskobu, lam ve lamel	1
Kırmızı soğan epidermisi	1
Saf su, 0,3 M sakaroz ve 1 M NaCl damlalığı	3
Diyaliz hortumu (visking) ve beher	1
Lugol (iyot) çözeltisi	1
Benedict ayırıcı, deney tüpü, su banyosu	1

Öğrenme çıktıları

BİY.9.2.3

Gerçek laboratuvarıda güvenlik

Mantar delici ve bıçak keskindir, kesme tahtası üzerinde ve kendinden uzağa doğru çalış. Lugol (iyot) giysiye ve cildi boyar, eldiven tak. Benedict testindeki su banyosu çok sıcaktır, tüpü maşa ile tut ve ağzını kimseye çevirme. Lam ve lamel camdır, kırılabilir.

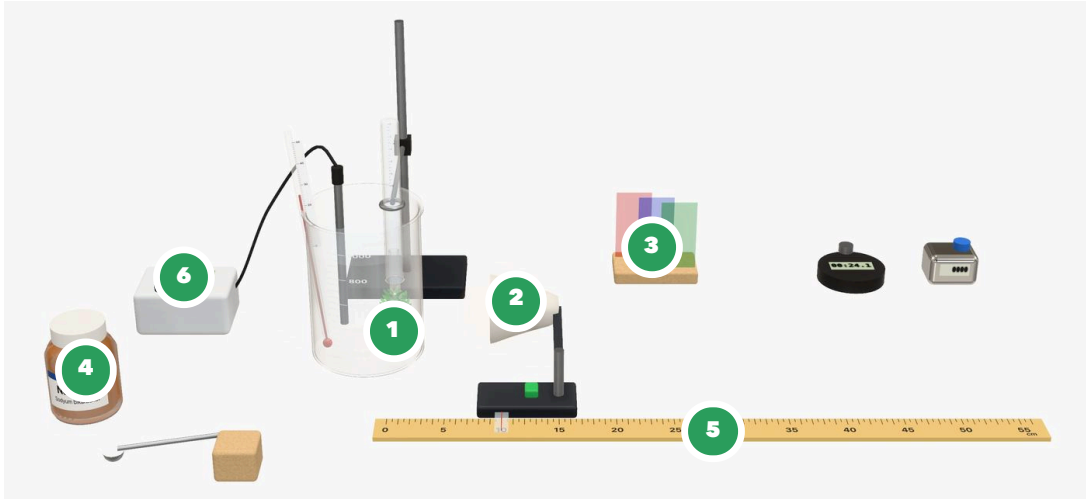
Öğretmene öneriler

- "Sakaroz hücreye girer" yanlışlığı yaygındır. Zar sakarozu geçirmez, hareket eden sudur. Grafiğin sıfır kestiği noktanın "ölü hücre" değil izotonik nokta olduğunu vurgulayın.
- Her gruba bir derişim verip sınıf grafiğini birlikte çizdirmek saçılmayı da konuşmaya açar. Burada eğri düzgündür. Gerçekte noktalar saçılır ve izotonik derişim türe göre 0,2 ile 0,35 M arasında değişir.
- Üç bölümü ayrı derslere bölebilirsiniz. C bölümünde torba içinin mavi-siyah, dış sıvının sarı-kahverengi kalması iyodun geçtiğini ve nişastanın geçemediğini gösterir. Benedict ise glikozun dışarı çıktığını kanıtlar.

11

Fotosentez Hızı

10 ve 12. sınıf · Enerji (10) · Canlılarda Enerji Dönüşümleri (12, 2018 programı)



1 Elodea dalı (beher)

2 Lamba (LED)

3 Renkli filtreler

4 NaHCO₃ kavanozu

5 Cetvel (lamba uzaklığı)

6 Dijital termometre

Bir litrelik beherde su altındaki Elodea dalının kesik ucundan çıkan O₂ kabarcıkları 1 dakika boyunca sayılır. Lamba metre cetveli üzerinde 5 ile 50 cm arasında kaydırılır, kırmızı, mavi ya da yeşil filtre takılır, NaHCO₃ derişimi ve su sıcaklığı değiştirilir. Akkor ve LED lamba, ısı süzgeci, elle sayaç ve kıymık testi de vardır.

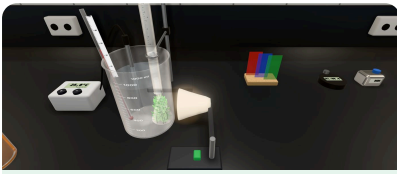
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Fotosentez hızını dakikadaki kabarcık sayısı ile ölçmek
- ✓ Işık şiddetinin uzaklığın karesiyle ters orantılı azaldığını ($1/d^2$) göstermek
- ✓ Hız-ışık grafiğinde doyuma ulaşan bölgeyi sınırlayıcı faktörle açıklamak
- ✓ Kırmızı, mavi ve yeşil ışığın etkisini klorofilin soğurma özelliğiyle ilişkilendirmek
- ✓ CO₂ derişiminin ve sıcaklığın (enzim optimumu) hızı etkisini karşılaştırmak
- ✓ Kıymık testiyle toplanan gazın O₂ olduğunu doğrulamak

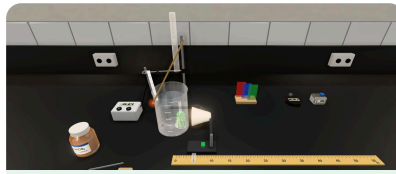
Sınıf
10 ve 12. sınıfSüre
1-2 ders saatiÇalışma
İkiliZorluk
OrtaÖn bilgi
Fotosentez denklemi, klorofil ve ışığın soğurulması, enzimlerde sıcaklık etkisi

Deneyin yapılışı

- 1 Lambayı cetvelde 10 cm'ye getirin, filtresiz ve %0,5 NaHCO₃ ile başlayın. Çıkan kabarcıkları izleyin.
- 2 "Sayımı başlat (1 dk)" ile 1 dakikalık sayım yapıp "Ölçümü kaydet"e basın. Zaman hızını ×60 yaparak süreyi kısaltabilirsiniz.
- 3 Lambayı 5, 20, 30, 40 ve 50 cm'ye taşıyıp sayımı tekrarlayın. Grafikte hızın uzaklıkla değişimine ve 5 cm'deki düzleşmeye bakın.
- 4 Uzaklığı 10 cm'de sabitleyip kırmızı, mavi ve yeşil filtreyi sırayla takın ve her renkte sayın.
- 5 Filtreyi çıkarıp NaHCO₃ derişimini %0, 0,1, 0,5 ve 1,0 yapın. Her değişikikten sonra suyun karışması için yaklaşık 10 saniye bekleyin.
- 6 Su sıcaklığını 10, 25, 35 ve 45 °C yapın. Akkor lambada ısı süzgecini açıp kapatarak termometreyi izleyin.
- 7 Soluk dalla sayımı tekrarlayın. Tüpte en az 2 mL gaz birikince "Kıymık testi"ni uygulayın.



Lamba 5 cm'de, filtresiz: ışık şiddeti 10 cm değerinin 4 katıdır ama sayılan kabarcık yalnızca 56'dan 77'ye çıkar (hız doyuma yaklaşıyor).

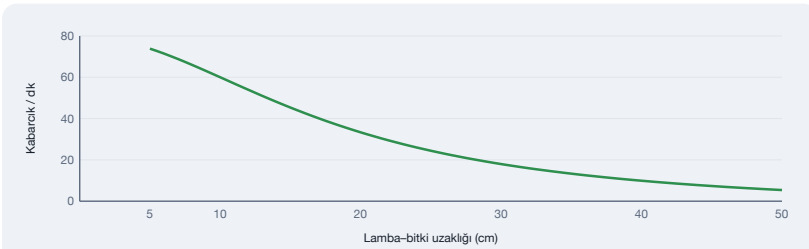


Kıymık testi: tüpte biriken gaza sokulan közlenmiş çubuk alev alır, gaz O₂'dir.

Örnek ölçüm sonuçları

Koşul	Uzaklık (cm)	Işık (görelî %)	Filtre	NaHCO ₃ (%)	Sıcaklık (°C)	Kabarcık/dk
Işık	5	400,0	Yok	0,5	25	77
Işık	10	100,0	Yok	0,5	25	56
Işık	20	25,0	Yok	0,5	25	35
Işık	40	6,3	Yok	0,5	25	8
Renk	10	29,8	Kırmızı	0,5	25	39

Tüm sayımlar LED lambayla ve taze dalla yapıldı. Aynı koşulda tekrar sayımlar birkaç kabarcık farklıdır (10 cm için 56 ve 58). Ayrıca 10 °C'de 23, 35 °C'de 93, mavi filtrede 37, soluk daldaki 16 kabarcık/dk sayıldı.



Beyaz ışıktaki, 25 °C ve %0,5 NaHCO₃ ile kabarcık hızının lamba uzaklığıyla değişimi. 10 cm'de hız 60 kabarcık/dk'dır.

Deneyin dayandığı ilke

Net O₂ çıkış hızı ışığa, CO₂ derişimine ve sıcaklığa bağlıdır. Işık şiddeti $I = I_0 / d^2$ ile azalır. Hız ışıkla $I / (I + K)$ doyum eğrisine uyar. CO₂ için Michaelis-Menten tipi bir ilişki, sıcaklık için 25 °C'de Q₁₀ = 2 ve 35 °C üzerinde enzim denatürasyonu kullanılır. Solunum fotosentezin %5'i kadar alınmıştır. Kabarcık başına ortalama 0,005 mL O₂ kabul edilmiştir.

Simülasyondaki araç-gereçler

1 L beherglas (su banyosu) ve cam huni	1
Elodea dalları (taze ve soluk)	2
Dereceli gaz toplama tüpü	1
Masa lambası (akkor ve LED ampul)	2
Metre cetveli	1
Renkli filtreler: kırmızı, mavi, yeşil	3
Isı süzgeci (su dolu cam kap)	1
Sodyum bikarbonat (NaHCO ₃) ve kaşık	1
Termometre ve sıcaklık kontrol ünitesi	1
Kronometre, elle sayaç ve kıymık	1

Öğrenme çıktıları

BIY.10.1.3 12.2.2.3

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Akkor lamba çok ısınır: ellerini yaklaştırmama. Lamba, priz ve kabloları suyun yakınında tutma, ıslak elle dokunma: elektrik çarpması riski vardır. Cam beher, huni ve tüp kırılabilir, kırık camı kendin toplama. Kıymık testinde közlenmiş çubuk yanık riski taşır. Sıcak su ve ısıtıcı probu ile çalışırken dikkatli ol.

Öğretmene öneriler

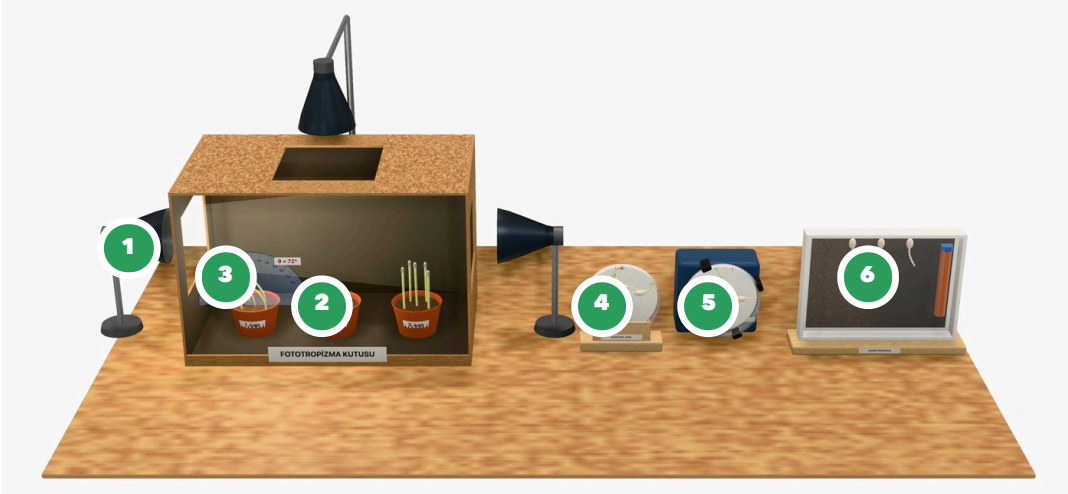
- Öğrenciler lambayı yaklaştırdıkça hızın sınırsız arttığını sanır. 5 cm sayımı bu yüzden önemlidir: ışık 4 kat artar ama hız yalnızca 56'dan 77'ye çıkar. "Sınırlayıcı faktör" kavramını bu veriyle tartışın.
- Akkor lambada su ısınır ve sıcaklık gizli bir değişken olur. LED kullanın ya da akkorda ısı süzgecini açın. Süzgeç yokken termometrenin yükseldiğini gösterip tek değişken ilkesini vurgulayın.
- Kabarcık sayımı yaklaşıktır ve tekrarlarında birkaç kabarcık fark çıkar. Sınıfın sonuçlarını tek tabloda toplayıp ortalama almak ve farkın nedenlerini sormak ölçüm belirsizliğine giriş olur.

12

Bitkilerde Yönelme Hareketleri

11. sınıf · Tepki

FOTOTROPİZMA KUTUSU



- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1 Yandan ışık lambası | 2 Fide saksıları (fototropizma) | 3 Açölçer |
| 4 Dik duran kontrol kutusu (Petri) | 5 Klinostat | 6 Nem gradyanı panosu |

Zaman-atlamalı çalışan istasyonda 1 gün 6 saniyeye sıkıştırılmıştır. Fototropizma kutusunda üç saksıda yulaf koleoptili yetişir. Işığın yönü ve her saksıya uygulanan işlem (uç kesme, folyo kapak, agar bloğu) seçilir. Petri kutularında fasulye kökü ve gövdesi dik kutuda ve klinostatta, nem düzeyinde ise kökün su kaynağına tepkisi incelenir.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Yulaf koleoptilinde Darwin ve Went deneylerini yineleyip oksinin rolünü yorumlamak
- ✓ Işık yönünün ve ucun varlığının fototropik eğilmeye etkisini ölçmek
- ✓ Klinostatla yerçekimi etkisini ortalayıp kök ve gövdenin tepkisini görmek
- ✓ Kökte pozitif, gövdede negatif jeotropizmi gözlemlemek
- ✓ Nem gradyanında köklerin su kaynağına doğru eğilmesini (hidrotropizma) incelemek
- ✓ Boy ve eğilme açısını cetvel ve açölçerle ölçüp veri tablosuna işlemek

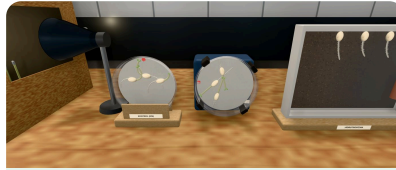
- Sınıf
11. sınıf
- Süre
2 ders saati (üç düzenek ayrı ayrı yapılabilir)
- Çalışma
İkili
- Zorluk
Orta
- Ön bilgi
Bitki hormonları (oksin), uyarana tepki kavramı, açölçme

Deneyin yapılışı

- 1 Fototropizma kutusunda ışığı soldan verin. 1. kap kontrol kabıdır, 2. ve 3. kap için işlem seçin.
- 2 Zaman kaydırıcısını 1, 2, 4 ve 7. güne getirip boy ve eğilme açısını "Ölçümü kaydet" ile tabloya işleyin.
- 3 Başa sarıp ışığı sağdan, üstten ve karanlık olarak değiştirin. Uç kesme, folyo kapak ve uç altı örtme işlemlerini karşılaştırın.
- 4 Went düzeneğinde karanlıkta agar bloğunu ortaya, sola ve sağa koyup eğilme yönünü karşılaştırın.
- 5 Jeotropizmde dik kutu ile klinostatı 2., 4. ve 6. günde ölçün. Dik kutuyu 2. günde 90° döndürüp kökleri izleyin.
- 6 Hidrotropizmde su kaynağını sağa, sola ve hiç koymadan deneyin. Kökün eğilme açısını ölçün.



Went düzeneği, karanlık, 4. gün: ucu kesilip agarla geri konan fidede blok sağdadır, fide sola (bloğun karşı yönüne) eğilir.

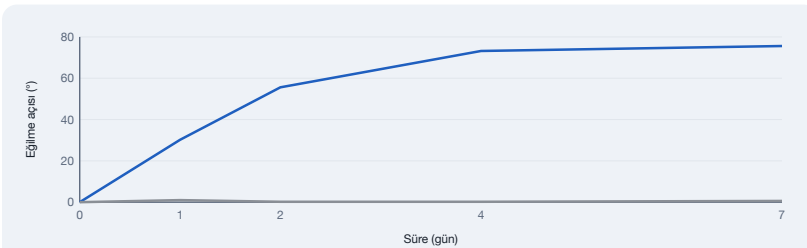


Jeotropizma, 4. gün: dik kutuda kök aşağı, gövde yukarı büyür. Klinostatta ise yön tutmadan, rastgele doğrultularda büyür.

Örnek ölçüm sonuçları

Düzenek	Uygulama	Işık / koşul	Gün	Boy (mm)	Eğilme (°)
Fototropizma	Kontrol (ucu sağlam)	Soldan	4	51,2	73,2
Fototropizma	Uç kesik	Soldan	4	13,8	0,8
Fototropizma	Uç folyo kapakla örtülü	Soldan	4	51,8	0,2
Fototropizma	Kontrol (ucu sağlam)	Karanlık	4	58,4	0,6
Went	Agar sağda (uç kesik)	Karanlık	4	50,2	21,2
Jeotropizma	Dik kutu, kök	Yerçekimi aşağı	4	25,0	1,3

Boy ve açı, kaptaki fidelerin ortalamasıdır. Klinostatta kökün yerçekimi yönünden saptması yaklaşık 87° çıkar, yani kök belirli bir yöne yönelmez. Işık üstten verince fide dik büyür (0,6°). Su kaynağı yokken kök dik büyür.



Soldan ışık alan kontrol kabında (mavi) ve ucu folyoyla örtülü kaptaki (gri) ortalama eğilme açısının gün sayısı ile değişimi.

Deneyin dayandığı ilke

Yönelme hareketleri farklı büyümeden doğar: organın bir yanı diğerinden daha çok uzarsa organ eğilir. Simülasyonda her organ 24 dilime bölünür ve eğrilik değişimi büyüme ile uyarı asimetrisinin çarpımıdır. Uyarı (ışık, oksin, yerçekimi, nem) uçta algılanır ve yaklaşık 6 saatlik gecikmeyle etki eder. Işık ve yerçekimi birlikte etki edince eğilme açısı yaklaşık 70° dolayında doyuma ulaşır. Agar bloğu oksin kaynağı gibi davranır ve eğilme bloğun karşı yönünde olur.

Simülasyondaki araç-gereçler

Yulaf koleoptili yetiştirilen saksı	3
Fototropizma kutusu (yan ve üst pencere) ve lambalar	1
Alüminyum folyo şapka ve kılıf	1
Oksinli agar bloğu	1
Açıölçer ve cetvel (mm)	1
Islatılmış fasulye tohumlu petri kutusu	2
Klinostat (motorlu disk)	1
Gözenekli kil boru ve toprak kabı (nem düzeneği)	1

Öğrenme çıktıları

BİY.11.1.4

Gerçek laboratuvarında güvenlik

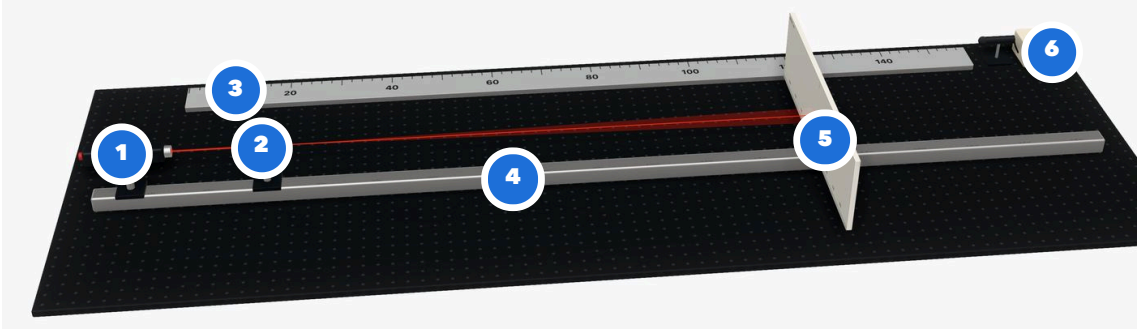
Tohumlar çoğu zaman mantar ilacı (fungisit) ile kaplıdır. Tohumları ağızına götürme, tohum ve toprakla çalıştıktan sonra ellerini yıka. Lambalar uzun süre yandığında ısınır, camına ve metal gövdesine dokunma. Folyo kenarları keskin olabilir. Petri kutusunu ve cam malzemeyi dikkatli taşı.

Öğretmene öneriler

- Darwin ve Went deneylerini sırayla ilerletin: uç kesik (eğilme yok), folyo kapak (uzar ama eğilmez), agar bloğu (karanlıkta bile eğilir). Her sonuç bir öncekinin açıklamasını tamamlar.
- Zaman ilerlerken ışığı ya da motoru değiştirmek, etkinin o günden itibaren başladığını gösterir. Dik kutuyu 2. günde 90° döndürüp köklerin yeniden aşağı döndüğünü izlemek jeotropizm için güçlü bir kanıttır.
- Klinostat sonucunu "bitki yerçekimini algılamaz" diye yorumlamak yanlıştır. Dönme, yerçekimi uyarısını her yönden eşit hale getirir. Ayrıca simülasyon 1 günü 6 saniyeye sıkıştırır, gerçek deneyler 3 ile 7 gün sürer.

Girişim, Kırınım ve Doppler

12. sınıf · Dalga Mekaniği



1 Lazer (650 nm)

2 Tek/çift yarıklı slaydı

3 Zil arabası

4 Optik ray

5 Milimetre bölmeli ekran

6 Frekans sayıcı

Öğrenci tek yarıklı, çift yarıklı ve optik ağı desenlerini aynı optik rayda karşılaştırır. Sonra hareketli ses kaynağının durgun mikrofonda oluşturduğu frekans kaymasını inceler. Sayısal dalga boyu ve Doppler hesabı ayrı bir isteğe bağlı genişletmedir.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Yarıklı genişliği, yarıklı aralığı, dalga boyu ve ekran uzaklığının desene etkisini karşılaştırmak
- ✓ Tek yarıklı zarfı ile çift yarıklı saçaklarını ayırt etmek
- ✓ Optik ağı maksimumlarının çizgi sıklığıyla değişimini gözlemek
- ✓ Yaklaşan ve uzaklaşan ses kaynağında frekans kaymasının yönünü açıklamak



Sınıf
12. sınıf



Süre
40 dk (öneri)



Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir



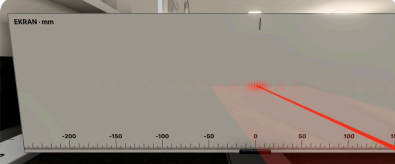
Zorluk
Orta



Ön bilgi
Dalga boyu, frekans, girişim ve kırınım

Deneyin yapılışı

- 1 Düzenekten Tek yarık seçin, lazer rengini, ekran uzaklığını ve yarık genişliğini değiştirerek merkezi maksimumu karşılaştırın.
- 2 Çift yarığa geçin, yalnız yarık aralığını değiştirip saçak aralığını, sonra lazer rengini ve ekran uzaklığını değiştirip yeniden karşılaştırın.
- 3 Optik ağda 100, 300 ve 600 çizgi/mm seçeneklerinin maksimum konumlarını ve keskinliğini gözleyin.
- 4 Doppler (ses) düzeninde kaynak frekansını, Kaynağın hızı v_k değerini ve yönü seçin. Aracı çalıştırın ve hareket bitince ölçümü kaydedin.
- 5 Ana görevde nitel karşılaştırma yapın. Dalga boyu hesabını ancak Genişletme anahtarı açıldığında kullanın.



Çift yarık seçildiğinde milimetre bölmeli ekranda kırmızı lazerin parlak noktası ince girişim saçaklarıyla görünür. Yarık aralığı değişimi doğrudan karşılaştırılır.



Doppler görünümünde raylı zil arabası durgun mikrofonu yaklaşır. Frekans sayıcı kaynak frekansından büyük değer gösterir.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Ayarlar	Ölçülen	Hesaplanan	Sonuç	Not
Doppler (ses)	$f = 1000 \text{ Hz} \cdot v_k$ $= 30 \text{ m/s} \cdot$ yaklaşan $\cdot T = 20$ $^{\circ}\text{C}$	$f' =$ 1095,8 Hz	Genişletme kapalı	$f' > f$ (frekans arttı)	Durgun gözlemci, hareketli kaynak

Doppler (ses) düzeneğinde kaynak 1000 Hz ile 30 m/s hızla mikrofonu yaklaşırken frekans sayıcı 1095,8 Hz gösterir. Genişletme kapalı olduğu için hesap sütununda 'Genişletme kapalı' yazar.

Deneyin dayandığı ilke

Uzak alan modelinde tek yarık şiddeti $[\sin \beta/\beta]^2$, çift yarık şiddeti $\cos^2 \delta$ çarpanıyla ve optik ağ sonlu N çizgili girişim terimiyle hesaplanır. Kırmızı lazerin etiket değeri $650 \pm 10 \text{ nm}$ 'dir. Simülasyonda bu aralık içinde kalan 656 nm kullanılır (yeşil: etiket $532 \pm 1 \text{ nm}$, simülasyon 531 nm). Hesaplanan λ etiket aralığıyla karşılaştırılmalıdır. Ses bölümünde mikrofon durgun, kaynak hareketli ve hava durgundur: $f' = f v / (v \mp v_k)$ (kaynak yaklaşırken $-$, uzaklaşırken $+$), $v = 331 + 0,6T$. Ekrandaki düşey desen büyütülmüştür, slayt çizimi ölçeksizdir ve ışığın Doppler kayması bu ses bağıntısıyla modellenmez.

Simülasyondaki araç-gereçler

Sınıf 2 lazer: kırmızı (etiket $650 \pm 10 \text{ nm}$) ve yeşil (etiket 532 nm)	2
Mikrometreli tek ve çift yarık slaydı	1
Optik ağ: 100, 300 ve 600 çizgi/mm	3
Slayt tutucu ve optik ray	1
Milimetre bölmeli kayar ekran	1
Raylı zil arabası, mikrofon ve frekans sayıcı	1 takım

Öğrenme çıktıları

12.3.1.3

12.3.1.4

12.3.1.5

12.3.1.6

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Lazer ışınına doğrudan bakma ve ışını kimsenin gözüne yöneltme. Parlak yüzeylerden yansıyan ışın da gözü zorlar. Lazeri kullanmadığın zaman kapat. Yüksek şiddetli sese kulağını uzun süre maruz bırakma.

Öğretmene öneriler

- Aynı anda tek değişken değiştirilmesini isteyin. Ekran uzaklığı, yarık aralığı ve renk birlikte değiştirilirse çıkarım belirsizleşir.
- Fraunhofer modelini ve desenin çizimde düşey büyütüldüğünü açıkça belirtin.
- Kaynak hızı (0–60 m/s) gerçek tezgah arabasından çok büyüktür ve araç mikrofonun önünden geçmediği için f' sabittir. Bu bir model kolaylığıdır.
- Doppler bağıntısının durgun hava ve aynı doğru üzerindeki hareket için geçerli olduğunu, ışığa uygulanmadığını vurgulayın.

14

Fotoelektrik Olayı ve Modern Fizik Modelleri

12. sınıf · Modern Fizik

14



- | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 Cıva buhar lambası | 2 Filtre tekerleği | 3 Vakumlu fotosel |
| 4 Ters gerilim kaynağı ve nA-metre | 5 Goniometreli Compton modeli | 6 Siyah cisim ışıyıcısı |
| 7 Spektrometre | | |

Fotoselde katot, dalga boyu, uzaklık ve ters gerilim değiştirilir. Diğer kiplerde Compton spektrumu, Davisson-Germer elektron kırınımı ve Planck siyah cisim eğrisi nitel olarak incelenir. Program dışı hesaplar ayrı genişletme bölümlerindedir.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Fotoakımın foton enerjisi ve metalin iş fonksiyonuyla koşullandığını göstermek
- ✓ Durdurma geriliminin ışık şiddetinden bağımsızlığını sınamak
- ✓ Compton olayını foton-elektron enerji aktarımı olarak yorumlamak
- ✓ Elektron kırınımından maddenin dalga doğasına çıkarım yapmak
- ✓ Sıcaklıkla siyah cisim spektrumunun tepe konumu ve toplam ışımasının değişimini karşılaştırmak

Sınıf
12. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili. Çok düzenekli
istasyonlarda görevler
gruplar arasında bölünebilirZorluk
İleriÖn bilgi
Foton enerjisi, elektriksel
potansiyel ve grafik okuma

Deneyin yapılışı

- 1 Fotoelektrik kipinde katodu ve filtreyi seçin. Lambayı açıp uzaklığı ve ters gerilimi değiştirin.
- 2 Okuma ilk kez karanlık akım düzeyine indiğinde ölçümü kaydedin. Aynı katotta farklı filtrelerle yineleyin.
- 3 Compton saçılmasında kaynağı ve açığı değiştirip iki spektrum tepesinin ayrılmasını nitel olarak karşılaştırın.
- 4 de Broglie modelinde hızlandırma gerilimini seçin ve Dedektörü 20°-90° tara düğmesiyle kırınım tepesini bulun.
- 5 Siyah cisimde sıcaklığı değiştirin, Planck tepesini ve kısa dalga boyunda klasik eğriden ayrılmayı gözleyin.



Fotoelektrik düzeneğinde filtre tekerleği seçili dalga boyunu fotoselin katoduna gönderir. Ters gerilim fotoakımı azaltır.



Modern fizik görünümünde goniometreli Compton modeli ve saçılan fotonun dalga boyu eğrisi birlikte incelenir.

Örnek ölçüm sonuçları

Mod	Düzenek	Dalga boyu	Ayar	Ölçüm	Not
Fotoelektrik	Sezyum · 30 cm	436 nm · $6,88 \times 10^{14}$ Hz	U = 0,00 V	I = 888 nA	I-U noktası

Sezyum katotta 436 nm ışıkla, ters gerilim 0 V iken nanoampermetre 888 nA okur (doğrunluk akımının yaklaşık %8 altında. 2 nA karanlık akım dahil). Bu bir I-U noktasıdır.

Deneyin dayandığı ilke

Fotoelektrik modelinde $K_{\text{maks}} = hf - \phi$ ve $eU_d = K_{\text{maks}}$, ışık şiddeti doğrunluk akımını değiştirir. Compton kayması $\lambda_C(1 - \cos\theta)$, elektron dalga boyu h/p ve siyah cisim eğrisi Planck yasasıyla üretilir. Fotosel okumasında karanlık akım 2 nA, durdurma gerilimi adımı yaklaşık $\pm 0,01$ V'tur. Compton, de Broglie ve siyah cisimde sayısal hesaplar isteğe bağlıdır.

Simülasyondaki araç-gereçler

Cıva buhar lambası ve filtre tekerleği	1
Vakumlu fotosel: Cs, K, Ca ve Zn katot	4 katot
Ayarlı ters gerilim kaynağı, voltmetre ve nanoampermetre	1 takım
Goniometreli Compton model düzeneği	1
Elektron tabancası, grafit hedef ve Ni kristal	1 takım
Siyah cisim ısıtıcısı ve spektrometre	1

Öğrenme çıktıları

12.5.2.1	12.5.3.1	12.5.3.2
12.5.3.3	12.5.3.4	12.5.3.5
12.5.3.6	12.5.4.1	12.5.4.2
12.5.4.3	12.5.4.4	

Gerçek laboratuvarıda güvenlik

Cıva lambası ve X-ışını tüpü gerçek laboratuvarıda yüksek gerilim, morötesi ışınım ve iyonlaştırıcı ışınım içerir. Bu deneyleri yalnızca öğretmen gözetiminde, koruyucu gözlük ve kalkan kullanarak yapın. Sanal ortamda bu riskler yoktur. Gama kaynakları gerçek okulda bulunmaz, burada yalnızca model olarak kullanılır.

Öğretmene öneriler

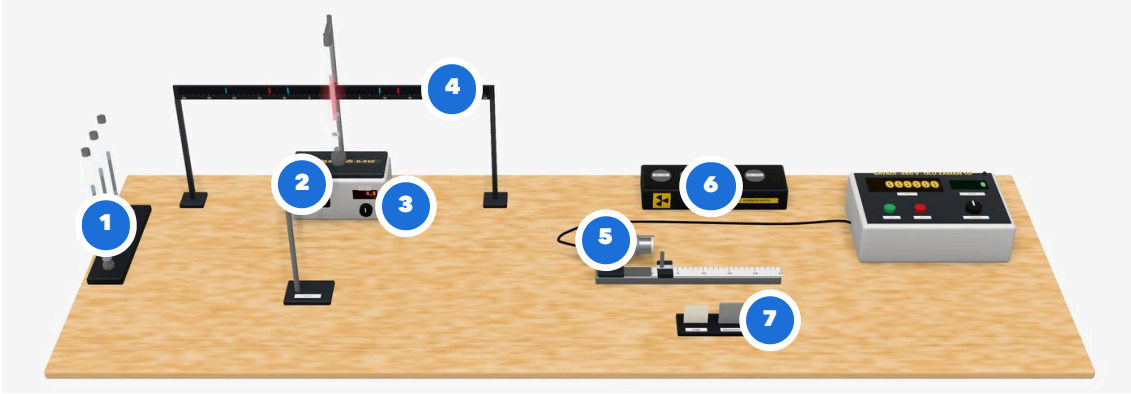
- Işık şiddeti ile foton enerjisini ayırın: uzaklık akımı değiştirir, aynı dalga boyunda durdurma gerilimini değiştirmez.
- Çinko için yalnız 254 nm çizgisinin elektron kopardığını, diğer filtrelerin "başarısız ölçüm" değil eşik kanıtı olduğunu belirtin.
- Model hesaplarını deneysel ölçüm gibi sunmayın. Özellikle Compton ve de Broglie sayısal bölümleri program dışı genişletmedir.

15

Spektrum Tüpleri ve Geiger Sayacı

12. sınıf · Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite

15



- | | | |
|---|------------------------------|---------------------------|
| 1 Boşalma tüpleri (H ₂ , He, Ne, Hg) | 2 Kırınım ağı (600 çizgi/mm) | 3 0-5 kV tüp güç kaynağı |
| 4 Cetveli stant (60 cm) | 5 Geiger-Müller tüpü ve ray | 6 Kapalı kaynaklar kutusu |
| 7 Kağıt, Al ve Pb soğurucular | | |

Çizgi spektrumunda tüp gerilimi artırılır, cetvel üzerindeki sanal çizgi konumu ölçülür. Sayaç bölümünde önce arka plan, sonra kaynak, uzaklık, soğurucu ve yarı ömür serileri aynı kayıt sistemiyle incelenir.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Gazların kesikli çizgi spektrumlarını karşılaştırmak
- ✓ Ağ denklemiyle spektrum çizgisini dalga boyuna bağlamak
- ✓ Alfa, beta ve gama ışınlarının soğurulmasını karşılaştırmak
- ✓ Arka planı çıkararak net sayım hızını bulmak
- ✓ Ba-137m sayımındaki üstel azalmadan yarı ömrü yorumlamak



Sınıf
12. sınıf



Süre
40 dk (öneri)



Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir



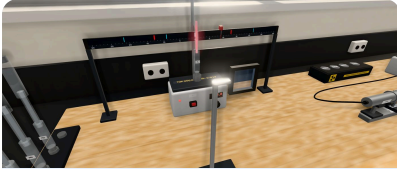
Zorluk
İleri



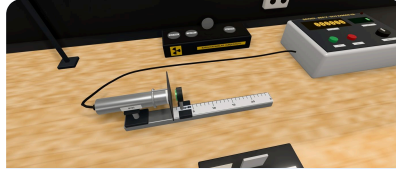
Ön bilgi
Atom enerji düzeyleri, dalga ve üstel değişim

Deneyin yapılışı

- 1 Spektrum tüplerini seçin, Yüksek gerilimi açın ve Tüp gerilimini artırın.
- 2 İmleci en yakın çizgiye getirip mertebeyi seçin. Çizgi konumu, dalga boyu ve enerji kaydını alın.
- 3 Geiger-Müller sayacında kaynak yokken en az 100 s arka plan sayımı yapın.
- 4 Kaynak, uzaklık, soğurucu ve kalınlığı seçip aynı sürede sayım yapın. Net hızı karşılaştırın.
- 5 Yarı ömür kipinde elüsyon yapın ve eşit aralıklarla sayım alın. İsteğe bağlı doğru uydurmayı yalnız yeterli nokta varsa kullanın.



Spektrum tüpü, ağı ve cetvel düzeninde imleç bir parlak çizgiye hizalanır.



GM tüpü ray üzerinde kapalı kaynağa bakar. Kağıt, alüminyum ve kurşun levhalar aynı uzaklıkta karşılaştırılır.

Örnek ölçüm sonuçları

Mod	Numune / tüp	Ayar	Ölçüm	Sonuç	Not
Spektrum	H ₂ tüpü	4,0 kV · 1. mertebe · x = 9,10 cm	$\theta = 16,87^\circ$ $\lambda = 484 \text{ nm}$	$\Delta E = 2,56 \text{ eV}$ $\cdot n = 4 \rightarrow 2$	Tablo 486,1 nm · fark %0,5

H₂ tüpünde 4,0 kV, 1. mertebe: imleç 9,10 cm'de, dalga boyu 484 nm (tablo değeri 486,1 nm, fark %0,5).

Deneyin dayandığı ilke

Ağ için $n\lambda = d \sin\theta$ kullanılır. Hidrojen çizgileri Balmer-Rydberg modeliyle eşleştirilir. GM sayımları Poisson rastlantısalılığı taşır, net hız ham hızdan aynı oturumun arka planı çıkarılarak bulunur. Gama soğurması üstel, beta menzili yaklaşık, alfa havada sonlu menzilli modellenir. Kaynak etkinlikleri temsilidir ve gerçek bozunma sayısı doğrudan ölçülmez.

Simülasyondaki araç-gereçler

H ₂ , He, Ne ve Hg boşalma tüpü	4
0-5 kV tüp güç kaynağı	1
600 çizgi/mm kırınım ağı ve 60 cm cetveli stant	1
Geiger-Müller tüpü ve sayaç	1
Kapalı Am-241, Sr-90, Co-60 kaynakları	3
Cs-137/Ba-137m üretici	1
Kağıt, Al ve Pb soğurucu seti	1 takım

Öğrenme çıktıları

12.4.1.2	12.4.3.1	12.4.3.2
12.4.3.4		

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Radyoaktif kaynaklarla yalnızca öğretmenin izni ve gözetimi altında çalış. Kapalı okul tipi kaynakları kısa süreyle tut, ellerinle kaynak yüzüne ve ince mika pencereye dokunma, kaynağı kimseye doğrultma. Süreyi kısa tut, mesafeyi aç, uygun zırh kullan. Kullanılmayan kaynaklar kapaklı saklama yuvalarında durur, kaynağı işin hemen ardından yuvasına koyup kapağını kapat, çalışma sonrası ellerini yıka. Kapalı kaynağı asla açma ve kapsülüne zarar verme. GM tüpü yaklaşık 450 V ile çalışır, tüpün ve kabloların yalıtımı sağlam olmalı. Spektrum tüpleri 3-5 kV ile çalışır, açıkken tüpe ve bağlantılara dokunma, tüp gerilim kapalıyken değiştir. Cıva tüpü kısa dalga morötesi yayar, uzun süre doğrudan bakma ve kırılırsa cıvaya dokunma.

Öğretmene öneriler

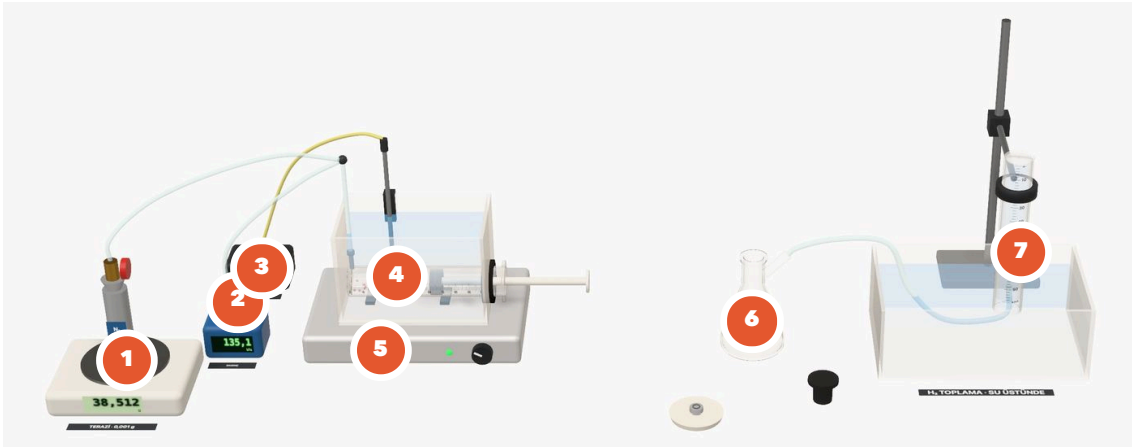
- Önce arka planı ölçmeden net hız yazdırmayın. Belirsizlik yaklaşık $\sqrt{N/T}$ ölçüğündedir.
- Soğurma serisinde uzaklığı sabit tutun. Uzaklık değişimi ayrı bir deneydir.
- Kapalı kaynakların etkinliklerinin temsili olduğunu ve gerçek laboratuvarında lisanslı kaynak/öğretmen gözetimi gerektiğini söyleyin.

16

Gaz Yasaları ve Mol

10. sınıf · Etkileşim

16



- | | | |
|--|------------------------------|----------------------|
| 1 Terazi (0,001 g) ve N ₂ kartuşu | 2 Basınç sensörü (0-450 kPa) | 3 Dijital termometre |
| 4 Cam gaz şırıngası (100 mL) | 5 Isıtıcı su banyosu | 6 Yan kollu balon |
| 7 Dereceli silindir (100 mL) | | |

İstasyon iki bağlantılı düzenden oluşur. Pistonlu 100 mL gaz şırıngasında basınç, hacim, sıcaklık ve gaz miktarı değiştirilerek Boyle, Charles, Gay-Lussac ve Avogadro ilişkileri kaydedilir. İkinci düzende tartılan Mg şerit 10 mL HCl ile tepkimeye sokulur. Su üzerinde toplanan H₂ hacmi, su buharı ve sıvı sütunu düzeltmeleriyle mol hesabına bağlanır.

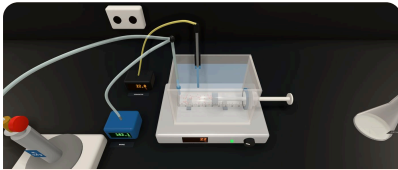
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Sabit tutulan değişkenleri belirleyerek P-V, V-T, P-T ve V-n ilişkilerini ölçmek
- ✓ Sıcaklığı kelvine çevirip Charles ve Gay-Lussac doğrularını yorumlamak
- ✓ Farklı koşullarda PV/(nT) değerinden ideal gaz sabitini sınamak
- ✓ $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$ denklemini tanecik ve mol bakımından denkleştirmek
- ✓ Su üzerinde toplanan H₂ için kısmi basınç düzeltmesi yapmak
- ✓ Ölçüm çözünürlüğü ile ideal gaz varsayımının sonuç üzerindeki sınırlarını tartışmak

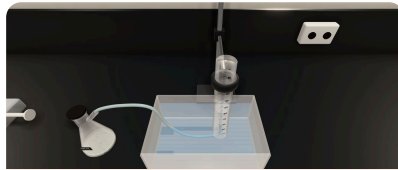
- Sınıf
10. sınıf
- Süre
40 dk (öneri)
- Çalışma
İkili, gaz yasaları ve tepkime görevleri paylaşılabilir
- Zorluk
Orta - zor
- Ön bilgi
Mol, sıcaklık ölçekleri, denklem denkleştirme

Deneyin yapılışı

- 1 Boyle deneyini seçin, pistonu farklı konumlara getirip her hacimde basıncı kaydedin.
- 2 Charles deneyinde pistonu serbest bırakın, banyo sıcaklığını değiştirin ve gazın dengeye gelmesini bekleyin.
- 3 Gay-Lussac deneyinde pistonu kilitleyip sıcaklığı değiştirin. Avogadro deneyinde vanadan 0,50 mmol'lük N_2 bölümleri verin.
- 4 İdeal gaz kipinde T , n ve hacmi birlikte değiştirerek en az dört kayıt alın. $PV/(nT)$ bileşimini sınavın.
- 5 Tepkime kipinde denklemin HCl ve H_2 katsayılarını seçin, Mg kütlesi ile HCl derişimini ayarlayın ve tepkimeyi başlatın.
- 6 Gaz hacmi sabitlenince $P(H_2)$ düzeltmesiyle $n(H_2)$ 'yi bulup 1:1 kuramsal değerle karşılaştırın. Verimin yaklaşık %98 çıkmasını Mg şeridin %98 saflığı ve yüzeydeki MgO ile açıklayın.



Boyle düzeninde piston 50 mL konumuna getirilmiş. Basınç sensörü ve şırınga ölççeği aynı anda okunur.



$Mg + HCl$ düzeninde gaz ters dereceli silindirde su üzerinde toplanırken sıcaklık ve sıvı sütunu hesaba katılır.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Koşul	T (K)	P (kPa)	V (mL)	n (mmol)	Değerlendirme
Boyle	T, n sabit	295,2	101,3	80,0	–	$P \cdot V = 8,10 \text{ J}$
Boyle	T, n sabit	295,2	135,1	60,0	–	$P \cdot V = 8,11 \text{ J}$
Boyle	T, n sabit	295,2	202,6	40,0	–	$P \cdot V = 8,10 \text{ J}$

Satırlar istasyonun basınç, hacim ve sıcaklık okumalarından çalışma anında üretilir. Gaz modeli belirlenimlidir, değerler gerçek sınıf ölçümü değildir.

Deneyin dayandığı ilke

İdeal gaz için $PV = nRT$. Buna göre T ve n sabitken PV , P ve n sabitken V/T , V ve n sabitken P/T sabittir. Mg ile H_2 arasındaki stokiometrik oran 1:1'dir. Su üzerinde toplanan gazda $P(H_2) = P_{atm} - P_{buhar} - \rho gh$ kullanılır.

Simülasyondaki araç-gereçler

Cam gaz şırıngası, pistonlu (100 mL)	1
Basınç sensörü (0-450 kPa) ve dijital termometre	1'er
Isıtıcı su banyosu ve buz	1
N_2 kartuşu, vana ve 0,001 g terazi	1'er
Yan kollu balon, tıpa ve Mg şerit	1'er
HCl : 0,2 M, 0,5 M ve 1,0 M. Her deneyde 10 mL	3
Dereceli silindir (100 mL) ve su teknesi	1'er

Öğrenme çıktıları

KİM.10.1.4	KİM.10.1.5
KİM.10.1.6	KİM.10.1.7
KİM.10.1.8	KİM.10.1.9
KİM.10.1.10	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Gerçek deneyde cam şırınga kırılabilir, sıcak su haşlar. Gaz kartuşunu ısıtma ve sıkıştırılmış gazı yüze doğru tutma. H_2 yanıcıdır: tepkime düzeneğine alev yaklaştırma. HCl çözeltisiyle çalışırken gözlük ve eldiven tak.

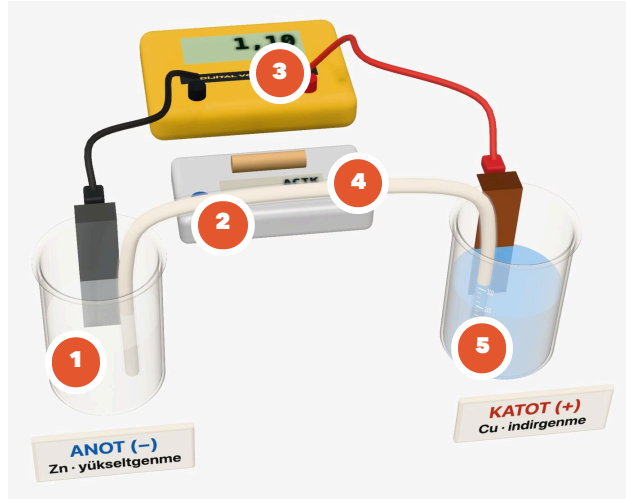
Öğretmene öneriler

- Boyle deneyinde yalnız hacmi değiştirin. Sıcaklık dengesi bozulmuş kayıtlar örüntü hesabına alınmaz.
- Charles grafiğini $^{\circ}C$ ve K eksenleriyle karşılaştırın. "Hacim $0^{\circ}C$ 'de sıfır olur" yorumunu mutlak sıcaklıkla düzeltin.
- Tepkime sonucunu gaz hacminden doğrudan mol saymak yerine su buharı ve p_{gh} düzeltmelerini görünür biçimde yaptırın.

17

Galvanik Pil, Elektroliz ve Korozyon

12. sınıf · Kimya ve Elektrik



- | | | |
|--|----------------------------------|-------------|
| 1 Zn yarı hücresi (250 mL beher) | 2 100 Ω yük direnci | 3 Voltmetre |
| 4 KNO ₃ 'lü U tüp tuz köprüsü | 5 Cu yarı hücresi (250 mL beher) | |

Üç bölümlü istasyonda Mg, Zn, Fe, Cu ve Ag yarı hücrelerinden galvanik pil kurulur. CuSO₄ ya da asitli su elektrolizinde akım, süre ve verim değiştirilir, yedi çivi düzeneğinde ortam ve koruma yöntemi karşılaştırılır. Aynı tezgahda gerilim, akım, elektrot kütlesi, gaz hacmi ve hızlandırılmış korozyon kaybı izlenir.

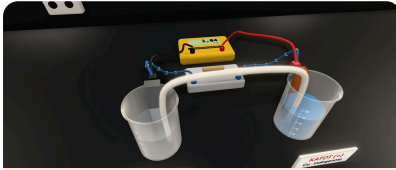
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Standart indirgenme potansiyellerinden anot, katot ve pil gerilimini belirlemek
- ✓ Tuz köprüsünün yük dengesi ve devrenin tamamlanmasındaki rolünü açıklamak
- ✓ Yarı tepkimelerde elektron sayılarını eşitleyip net redoks tepkimesini yazmak
- ✓ Faraday bağıntısıyla akım ve süreden elektrot kütle değişimini hesaplamak
- ✓ Suyun elektrolizinde H₂:O₂ hacim oranını yorumlamak
- ✓ Boya, galvaniz ve kurban elektrot korumasını tuzlu su kontrolüyle karşılaştırmak

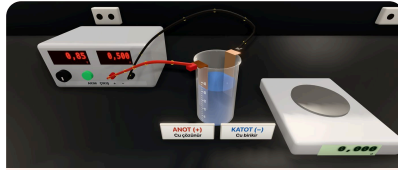
- 🎓 Sınıf
12. sınıf
- 🕒 Süre
40 dk (öneri)
- 👥 Çalışma
İkili, pil, elektroliz ve korozyon gruplara dağıtılabilir
- 🔧 Zorluk
Zor
- 📖 Ön bilgi
Redoks, mol, elektrik akımı

Deneyin yapılışı

- 1 Sol ve sağ yarı hücreyi seçin, tuz köprüsünü takın, açık devre gerilimini ve elektrot işaretlerini okuyun.
- 2 100 Ω ve 22 Ω yükleri sırayla bağlayıp uç gerilimi, akım ve kütle değişimini karşılaştırın.
- 3 Anot ve katot yarı tepkimelerinin katsayılarını elektron sayıları eşit olacak biçimde seçin.
- 4 Elektrolizde CuSO_4 veya suyu, anot türünü, akımı, süreyi ve η değerini seçip çıkışı açın.
- 5 CuSO_4 deneyinde süre sonunda katodu çıkarıp tartın. Su deneyinde iki koldaki gaz hacimlerini okuyun.
- 6 Korozyonda gün ve sıcaklığı değiştirin. Kuru, saf su, tuzlu su, boya, galvaniz, Zn ve Cu bağlantılı çivileri karşılaştırın.



$\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}||\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}$ pili 100 Ω yüke bağlı. Anot ve katot işaretleriyle akım birlikte izlenir.



CuSO_4 elektroliz hücresinde çelik katot, bakır anot ve sabit akım kaynağı.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Düzenek	Koşullar	Ölçüm	Hesap	Not
Galvanik pil	$\text{Zn} \text{Zn}^{2+} \text{Cu}^{2+} \text{Cu}$	1,0 M / 1,0 M · tuz köprüsü var · açık devre	$V = 1,10$ V	$E^\circ = 0,34 - (-0,76) = 1,10$ V , net: $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$	Anot Zn (-), katot Cu (+)
Galvanik pil	$\text{Zn} \text{Zn}^{2+} \text{Cu}^{2+} \text{Cu}$	1,0 M / 1,0 M · tuz köprüsü var · 100 Ω	$V = 1,04$ V , $I = 10,4 \text{ mA}$	$E^\circ = 0,34 - (-0,76) = 1,10$ V , net: $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$	Anot Zn (-), katot Cu (+), Δm anot -12,7 mg, katot +12,3 mg

Pil gerilimi model potansiyellerinden, yük akımı ise yaklaşık iç dirençten üretilir. Elektroliz ve korozyon sayıları model sonucudur. Gerçek deney verisi olarak sunulmaz.

Deneyin dayandığı ilke

Galvanik pilde $E^\circ_{\text{pil}} = E^\circ_{\text{katot}} - E^\circ_{\text{anot}}$. Elektrolizde geçen yük $Q = It$, biriken kütle $m = \eta MQ/(zF)$ bağıntısıyla bulunur. Korozyon yerel bir galvanik süreçtir. Zn demirden önce yükseltgenerek kurban anot olur, Cu ile temas ise demiri anot yapıp kaybı artırabilir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Yarı hücre beheri (250 mL)	2
1,0 M ZnSO_4 , CuSO_4 , FeSO_4 , MgSO_4 ve AgNO_3	5
Mg, Zn, Fe, Cu ve Ag levha	5
KNO_3 'lü U tüp tuz köprüsü	1
Voltmetre, 100 Ω ve 22 Ω yük	1 takım
0-12 V, 1 A DC kaynak ve 400 mL elektroliz beheri	1
0,5 M CuSO_4 (elektroliz)	1
Çelik katot, Cu ve grafit anot	3
Hofmann voltmetresi ve 0,5 M H_2SO_4	1
Demir çivili deney tüpü	7

Öğrenme çıktıları

12.1.1.1	12.1.1.2	12.1.2.1
12.1.3.1	12.1.4.1	12.1.5.1
12.1.5.2	12.1.6.1	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Bakır sülfat ve gümüş nitrat çözeltileri zararlıdır. Göze ve cilde bulaştırma, eldiven ve gözlük tak. Gümüş nitrat leke bırakır. Suyun elektrolizinde çıkan hidrojen yanıcıdır ve oksijenle karışımı patlayıcıdır. Çevrede kıvılcım ve alev bulundurma. Seyreltilmiş sülfürik asit deriyi aşındırır. Kullanılmış çözeltileri atık kabına boşalt, lavaboya dökme.

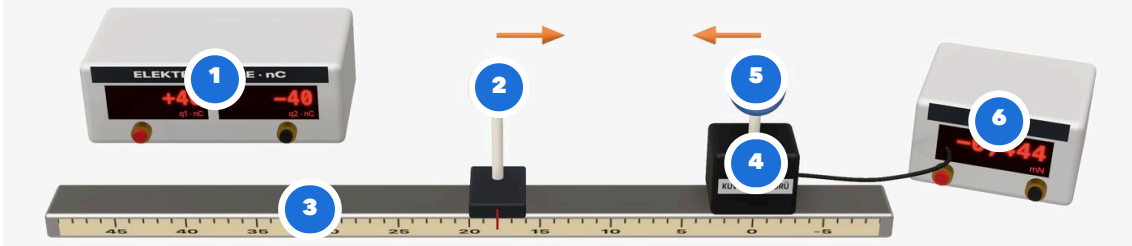
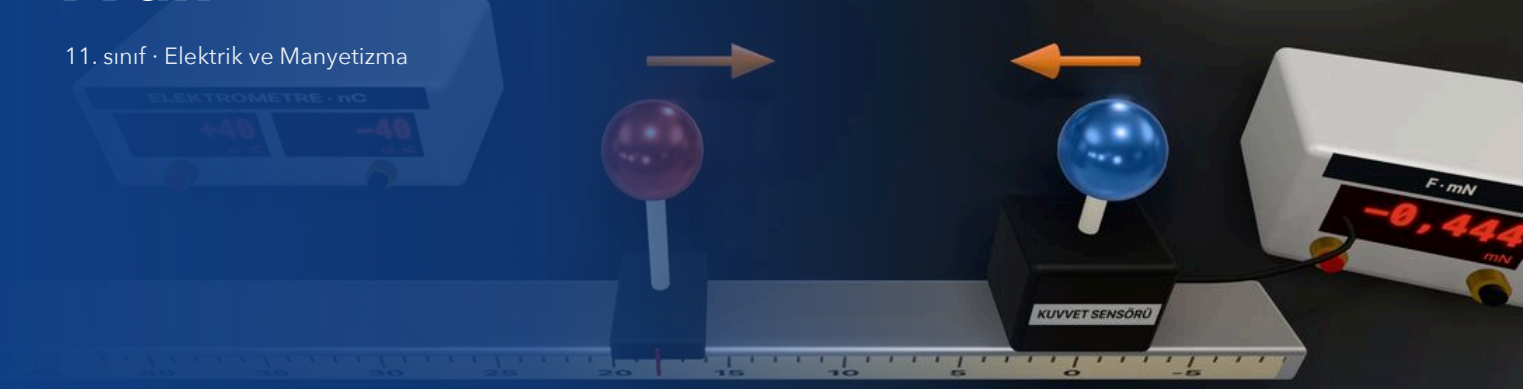
Öğretmene öneriler

- Tuz köprüsünü çıkarıp "elektronlar tuz köprüsünden geçer" yanlışını tartışın. Köprüde iyon, dış devrede elektron taşınır.
- Akım verimini öğrenci ayarı olarak açıkça adlandırın. η düşerken teorik %100 kütle ile gözlenen birikim ayrılır.
- Bakırla bağlı çivide negatif "koruma" yüzdesinin koruma değil, hızlanmış demir kaybı anlamına geldiğini vurgulayın.

18

Elektrik Alan ve Manyetik Alan

11. sınıf · Elektrik ve Manyetizma



- | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1 Elektrometre | 2 Metal kaplı küre, yalıtkan ayak | 3 Cetveli ray |
| 4 Mikro kuvvet sensörü | 5 Küre (sensörde) | 6 Kuvvet göstergesi |

Altı düzenek, yük-uzaklık-kuvvet, elektrik alan, elektrostatik ekranlama, düz tel ve solenoid alanı ile akım taşıyan tele etki eden kuvveti ortak ölçüm tablosuna taşır.

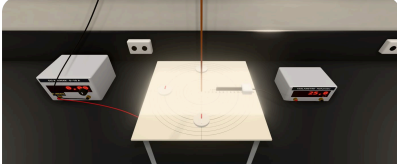
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Coulomb kuvvetinin yük ve uzaklıkla değişimini sınamak
- ✓ Elektrik alanı deneme yüküne etki eden kuvvetten tanımlamak
- ✓ Faraday kafesinde iç ve dış alanı karşılaştırmak
- ✓ Düz tel ve akım makarası alanlarının akım ve uzaklıkla değişimini ölçmek
- ✓ Akım terazisinde $F = BIL \sin\theta$ ilişkisini sınamak

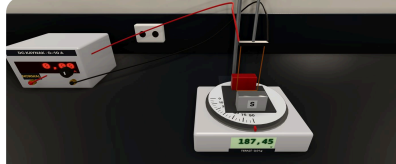
- Sınıf
11. sınıf
- Süre
40 dk (öneri)
- Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir
- Zorluk
Orta
- Ön bilgi
Elektrik yükü, alan, akım ve kuvvet

Deneyin yapılışı

- 1 Coulomb düzeneğinde iki yükü ve merkezler arası uzaklığı değiştirip ölçümü kaydedin.
- 2 Alan çizgileri ve Faraday kafesi kiplerinde probu gezdirip iç/dış alanları karşılaştırın.
- 3 Düz telde akım kapalıyken Probu sıfırla düğmesine basın, sonra Akım I ve prob uzaklığını değiştirin.
- 4 Akım makarası merkezinde akımı, eksen boyunca prob konumunu ayrı serilerde değiştirin.
- 5 Akım terazisinde akım kapalıyken Dara yapın. Akım, tel boyu ve açığı değiştirin. Akım yönünü 'Ters' yapıp işaret terslenmesini gözleyin.



Düz tel tahtasında üç pusula alanın dairesel yönünü, Hall probu büyüklüğünü gösterir.



Akım terazisinde mıknatıs aralığındaki tel çerçevesine etki eden kuvvet hassas terazide okunur.

Örnek ölçüm sonuçları

Düzenek	Ayarlar	Ölçüm	Birim	Hesaplanan oran	Not
Coulomb	$q_1 = +40 \text{ nC}$, $q_2 = -40 \text{ nC}$, $r = 18 \text{ cm}$	-0,444	mN	$F \cdot r^2 / (q_1 \cdot q_2) = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$	çekme

Coulomb düzeneği: +40 nC ve -40 nC yükler 18 cm uzaklıkta. Ölçülen kuvvet -0,444 mN (çekme), Coulomb sabitiyle tutarlı.

Deneyin dayandığı ilke

Küreler noktasal yük yaklaşımıyla, düz tel $B = \mu_0 I / (2\pi r)$, sonlu uzunlukta bobinin eksen alanı $B = (\mu_0 n I / 2) [a / \sqrt{a^2 + R^2} - b / \sqrt{b^2 + R^2}]$ (uzun bobin sınırında $\approx \mu_0 n I$) ve akım terazisi $F = BIL \sin\theta$ ile modellenir. Küre yarıçapı, sonlu bobin geometrisi, prob sıfırı ve terazi darası gerçek düzeneğin sınırlayıcılarıdır. Sıfırlama yapılmadan türetilmiş oranlar güvenilir sayılmaz.

Simülasyondaki araç-gereçler

Metal kaplı küre ve yalıtkan ayak	2
Mikro kuvvet sensörü ve cetveli ray	1
Alan çizgisi tepsisi ve alan probu	1 takım
Metal ve plastik kafes, alan ölçer	2 kafes, 2 ölçer
0-10 A DC kaynak, tel tahtası ve Hall probu	1 takım
Akım makarası	4
Akım terazisi ve 0,01 g terazi	1

Öğrenme çıktıları

FİZ.11.2.1	FİZ.11.2.2
FİZ.11.2.3	FİZ.11.2.5
FİZ.11.2.6	FİZ.11.2.8
FİZ.11.2.9	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Statik elektrikte kürelere ve kafese ıslak elle dokunma, yük nem ile hızla kaçar. Yüksek akımlı kaynak telleri ısıtır: akımı yalnızca ölçüm sırasında aç. Neodim mıknatıslar birbirini ve demir cisimleri şiddetle çeker, parmaklarını sıkıştırabilir. Kalp pili kullananlar mıknatıslara yaklaşmamalıdır.

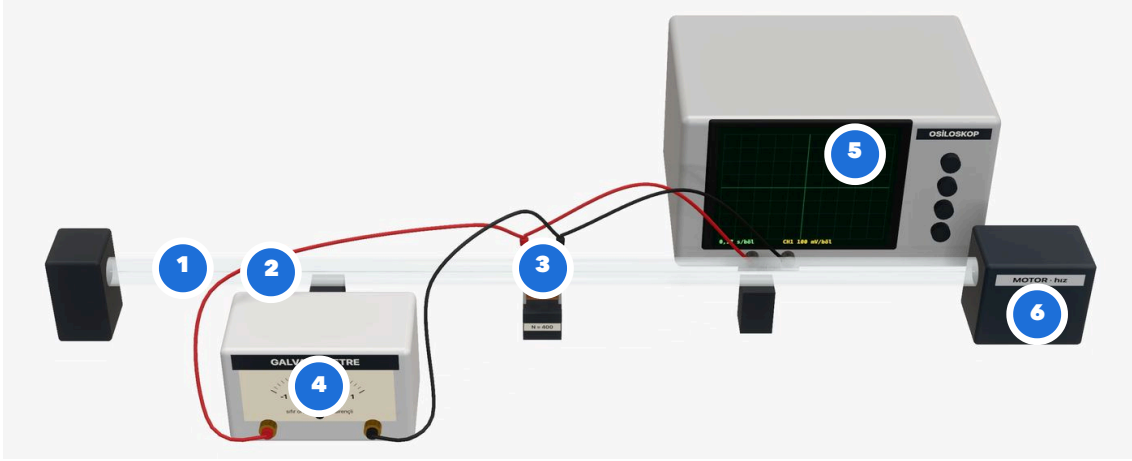
Öğretmene öneriler

- Düz tel ve akım terazisi verilerinde önce sıfır/dara işlemini zorunlu tutun.
- Yüklerin işaretinin kuvvet yönünü, büyüklüklerinin ise $|q_1 q_2|$ çarpımını değiştirdiğini ayırın.
- Motor bağlantısını alan içindeki akım taşıyan telin kuvvet yönünden kurdurun.

19

Elektromanyetik İndüksiyon ve Transformatör

11. sınıf · Elektrik ve Manyetizma



- | | | |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| 1 Akıllık boru | 2 Çubuk mıknatıs | 3 Bobin (200/400/800 sarım) |
| 4 Sıfır ortali galvanometre | 5 Osiloskop | 6 Motorlu mıknatıs çekici |

Tek geçiş ve salınım kiplerinde manyetik akı değişiminin gerilim darbesi-ne etkisi ölçülür. Transformatör kipinde sarım oranı, AC/DC kaynak ve yük bağlantısı karşılaştırılır.

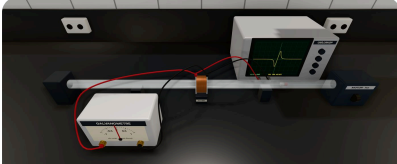
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Akının mıknatıs gücü ve bobin alanıyla ilişkisini çözümlemek
- ✓ İndüksiyon geriliminin sarım sayısı ve akı değişim hızıyla değişimini göstermek
- ✓ Lenz yasasını gerilim işaretinden yorumlamak
- ✓ Salınımda alternatif gerilim oluşumunu gözlemek
- ✓ Transformatörde gerilim ve sarım oranını karşılaştırmak

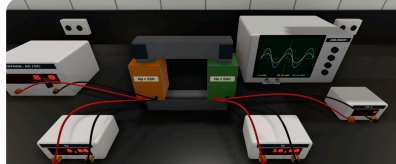
- Sınıf
11. sınıf
- Süre
40 dk (öneri)
- Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir
- Zorluk
Orta
- Ön bilgi
Manyetik alan, akı ve alternatif akım

Deneyin yapılışı

- 1 Tek geçişte mıknatıs, hız, sarım sayısı ve yönü seçip Mıknatısı geçir düğmesine basın.
- 2 Her seride yalnız hız, sarım sayısı ya da mıknatıs gücünden birini değiştirerek tepe gerilimini kaydedin.
- 3 Kutup ve hareket yönünü ters çevirip galvanometre sapmasının işaretini karşılaştırın.
- 4 Salınım kipinde frekansı değiştirerek osiloskopta işaret değiştiren gerilimi izleyin.
- 5 Transformatörde AC kaynakla sarım oranını ve yükü değiştirin. Ardından DC'de yalnız anahtarlama anındaki tepkiyi inceleyin.



Çubuk mıknatıs motorla bobinden geçerken galvanometre iki yönlü sapar ve osiloskop darbe çiftini çizer.



Lamine çekirdekte seçilen birincil ve ikincil bobinler iki voltmetreyle karşılaştırılır.

Örnek ölçüm sonuçları

Düzenek	Ayarlar	Ölçüm	Birim	Hesaplanan oran	Not
İndüksiyon	N = 400, v = 30 cm/s, m = 1,5 A·m ² , a = 2,2 cm, kuzey önde, →	200,6	mV (en büyük ε)	$\epsilon / (N \cdot v) = 1,672$ mV/(sarım·m/s)	Φ (tek sarım) = 42,8 μWb

400 sarımlı bobinden 30 cm/s ile geçen mıknatısın en büyük indüksiyon gerilimi 200,6 mV. Tek sarım başına akı 42,8 μWb.

Deneyin dayandığı ilke

Faraday-Lenz yasası $\epsilon = -N d\Phi/dt$ ile kullanılır. Hareket hızı, mıknatıs gücü, bobin alanı ve sarım sayısı darbe genliğini değiştirir. Transformatörün ideal oranı $V_s/V_p = N_s/N_p$ olup simülasyondaki transformatör idealdir (kayıpsız), gerçek transformatörlerde sargı direnci ve çekirdek kayıpları oranı biraz saptır, bu sapma uygulamada görülmez. DC, kararlı durumda ikincil gerilim oluşturmaz. Yalnız anahtarlama anı değişen akı sağlar.

Simülasyondaki araç-gereçler

Akrilik boru ve motorlu mıknatıs çekici	1
Ferit ve NdFeB çubuk mıknatıs	3
200, 400, 800 sarım çıkışlı bobin (yarıçap 2,2 ve 3,2 cm)	2
Sıfır ortalı galvanometre	1
Osiloskop	1
Lamine demir çekirdek ve 250/500/1000 sarımlı bobin	1 takım
0-12 V AC/DC kaynak ve voltmetre	1 kaynak, 2 ölçer

Öğrenme çıktıları

FİZ.11.2.10	FİZ.11.2.11
FİZ.11.2.12	FİZ.11.2.13

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Neodim mıknatıslar birbirini ve demir cisimleri şiddetle çeker, parmaklarını sıkıştırabilir. Kalp pili kullananlar mıknatıslara yaklaşmamalıdır. Transformatörde yalnızca düşük gerilimli AC kaynak kullan: ikincil taraf 36 V'u aşarsa kaynak otomatik sınırlanır. Şehir elektriğini asla transformatöre bağlama. Gerçek bir transformatörün birincil sargısını DC kaynağa bağlama: akımı yalnızca sargının küçük direnci sınırlar, sargı hızla ısınır ve sigorta atar.

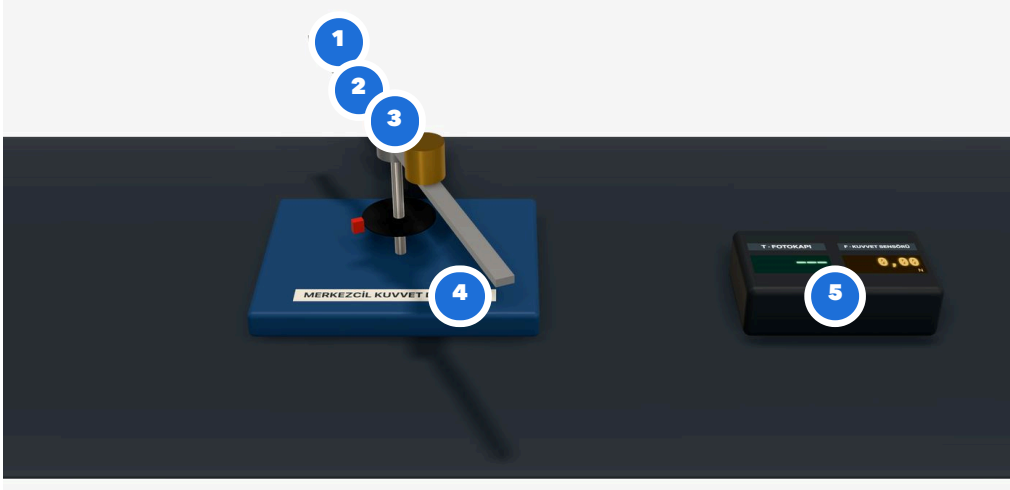
Öğretmene öneriler

- Tepe gerilimi serilerinde aynı mıknatıs ve bobin geometrisini koruyun.
- Eksi işaretini yalnız sayı işareti olarak bırakmayın. İndüklenen alanın akı değişimine karşı yönünü tartışın.
- DC transformatör denemesinde kararlı sıfır ile anahtarlama darbesini ayırın.

20

Çembersel Hareket ve Dönme

11-12. sınıf · Çembersel Hareket (11. sınıf) ve Çembersel Hareket, Dönme ve Kepler Yasaları (12. sınıf, 2018 programı)



1 Piring kütle (50-300 g)

2 Çubuk cetvel

3 Kuvvet sensörü

4 Motorlu merkezci düzenek

5 Fotokapı ve kuvvet göstergesi

İstasyon çembersel hareketten dönme enerjisine, açısal momentumdan emniyetli viraja ve Kepler dönemine uzanan beş bağımsız düzenek içerir. Her düzenekte yalnız kendi kontrolü değiştirilip ortak tabloya kayıt alınır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ $F = m\omega^2 r$ ilişkisini ölçmek
- ✓ Hız vektörünün yörüngeye teğet olduğunu göstermek
- ✓ Eylemsizlik momentinin yuvarlanma süresine etkisini karşılaştırmak
- ✓ Açısal momentum korunurken ω değişimini gözlemek
- ✓ Virajda sürtünme ve eğimin sınır hızı etkisini incelemek
- ✓ Kepler'in üçüncü yasasını dönem-yarı büyük eksen verileriyle yorumlamak



Sınıf
11-12. sınıf



Süre
40 dk (öneri)



Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir



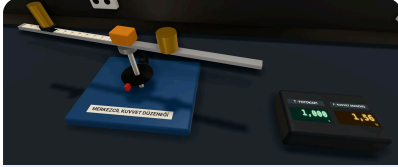
Zorluk
İleri



Ön bilgi
Newton yasaları, enerji, tork ve yörünge

Deneyin yapılışı

- 1 Merkezci kuvvette kütle ve yarıçapı seçin. Periyot oturunca ölçümü kaydedin ve $F = \omega^2$ serisi oluşturun.
- 2 Hız vektörlerini açın, İp kopsun ile cismin teğet doğrultuda ilerlemesini gözleyin.
- 3 Yuvarlanma yarışında eğimi seçip mandalı bırakın. Dört cismin sırasını karşılaştırın.
- 4 Döner tablada kütleleri eksene yaklaştırıp uzaklaştırın. Fren kapalıyken ω değişimini kaydedin.
- 5 Virajda yüzey ve eğimi seçerek sınır sürati bulun.
- 6 Kepler kipinde üç a değeri için birer tam tur bekleyip T kaydedin.



Merkezcil kuvvet düzeneğinde kuvvet sensörü, fotokapı ve çubuk cetvel aynı anda okunur.



Dört cisim aynı rampada birlikte bırakılır. Kütle dağılımı bitiş sırasını belirler.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Koşul	Büyükklük	Ölçülen	Hesaplanan	Fark (%)	Not
Merkezcil	$m = 200 \text{ g} \cdot r = 18 \text{ cm} \cdot T = 1,201 \text{ s}$	F (N)	0,99	0,99	0,5	$\omega = 5,24 \text{ rad/s} \cdot a = 4,9 \text{ m/s}^2$

Merkezcil kuvvet: 200 g kütle, 18 cm yarıçap, 1,201 s periyotta ölçülen $F = 0,99 \text{ N}$, hesaplananla fark %0,5.

Deneyin dayandığı ilke

Merkezcil kuvvet $m\omega^2 r$ ile hesaplanır. Yuvarlanan cisimlerde toplam enerji öteleme ve dönmeye bölünür. Küçük yuvarlanma direnci ölçülen süreyi idealden uzatır. Fren kapalı döner tablaya dış tork yok sayılır ve L korunur. Viraj modeli sürtünmeli/eğimli kuvvet dengesine, yörünge modeli aynı yıldız kütlesi için T^2/a^3 sabitliğine dayanır. Bazı sayısal ayrıntılar genişletme bölümündedir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Motorlu merkezcil kuvvet düzeneği ve fotokapı	1
50, 100, 200 ve 300 g kütle	4
Dört şeritli eğik düzlem	1
Halka, disk, küre ve kayan blok	4
1:200 viraj maketi ve dört yüzey	1
Döner tabla ve iki kayar kütle	1 takım
Yörünge tahtası	1

Öğrenme çıktıları

FİZ.11.1.9	FİZ.11.1.10	
12.1.1.1	12.1.1.2	12.1.1.3
12.1.1.4	12.1.2.1	12.1.2.2
12.1.2.3	12.1.3.1	12.1.3.2
12.1.3.3	12.1.3.4	12.1.4.1
12.1.4.2	12.1.4.3	12.1.5.1

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Döner düzeneğin yarıçapı içine el veya kalem sokma. Motoru durdurmadan kütleyi ve ipi ayarlama. Eğik düzlemin altına el koyma. Döner tablada çubuktaki kütlelerin sıkıca bağlı olduğunu kontrol et. Hızlı dönen kütle fırlarsa yaralanma yapabilir.

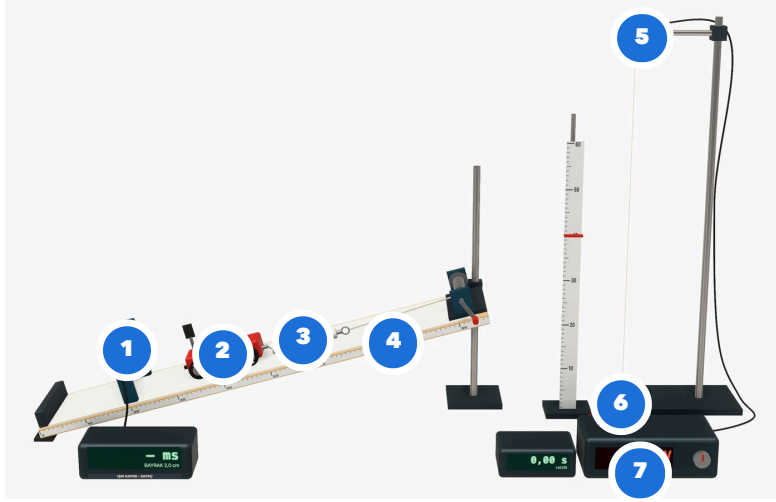
Öğretmene öneriler

- Beş düzeneğin için tek bir genelleme yaptırmayın. Her satırın modeli ve kontrol değişkeni ayndır.
- Yuvarlanma yarışında aynı kütle ve yarıçapı koruyarak eylemsizlik momentini izole edin.
- Kepler oranının yalnız aynı merkez yıldız kütlesi için karşılaştırıldığını belirtin.

21

İş, Güç ve Mekanik Enerji

10. sınıf · Enerji



1 Işık kapısı ve sayaç

4 Eğik düzlem (96 cm)

7 Güç kaynağı

2 Araba (500 g)

5 Motor ve makara

3 Dinamometre (0-10 N)

6 Askı ve kütle

Çek kipinde kuvvet-yer değiştirme grafiğinin alanı, bırakma kipinde enerji dönüşümü ve güç kipinde motorun mekanik çıkışı ölçülür.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Kuvvet-yer değiştirme grafiğinin alanını işle ilişkilendirmek
- ✓ Potansiyel, öteleme, dönme, yay ve ısı enerjisi karşılaştırmak
- ✓ Sürtünmenin mekanik enerjiye etkisini çözümlmek
- ✓ Mekanik güç ve verimi ölçmek

Sınıf
10. sınıf

Süre
40 dk (öneri)

Çalışma
İkili. Çok düzenekli
istasyonlarda görevler
gruplar arasında bölünebilir

Zorluk
Orta

Ön bilgi
İş, kinetik ve potansiyel enerji

Deneyin yapılışı

- 1 Çek kipinde eğim ve kütleyi seçin. Çekme yolu kaydırıcısını artırırken F-x grafiğini izleyin.
- 2 Yay bağlamadan ve bağlayarak aynı yolu çekin. Grafiğin alanını enerji toplamıyla karşılaştırın.
- 3 Bırak kipinde bırakma yeri ve ışık kapısını seçip arabayı bırakın. Kapı süresinden hızı bulun.
- 4 Laminat ve keçe yüzeyleri aynı ayarla karşılaştırın.
- 5 Güç kipinde gerilim, asılı kütle ve yüksekliği seçip Başlatın. Süre, akım ve gerilimden gücü bulun.



Araba eğik düzlemde dinamometre ve el çarkıyla yukarı çekilirken her santimetredeki kuvvet okuması iş hesabına girer.



Motor, makara ve askı düzeninde elektriksel giriş ile mgh/t mekanik çıkışı karşılaştırılır.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Ayar	Kütle (kg)	Yol / yükseklik (m)	Ölçüm	İş veya enerji (J)	Karşılaştırma (J)	Sonuç
Çekme	15°, Düz laminat	0,50	0,36	F son = 1,30 N	Alan = 0,479 J	mgh+Q+E _{yay} = 0,477 J	Fark = 0,001 J

15° düz laminat eğik düzlemde 0,50 kg araba 0,36 m çekilir. F-x grafiğinin alanı 0,479 J, enerji toplamı 0,477 J (fark ≈ 0,001-0,002 J, yuvarlama ve 0,05 N'lik dinamometre çözünürlüğü).

Deneyin dayandığı ilke

Yapılan iş $\int F dx$ alanıdır. Arabanın mgh kaybı öteleme ve tekerleklerin dönme kinetiğine, yay varsa $\frac{1}{2}kx^2$ 'ye ve sürtünmeyle ısıya dağılır. Işık kapısı hızı bayrak genişliği/kesilme süresiyle ölçer. Güç düzeneğinde $P_{mek} = mgh/t$ ve verim $P_{mek}/(VI)$ olarak hesaplanır, motor ve sürtünme kayıpları modele dahildir.

Simülasyondaki araç-gereçler

96 cm eğik düzlem ve değiştirilebilir yüzey	1
500 g araba ve 250 g ek kütle	1 araba, 2 kütle
0-10 N dinamometre ve el çarkı	1
10 N/m yay	1
Işık kapısı ve 0,01 ms sayaç	1
Motor, makara, askı ve güç kaynağı	1 takım

Öğrenme çıktıları

FİZ.10.2.1	FİZ.10.2.2
FİZ.10.2.3	FİZ.10.2.4

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Eğik düzlemin alt ucuna doğru yuvarlanan arabanın önünden elini çek. Kaldırılan kütlelerin altına girme. Sehpa çubuğunu ve düzlemi sabitlemeden deneye başlama. Motor çalışırken dişliye dokunma.

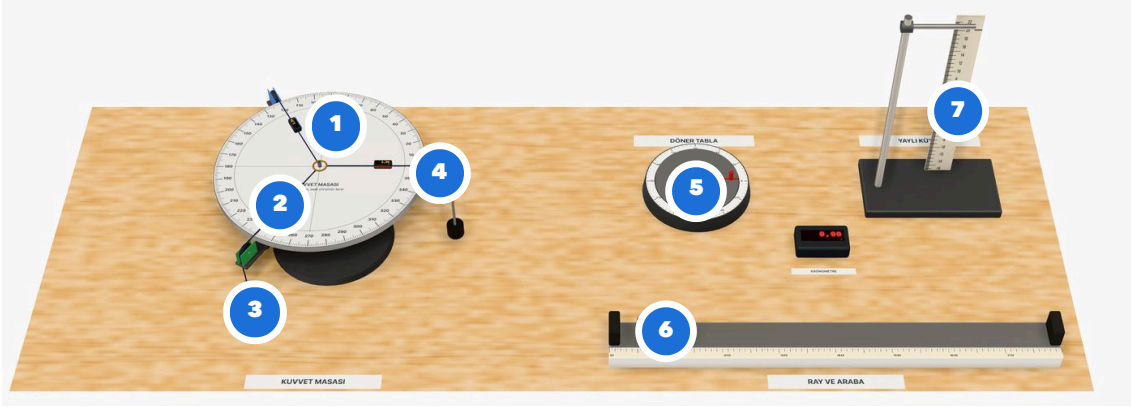
Öğretmene öneriler

- Grafik alanını tek bir son kuvvet değeriyle karıştırmamaları için birkaç ara konumda durdurup alanı okutun.
- Enerji kaybı dilinden kaçının, sürtünmede mekanik enerjinin ısı enerjisiye dönüştüğünü izletin.
- Verim hesabında motorun sabit hız bölümünü kullanın.

22

Kuvvet Masası ve Hareket Türleri

9. sınıf · Kuvvet ve Hareket



1 Kuvvet masası (38 cm)

4 Makara kısıncı ve ip

7 Yay ve 200 g kütle

2 Kuvvet algılayıcısı

5 Döner tabla

3 Askı ve kütle

6 Metal ray ve araba

Kuvvet masasında üç vektör bileşenlerine ayrılarak halka dengelenir. İkinci bölümde sabit hızlı araba, dönen tabla ve yaylı kütle hareket türlerini karşılaştırır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Skaler ve vektörel nicelikleri ayırt etmek
- ✓ Vektörleri bileşenlerine ayırıp bileşkeyi bulmak
- ✓ Dengeleyici kuvveti bileşkenin tersi olarak kurmak
- ✓ Öteleme, dönme ve titreşim hareketlerini sınıflandırmak

🎓 Sınıf
9. sınıf

🕒 Süre
40 dk (öneri)

👥 Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir

🔧 Zorluk
Orta

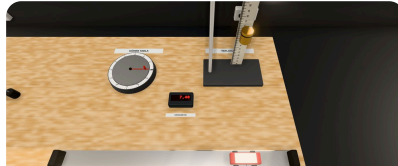
📖 Ön bilgi
Vektör, kuvvet ve hareket kavramları

Deneyin yapılışı

- 1 F1, F2 ve F3 asılı kütlelerini ve makara açılarını seçin. Halkayı merkezde dengeleyin.
- 2 Bileşenleri göster seçeneğiyle F_x ve F_y toplamalarını inceleyin ve ölçümü kaydedin.
- 3 Bir kuvveti kaldırıp kalan iki kuvvetin bileşkesini uç uca ve paralelkenar yöntemiyle karşılaştırın.
- 4 Hareket türleri bölümünde araba hızını, tabla devrini ve yay genliğini değiştirin.
- 5 Kronometre kaydırıcısıyla öteleme, dönme ve titreşimin konumlarını aynı anda izleyip sınıflandırın.



Üç ip kuvvet masasında halkayı merkezde tutar. Sensörler gerçek gerilmeleri gösterir.



Raylı araba, döner tabla ve yaylı kütle öteleme, dönme ve titreşimi yan yana gösterir.

Örnek ölçüm sonuçları

Bölüm	Düzenek	Ölçülen	Hesaplanan	Not
Kuvvet masası	F1 150 g, 0,0° · F2 150 g, 120,0° · F3 150 g, 240,0°	T1 1,54 · T2 1,54 · T3 1,54 N	Kaynak: ölçülen $T \cdot R(F1+F2)$ 1,54 N, 60,0° · ΣF_x -0,00, ΣF_y 0,00 N	Halka merkezde, ΣF (ölçülen T) = 0,00 N · T – (m + askı)·g: -0,03 / -0,03 / -0,03 N (makara kaybı) · T – m·g: 0,06 / 0,06 / 0,06 N (askı ve makara kaybı birlikte)

Üç ip 150 g ve 0°/120°/240° açılarıyla: ölçülen gerilmeler eşit, halka merkezde, bileşke sıfır. Makara kaybı her ipteki -0,03 N.

Deneyin dayandığı ilke

İdeal makarada ipin gerilmesi ($m + m_{askı}g$ 'dir (askı 10 g), makara sürtünmesi ve algılayıcı farkı okumayı küçük miktarda (burada $\approx 0,03$ N) değiştirir. Masadaki yatay gerilme vektörünün yönünü ipin makara açısı belirler. Denge için $\Sigma F_x = \Sigma F_y = 0$ gerekir. Makara ve sensör okumalarının küçük farkları gerçek düzener etkisini temsil eder. Hareket örneklerinde konum, alınan yol, sürat, açısal hız ve periyot kendi tanımlarıyla gösterilir. Farklı hareket türleri aynı cismin üzerinde birlikte bulunabilir.

Simülasyondaki araç-gereçler

38 cm kuvvet masası, halka ve pim	1
Makara kısıkaçı ve ip	3
10 g askı ve dilimli kütle	3 takım
Dijital kuvvet algılayıcısı	3
Metal ray ve araba	1
Döner tabla	1
Yay, 200 g kütle ve düşey cetvel	1

Öğrenme çıktıları

FİZ.9.2.2

FİZ.9.2.3

FİZ.9.2.4

FİZ.9.2.6

FİZ.9.2.7

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Asılı kütleleri masa kenarından taşırken ayaklarına düşürme. Makara kısıkaçlarının vidasını sıkıştır. Gergin ipi elinle çekme. Döner tablayı dururken ayarla, saçını ve kolunu dönen parçalardan uzak tut.

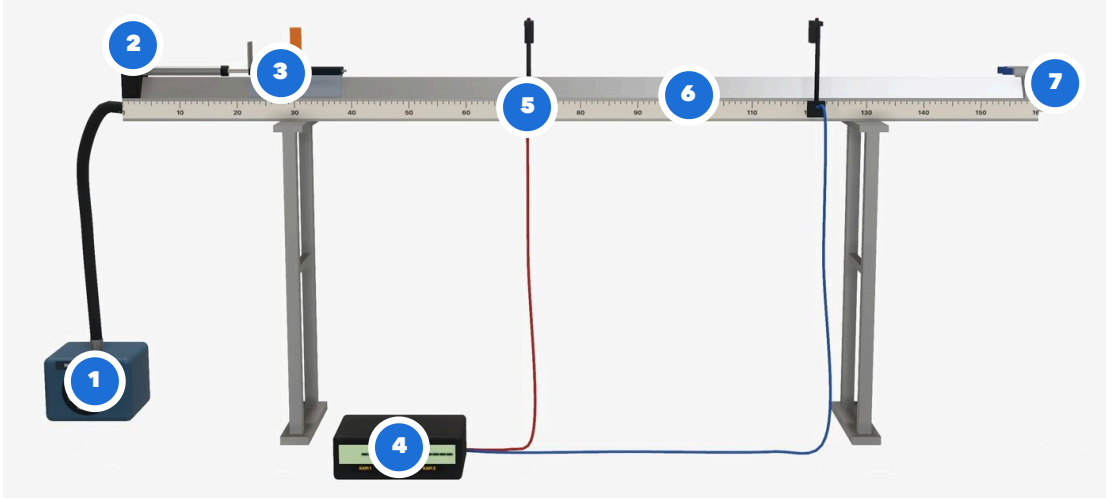
Öğretmene öneriler

- Açıları aynı referans ekseninden okutun ve kuvveti kütleyle değil newton cinsinden gerilmeyle yazdırın.
- Halka pimden kurtulduktan sonra merkezde kalıyorsa deneysel denge sağlanmıştır.
- Bir cismin hem dönüp hem öteleme yapabileceği örneğini özellikle tartışın.

23

Düzgün ve İvmeli Hareket Rayı

10. sınıf · Kuvvet ve Hareket



- 1 Hava üfleyici
- 4 Zamanlayıcı
- 7 Makara

- 2 Ultrasonik hareket algılayıcısı
- 5 Işık kapısı

- 3 Kızak (200 g)
- 6 Hava rayı (1,6 m)

Yayla fırlatılan kızakta düzgün hareket, asılı kütleyle çekilen kızakta sabit ivmeli hareket incelenir. Aynı koşuda ışık kapısı süreleri ve $x-t$, $v-t$ grafikleri kaydedilir.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Düzgün harekette $x-t$ doğrusunun eğimini hızla ilişkilendirmek
- ✓ İvme ile hız değişimi arasındaki ilişkiyi kurmak
- ✓ Işık kapısı ve grafik ivmelerini karşılaştırmak
- ✓ Net kuvvet ve toplam kütle ivmeye etkisini araştırmak

Sınıf
10. sınıf

Süre
40 dk (öneri)

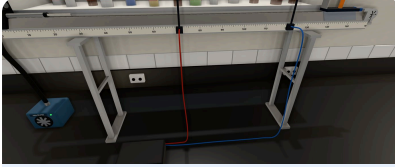
Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir

Zorluk
Orta

Ön bilgi
Konum, hız, ivme ve hareket grafikleri

Deneyin yapılışı

- 1 Düzgün hareket kipinde Yay sıkıştırmasını seçip Fırlatın.
- 2 Kapı 1 ve Kapı 2 konumlarını ayarlayın. Kızak tamponda durunca ölçümü kaydedin.
- 3 Grafik aralığı kaydırıcılarıyla düzgün bölgeyi seçip x-t eğimi ile v-t değerini karşılaştırın.
- 4 Kızağa ek kütle koyup aynı yay sıkıştırmasıyla deneyi yineleyin.
- 5 Sabit kuvvetle hareket kipinde asılı kütle seçin, Bırakın ve kapı ivmesiyle grafik eğimini karşılaştırın.
- 6 Üfleyiciyi kapatıp sürtünmenin etkisini ayrı bir satırda inceleyin.



Yayla fırlatılan kızak iki ışık kapısından geçer. Zamanlayıcı kapıların kesilme sürelerini gösterir.



Makara üzerindeki asılı kütle kızığı yaklaşık sabit net kuvvetle hızlandırır.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	M (g)	m (g)	x ₁ (m)	t ₁ (s)	Δt ₁ (ms)	v ₁ (m/s)	x ₂ (m)	t ₂ (s)	Δt ₂ (ms)	v ₂ (m/s)	a kapılar (m/s ²)	a grafik (m/s ²)	Yay (cm)
-------	----------	----------	-----------------------	--------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------	--------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------

Düzgün 200 – 0,40 0,6082 28,3 0,707 0,90 1,3231 28,6 0,699 -0,010 -0,012 5

Üfleyici açık, yay 5 cm: iki kapı arasındaki ivme yaklaşık $-0,01 \text{ m/s}^2$ olduğundan hareket düzgün sayılır.

Deneyin dayandığı ilke

Işık kapısı hızı 20 mm bayrak genişliğinin kesilme süresine oranıdır. Hava üfleyici açıkken küçük direnç terimi, kapalıyken kuru sürtünme kullanılır. Asılı kütleli sistemde ivme tüm hareketli kütle ve sürtünmeden belirlenir. Grafik 40 ms aralıklarla örneklenir, kapı zamanı 0,1 ms ve konum yaklaşık 1 mm belirsizlik taşır.

Simülasyondaki araç-gereçler

1,6 m hava rayı ve üfleyici	1
200 g kızak ve 50 g ek kütle	1 kızak, çoklu kütle
Işık kapısı ve zamanlayıcı	2
Ultrasonik hareket algılayıcısı	1
Yaylı fırlatıcı	1
Makara, ip, 10 g askı ve halkalı kütle	1 takım
Elektromıknatıslı bırakıcı	1

Öğrenme çıktıları

FİZ.10.1.1 FİZ.10.1.2
FİZ.10.1.3

Gerçek laboratuvarlarda güvenlik

Hava üfleyici çalışırken hortum bağlantısını kontrol et. Fırlatıcıya ve tampona parmağını yaklaştırmama. Asılı kütle düşerken elini ve yüzünü uzak tut. Rayı çizmemek için hava kapalıyken kızığı ray üzerinde sürtme.

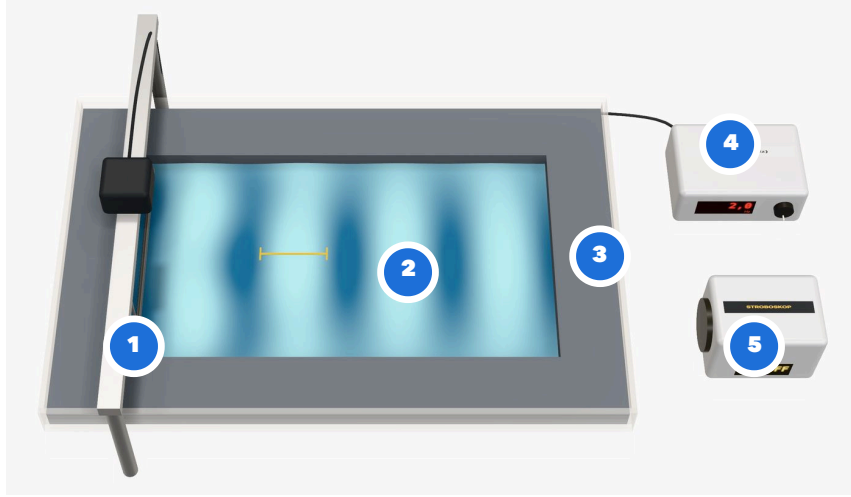
Öğretmene öneriler

- Analiz aralığını fırlatıcıdan çıkış ve tampona çarpışma dışında seçtirin.
- Kapı hızının bayrak genişliği/kesilme süresi oranı, yani ortalama hız olduğunu, sabit ivmede kesilme süresinin ortasındaki ani hız eşit olduğunu belirtin.
- Kuramı göster seçeneğini önce tahmin ve ölçüm alındıktan sonra açın.

24

Dalga Leğeni ve Yay Dalgaları

10. sınıf · Dalgalar



1 Çubuk daldırıcı

2 Cam dalga leğeni

3 Sönümleyici kenarlar

4 Frekans üretici

5 Stroboskop

Su dalgalarında dalga boyu, sürat, yansıma ve kırılma, yay ve ipt e atma ve periyodik dalga. Sarsma masasında rezonans ayrı kiplerde ölçülür.

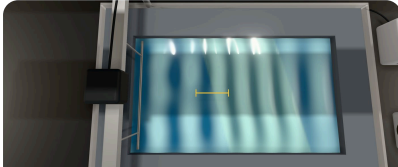
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Dalga boyu, frekans ve sürati operasyonel olarak ölçmek
- ✓ Su derinliğinin dalga süratine etkisini incelemek
- ✓ Yansıma ve kırılma açılarını karşılaştırmak
- ✓ Sabit ve serbest uç yansımalarını ayırt etmek
- ✓ Rezonansı doğal frekansla ilişkilendirmek

Sınıf
10. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili. Çok düzenekli
istasyonlarda görevler
gruplar arasında bölünebilirZorluk
OrtaÖn bilgi
Periyot, frekans ve dalga
boyu

Deneyin yapılışı

- 1 Hız deneyinde stroboskop frekansını kaynak frekansına eşitleyin. Ölçü çizgisini ilerleme doğrultusunda n tam dalga boyuna hizalayın.
- 2 Derinliği, sonra frekansı tek tek değiştirip λ ve λf değerlerini kaydedin.
- 3 Yansıma ve kırılma deneylerinde çizgiyi gelen/yansıyan/kırılan dalga doğrultusuna hizalayıp açıları normale göre okuyun.
- 4 Yay/ıp kipinde atma gönderin, sabit ve serbest uçları ve algılayıcılar arası süreyi karşılaştırın.
- 5 Sarsma masasında motoru açın, frekansı tarayıp üç binanın yerleşmiş genliklerini kaydedin.



Düzlem su dalgası cam plakanın oluşturduğu sığ bölgeye geçerken normale yaklaşır ve dalga boyu küçülür.



Sarsma masasında farklı boydaki üç bina, sürme frekansı doğal frekansına yaklaştığında farklı genlik verir.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Koşul	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Hesap	Not
Su • Hız	$h = 10 \text{ mm}$ düzlem kaynak $f = 2,0 \text{ Hz}$	$\lambda = 15,6 \text{ cm}$ ($\ell = 15,6 \text{ cm}$, $n = 1$)	$f = 2,0 \text{ Hz}$ (üreteç)	$v = \lambda \cdot f =$ $31,2 \text{ cm/s}$	Kuram: $30,7 \text{ cm/s}$ $\sqrt{(gh)} = 31,3 \text{ cm/s}$ $kh = 0,41$

10 mm derinlikte 2,0 Hz düzlem dalga: dalga boyu 15,6 cm, hız 31,2 cm/s, tam dağılım bağıntısına göre kuramsal değer 30,7 cm/s'dir ($\sqrt{(gh)} = 31,3 \text{ cm/s}$ yalnız sığ su yaklaşımıdır, $kh = 0,41$). %1,6'lık fark λ okuma çözünürlüğündendir.

Deneyin dayandığı ilke

Su dalgaları için tam dağılım bağıntısı $\omega^2 = (gk + \sigma k^3/p) \tanh(kh)$ çözülür, $\sqrt{gh}$ yalnız kh küçükken sığ su yaklaşımıdır. Stroboskop eş frekansta veya alt harmonikte deseni dondurabilir. Yay/ıp tek boyutlu dalga denkleminde, bina ise doğrusal tek serbestlik dereceli sönümlü sistemle modellenir. Bina genliği boyun %20'sini aşarsa doğrusal model geçersizdir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Cam dalga leğeni ve sönümleyici kenarlar	1
Çubuk/nokta daldırıcı ve frekans üretici	1 takım
Stroboskop	1
Düz engel ve cam plaka	2
Slinky, ip ve hareket algılayıcısı	1 yay, 1 ip, 2 algılayıcı
Sarsma masası ve alüminyum bina modeli	1 masa, 3 bina

Öğrenme çıktıları

FİZ.10.4.1	FİZ.10.4.2
FİZ.10.4.3	FİZ.10.4.4
FİZ.10.4.5	FİZ.10.4.6
FİZ.10.4.7	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Leğende su dökülmesine ve elektrik düzeneklerinin ıslanmasına dikkat et. Yay ve ipi bırakırken ucundan tutarak yavaşça salın. Sarsma masasında dönen kısımlara elini yaklaştırmama, bina modelleri devrilebilir.

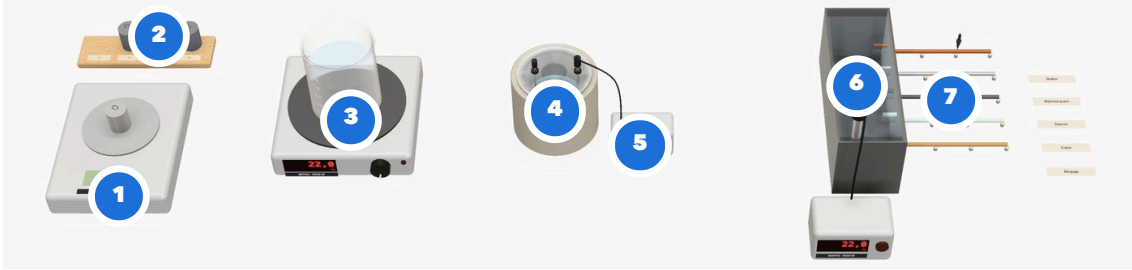
Öğretmene öneriler

- Donmuş görüntünün kaynak frekansını tek başına belirlemediğini, alt harmoniklerde de donma olabileceğini gösterin.
- Açılan dalga cephesine göre değil ilerleme doğrultusu ile normal arasında ölçtürün.
- Hasar uyarısı çıkan büyük genlikleri doğrusal modelin geçerli ölçümü saymayın.

25

Isı, Öz Isı ve Isıl Denge

9. sınıf · Enerji



1 0,1 g dijital terazi

2 Al, Fe, Cu ve Pb silindir

3 Isıtıcı ve 600 mL beher

4 Alüminyum kalorimetre

5 0,1 °C dijital termometre

6 Isıtma banyosu

7 İletim çubukları

Sıcak metal karışımıyla öz ısı, buz karışımıyla erime ısı ve çubuk düzeniyle iletim hızı incelenir. Simülasyon aktarma sırasında ve çevreye olan ısı kaybını da izler.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ $Q = mc\Delta T$ modelini ölçümlerden kurmak
- ✓ Isıl dengeyi ortak son sıcaklıkla tanımlamak
- ✓ Erime ısının kütleye ilişkisini incelemek
- ✓ Katılarda iletim hızını madde ve geometriyle ilişkilendirmek
- ✓ Isı iletiminin madde ve geometriyle ilişkisini ve çevreye ısı kaybını yorumlamak

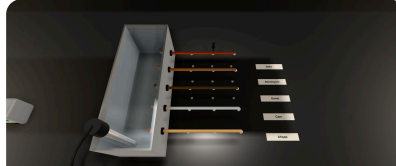
Sınıf
9. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili. Çok düzenekli
istasyonlarda görevler
gruplar arasında bölünebilirZorluk
OrtaÖn bilgi
Isı, sıcaklık, kütle ve enerji
korunumu

Deneyin yapılışı

- 1 Öz ısı kipinde metal ve suyu seçin. Banyo ısıtıcısını açıp metalin hedefe ulaşmasını bekleyin.
- 2 Metali kalorimetreye aktarın, iki sıcaklık ortak değerinde kararlı olduğunda ölçümü kaydedin.
- 3 Erime ısısında su ve buz kütlelerini seçin, buzı kurutup kalorimetreye atın ve buz bitene kadar bekleyin.
- 4 Isıl iletim kipinde çubuğu, uzunluğu ve çapı seçin, termostadı ve banyo ısıtıcısını açın.
- 5 Prob konumunda sıcaklığı ve mum boncuklarının düşme zamanını farklı malzemeler için karşılaştırın.



Isıtılmış metal silindir kalorimetre suyuna aktarılır. İki prob ısı dengeye yaklaşmayı gösterir.



Aynı banyoya bağlı beş çubukta sıcaklık cephesi ve mum boncuklarının düşme sırası karşılaştırılır.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Düzenek	Cisim kütlesi (g)	Cisim sıcaklığı (°C)	Su kütlesi (g)	Su sıcaklığı (°C)	Son sıcaklık (°C)	Süre (s)	Not
İletim	Bakır · 15 cm · Ø 6 mm · termostat 99,5 °C	—	99,5	—	—	56,2	60	10,0 cm noktası, 2/3 boncuk düştü, ilk düşme 14 s

Bakır çubuk (termostat 99,5 °C), 60. saniyede 10 cm noktasında sıcaklık 56,2 °C. İlk boncuk düşmesi 14. saniyede.

Deneyin dayandığı ilke

Kalorimetre enerji dengesi su, alüminyum kap, numune ve çevreye kaçan ısıyı kapsar. Öz ısı deneyi ancak metal yeterince ısınıp karışım dengeye ulaştığında geçerlidir. Erime deneyinde buzun başlangıç sıcaklığı, ıslaklık ve kalan buz hesaba katılır. İletim çubuklarında sıcaklık dağılımı tek boyutlu ısı denklemiyle (k , p ve yan yüzeyden çevreye kayıp dahil) çözülür. Termometre çözünürlüğü 0,1 °C ve terazi 0,1 g'dır.

Simülasyondaki araç-gereçler

Alüminyum kalorimetre ve yalıtkan dış kap	1
0,1 °C dijital termometre	1
Isıtıcı ve 600 mL beher	1
Al, Fe, Cu ve Pb silindir	4
0,1 g dijital terazi	1
Cu, Al, Fe, cam ve ahşap iletim çubuğu	5
Kızılötesi termometre	1

Öğrenme çıktıları

FİZ.9.4.2

FİZ.9.4.3

FİZ.9.4.4

FİZ.9.4.5

FİZ.9.4.6

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Kaynar su ve ısıtıcı yüzeyi yakar. Silindiri iple ve tutma çubuğuyla taşı, eline alma. Kaynar suyu dökülmeyecek biçimde tut. Isıtılan çubukların ucuna ve sıcak banyoya dokunma. Termometreyi karıştırıcı gibi kullanma.

Öğretmene öneriler

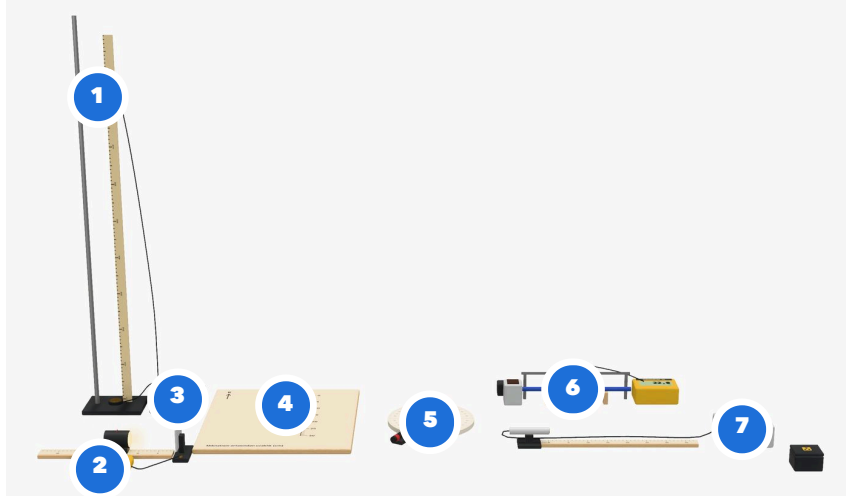
- Denge öncesi ve yeterince ısınmamış metal kayıtlarını geçersiz olarak tartışın.
- Islak buzun ek su kütlesi getirdiğini ve erime ısısını yanlış tahmin ettirdiğini gösterin.
- Öz ısı ile ısı iletkenliği birbirinden ayırın. Hızlı iletken metalin öz ısısı zorunlu olarak büyük değildir.

26

Fiziğin Alt Dalları ve Kariyer Haritası

9. sınıf · Fizik Bilimi ve Kariyer Keşfi

26



1 Bilye ve düşme standı

2 Lamba ve güneş pili

3 Zamanlayıcı

4 Çubuk mıknatıs ve pusula

5 Lazer ve akrilik yarım silindir

6 Isıtılan metal çubuk

7 Geiger-Müller sayacı

Öğrenci önce altı olaydan ölçüm alır, sonra olayı fiziğin ana ve katkı veren alt dallarına yerleştirir ve son olarak ölçümle bağlantılı meslekleri eşleştirir.

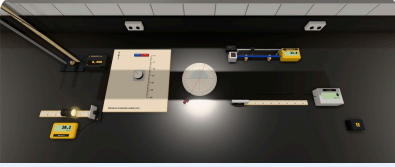
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Fiziği ölçüm ve model kurma üzerinden tanımlamak
- ✓ Mekanik, elektromanyetizma, optik, termodinamik, atom ve katıhal fiziği olaylarını sınıflandırmak
- ✓ Bir olayın birden çok alt dalla ilişkili olabileceğini göstermek
- ✓ Fizik tabanlı mesleklerin kullandığı ölçümleri sorgulamak

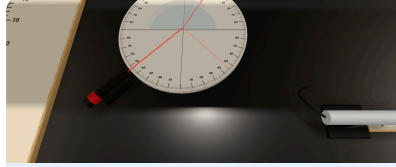
Sınıf
9. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili. Çok düzenekli
istasyonlarda görevler
gruplar arasında bölünebilirZorluk
OrtaÖn bilgi
Temel ölçme, birim ve fizik
olayları

Deneyin yapılışı

- 1 Olayı çalıştır kipinde Düşen bilye seçin, yüksekliği ayarlayıp Bırakın ve süreyi kaydedin.
- 2 Pusula, lazer, çubuk, sayaç ve güneş pili olaylarının her birinde en az bir kontrolü değiştirip ölçüm alın.
- 3 Dalına yerleştir kipinde ana dalı ve varsa katkı dallarını seçip Kontrol edin.
- 4 Meslek eşleştir kipinde mesleği, dayandığı olayı ve gerekçeyi seçip kontrol edin.
- 5 Genişletme hesaplarını yalnız ölçümden sonra açın. Sınıflandırma sonucunu sayısal doğrulama gibi sunmayın.



Altı mini düzenek, farklı fizik alt dallarının ortak ölçme yaklaşımını tek tezgahta gösterir.



Kırmızı lazer akrilik yarım silindire kırılırken açı diski optik ölçüm sağlar.

Örnek ölçüm sonuçları

Bölüm	Olay / meslek	Ayar	Ölçülen	Hesap (genişletme)	Seçim	Not
Olay	Düşen çelik bilye	$h = 0,70 \text{ m}$	$t = 0,380 \text{ s}$	$g = 2h/t^2 = 9,70 \text{ m/s}^2$	—	Zamanlayıcı 1 ms çözünürlüklü

0,70 m yükseklikten bırakılan çelik bilyenin düşme süresi 0,380 s. Bundan $g \approx 9,70 \text{ m/s}^2$ bulunur.

Deneyin dayandığı ilke

Altı mini düzenek kaynak dosyadaki kendi modellerini kullanır: düşmede küçük hava direnci ve elektromıknatısın yaklaşık 2 ms'lik bırakma gecikmesi (bu yüzden $2h/t^2$ ile bulunan g , 9,81'den biraz küçük çıkar), pusulada dipol alanı, kırılmada Snell yasası, çubukta bir boyutlu ısı yayılımı, GM sayımında Poisson süreci ve güneş pilinde ışınlıma değişen I-V davranışı. Sayısal hesaplar genişletmedir, dal ve kariyer eşleştirmeleri ölçüm kanıtından sonra yapılır.

Simülasyondaki araç-gereçler

19 mm çelik bilye ve zamanlayıcı stant	1
Çubuk mıknatıs, pusula ve cetvel	1 takım
Lazer, açı diski ve akrilik yarım silindir	1 takım
Cu, Al, piring, çelik ve cam çubuk	5
Geiger-Müller sayacı ve kapalı kaynak	1
Lamba, güneş pili ve dijital ölçer	1 takım

Öğrenme çıktıları

FİZ.9.1.1	FİZ.9.1.2	FİZ.9.1.3
FİZ.9.1.4		

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Lazeri göze doğrultma ve yansıyan ışığa bakma. Isıtıcı blok ve metal çubuk ısınır, dokunma. Radyoaktif kaynaklarla yalnızca öğretmenin izni ve gözetimi altında çalış, kullanılmayan kaynağı kapaklı kutusunda sakla. Düşen bilyenin altına elini uzatma.

Öğretmene öneriler

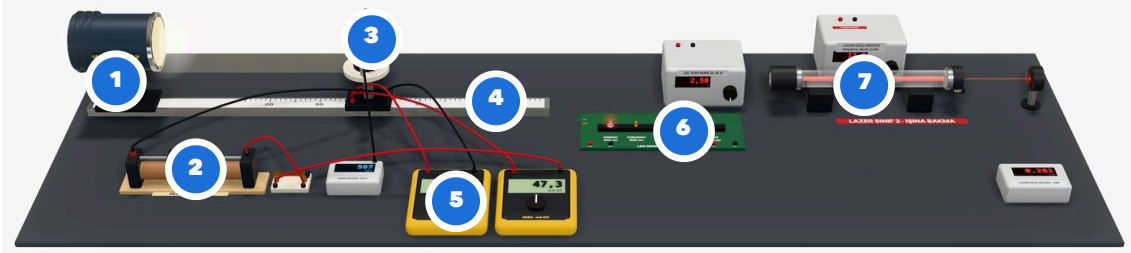
- Bir olayı yalnız tek dala zorlamayın. Ana dal ile katkı veren dalları gerekçeyle ayırın.
- GM ve düşme ölçümlerinde belirsizliği görünür tutun. Hesaplanan değerleri kusursuz sabit saymayın.
- Kariyer eşleştirmesini meslek adı ezberi yerine hangi ölçümü kullandığı üzerinden yaptırın.

27

LED, Güneş Pili ve Lazer

12. sınıf · Modern Fiziğin Teknolojideki Uygulamaları

27



1 150 W halojen lamba

4 Optik ray

7 He-Ne tipi lazer modeli

2 Reosta (0-200 Ω)

5 Dijital multimetre

3 Döner güneş pili

6 LED kartı (5 renk)

Güneş pilinde I-V ve güç eğrisi, LED'de doğru/ters kutuplama ve renk eşiği, lazerde pompa akımı ve rezonatör aynalarının eşik davranışı karşılaştırılır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Güneş pilinin ışıını elektrik gücüne dönüştürmesini açıklamak
- ✓ Yük direncinden en büyük güç noktasını bulmak
- ✓ LED'in doğru ve ters kutuplamasını karşılaştırmak
- ✓ LED rengi ile yaklaşık eşik gerilimini ilişkilendirmek
- ✓ Uyarılmış ışıma ve rezonatörün lazer eşiğindeki rolünü açıklamak

Sınıf
12. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili. Çok düzenekli
istasyonlarda görevler
gruplar arasında bölünebilirZorluk
OrtaÖn bilgi
Elektrik devresi, ışık ve enerji
dönüşümü

Deneyin yapılışı

- 1 Güneş pili kipinde lambayı açın. Uzaklık, panel eğimi ve reostayı değiştirerek V, I ve P kaydedin.
- 2 Eğriyi tara düğmesiyle 0-200 Ω ve açık devre noktalarını alın. En büyük güç çevresini ölçümle doğrulayın.
- 3 LED kipinde rengi seçin, doğru kutuplamada kaynak gerilimini yavaşça artırıp ışığın başladığı bölgeyi kaydedin. Ters yönü ayrıca deneyin.
- 4 Lazer kipinde aynalar takılıken pompa akımını artırın. Çıkış gücü eğrisini tarayın.
- 5 Aynaları çıkarıp aynı pompa akımında yönlü ışının oluşmadığını karşılaştırın.



Lamba, ışınım ölçer ve döner güneş pili optik rayda. Reosta yükü I-V eğrisini tarar.



Lazer modelinde uyarılmış atomlar ve rezonatör aynaları, eşik üstünde yönlü ışın oluşturur.

Örnek ölçüm sonuçları

Mod	Koşul	Ayar	V (V)	I (mA) · lazerde pompa akımı	P (mW) · lazerde ışık gücü	Not
Güneş pili	40 cm · 0° · 561 W/m ²	R = 60 Ω	2,837	47,4	134,5	

Güneş pili 40 cm uzaklıkta ve 0° açıda, 60 Ω yükte: 2,837 V, 47,4 mA ve 134,5 mW.

Deneyin dayandığı ilke

Güneş pili beş seri hücreli diyot modeliyle, LED akımı seri 100 Ω direnç ve diyot davranışıyla hesaplanır. Lazer modeli pompa akımına bağlı kazancı ayna kayıplarıyla karşılaştırır. Eşik üstünde yönlü çıkış oluşur. Lamba uzaklığı için geometrik yayılma ve panel eğimi için izdüşüm kullanılır. Verim, LED'den Planck sabiti ve lazer eşik uyumu isteğe bağlı genişletmelerdir.

Simülasyondaki araç-gereçler

150 W halojen lamba ve optik ray	1
5 hücreli döner güneş pili	1
Işınım ölçer	1
0-200 Ω reosta	1
Dijital multimetre	2
Kırmızı, turuncu, sarı, yeşil ve mavi LED kartı	5 LED
He-Ne tipi lazer ve değişen çıkış aynası	1 takım

Öğrenme çıktıları

12.6.2.1	12.6.2.2	12.6.2.3
12.6.2.4	12.6.2.5	12.6.5.1
12.6.5.2		

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Gerçek laboratuvarında halojen lamba çok ısınır, dokunma. Bu düzenekteki lazer Sınıf 2 sınırını içindedir (çıkış gücü en çok 1 mW) ama yine de lazer ışınına doğrudan bakma, ışını göz hizasında tutma ve parlak yüzeylere çevirme. LED'i her zaman seri dirençle kullan, dirençsiz bağlanan LED aşırı akımla bozulur. Yalnızca düşük gerilimli kaynak kullan.

Öğretmene öneriler

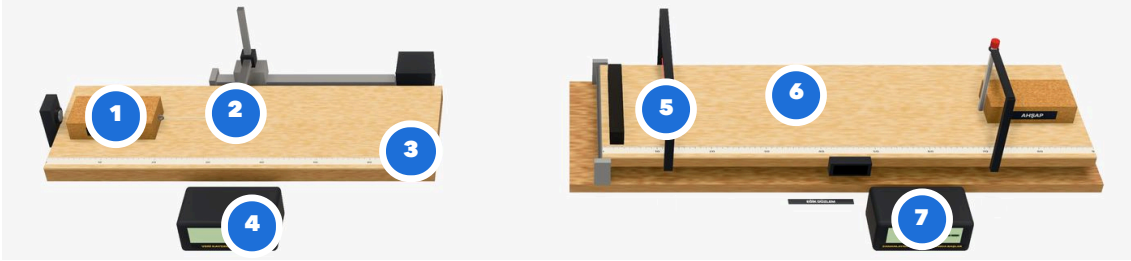
- Açık devre gerilimi ile kısa devre akımını aynı yük koşulu gibi yorumlatmayın.
- LED eşik geriliminden h hesabının yaklaşık bir yöntem olduğunu belirtin.
- Lazerde kendiliğinden ısıma, uyarılmış ısıma ve rezonatör geri beslemesini ayrı gözlemlerle kurun.

28

Newton Yasaları ve Sürtünme

11. sınıf · Kuvvet ve Hareket

28



1 Ahşap tabanlı blok

2 Motorlu çekici

3 Yatay sürtünme tahtası

4 Veri kaydedici

5 Işık kapısı

6 Krikolu eğik düzlem

7 Zamanlayıcı

Yatay düzende statik tepe ve kinetik plato ölçülür. Eğik düzende kayma açısı ve ışık kapısı süresinden sürtünme katsayıları bulunur.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Statik ve kinetik sürtünmeyi kuvvet-zaman grafiğinde ayırt etmek
- ✓ Sürtünmenin normal kuvvet ve yüzey çiftiyle ilişkisini ölçmek
- ✓ Temas alanının ideal Coulomb modelindeki etkisini sınamak
- ✓ Eğik düzlemde Newton yasalarını serbest cisim diyagramıyla yorumlamak

Sınıf
11. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili, Çok düzenekli
istasyonlarda görevler
gruplar arasında bölünebilirZorluk
OrtaÖn bilgi
Newton yasaları ve kuvvet
bileşenleri

Deneyin yapılışı

- 1 Yatay çekmeyi seçin, ip gergin değilken Sıfırla (dara) düğmesine basın.
- 2 Blok, tahta yüzeyi, temas yüzü ve ek kütleyi seçip Çekin. Koşu bitince kaydedin.
- 3 Kütleyi değiştirerek $F_{s,maks}$ ve F_k -N grafiği oluşturun, sonra temas yüzünü değiştirin.
- 4 Eğik düzleme geçip Bloğu başa alın. Açığı yavaşça artırarak Pimi kaldırın ve kayma açısını bulun.
- 5 Kayma açısının üstünde sabit açıda bırakıp ışık kapısı süresinden ivmeyi bulun.
- 6 Her iki düzende serbest cisim diyagramındaki gerçek kuvvetleri işaretleyip kontrol edin.



Yatay tahtada motorlu çekici bloğu çeker. Kuvvet algılayıcısının okuması veri kaydedicide görünür.



Krikolu eğik düzlemde pim kaldırılınca blok ışık kapısına kayar ve süre ölçülür.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Blok - yüzey	Temas yüzü	m (g)	$F_{s,maks}$ (N)	F_k (N)	θ (°)	t (s)	a (m/s ²)	μ_s	μ_k
Yatay çekme	Ahşap / Ahşap	Geniş yüz	250	1,22	0,79	—	—	—	0,50	0,32

Ahşap blok - ahşap yüzey, geniş temas yüzü, 250 g: $F_{s,maks} = 1,22$ N, $F_k = 0,79$ N $\rightarrow \mu_s = 0,50$, $\mu_k = 0,32$.

Deneyin dayandığı ilke

Coulomb modelinde statik sürtünme 0 ile $\mu_s N$ arasında uygulanan kuvveti dengeler, kayarken $f_k = \mu_k N$ olur. Katsayılar temas alanından ve hızdan bağımsız alınmıştır. Gerçek yüzey saçılması her denemeye eklenir. Kuvvet sensörü 0,01 N çözünürlük ve yaklaşık 0,01 N gürültü taşır, sıfırlanmadan 0,15 N ofsetlidir. Açı 0,1°, zaman 0,1 ms çözünürlüktedir.

Simülasyondaki araç-gereçler

72 cm yatay sürtünme tahtası ve üç yüzey	1
90 cm krikolu eğik düzlem	1
Ahşap, Al, kauçuk ve teflon tabanlı blok	4
250 g çelik levha	4
Motorlu çekici ve kuvvet algılayıcısı	1
Konum algılayıcısı	1
Işık kapısı ve zamanlayıcı	1

Öğrenme çıktıları

FİZ.11.1.4	FİZ.11.1.5
FİZ.11.1.6	FİZ.11.1.7

Gerçek laboratuvarıda güvenlik

Eğik düzlemin altına ve kayan bloğun yoluna elini sokma. Eğimi artırırken menteşeyi ve krikon vidasını tutma, parmakların sıkışabilir. Çelik levhaları ve blokları düşürme. Motorlu çekici çalışırken ray ile ip arasına el uzatma.

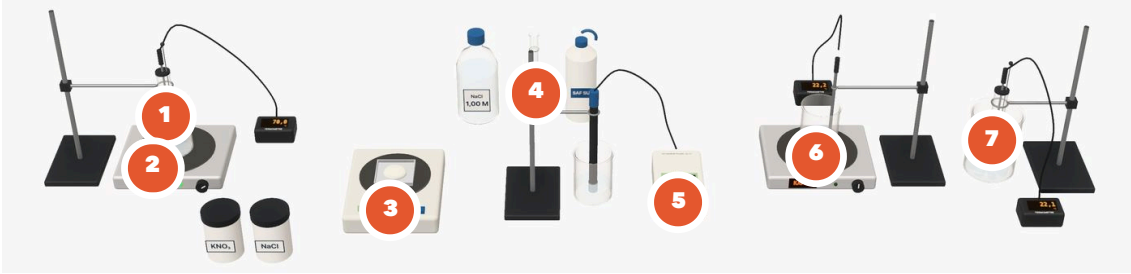
Öğretmene öneriler

- Dara yapılmamış çekmeleri geçerli veri olarak kullanmayın.
- Temas alanı denemesinde kütle ve yüzey çiftini aynı tutun.
- Bileşke kuvveti ayrı bir temas kuvveti gibi serbest cisim diyagramına eklemeyin.

29

Çözünürlük ve Koligatif Özellikler

10. sınıf · Çeşitlilik



- | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1 Kaynama tüpü ve termometre | 2 Isıtıcı su banyosu (250 mL) | 3 Terazi (0,01 g) ve tartım kabı |
| 4 Ölçü balonu (100 mL) | 5 İletkenlik ölçer | 6 Kaynama beheri ve ısıtıcı |
| 7 Buz-tuz banyosu ve donma tüpü | | |

KNO_3 ve NaCl örnekleri 10 ya da 20 g suda çözülür, soğurken ilk kristalin belirdiği ve ısıtırken son kristalin kaybolduğu sıcaklık okunur. İkinci bölümde 1,00 M stoklardan hazırlanan çözeltilerin iletkenliği ölçülür. Son bölümde saf su, NaCl , CaCl_2 ve sakkarozun kaynama ve ilk donma noktaları aynı termometre ve kontrolle karşılaştırılır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Kristallenme sıcaklığını 100 g su başına çözünürlük değerine dönüştürmek
- ✓ Aşırı doygunluk, soğutma hızı ve tohum kristalin ölçüme etkisini ayırmak
- ✓ KNO_3 ile NaCl çözünürlük eğrilerinin sıcaklık bağımlılığını karşılaştırmak
- ✓ Molarite ve çözünen türünü iletkenlikle ilişkilendirmek
- ✓ Saf su kontrolünden kaynama yükselmesi ve donma alçalmasını bulmak
- ✓ Koligatif değişimi çözünen kütle, molü ve tanecik miktarı eksenlerinde sorgulamak

Sınıf
10. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili, üç alt düzenek gruplara dağıtılabilirZorluk
Orta - zorÖn bilgi
Çözelti, derişim, mol

Deneyin yapılışı

- 1 Tartım kabını tara edin, tuzu ve su kütlesini seçip tamamen çözünene kadar banyoyu ısıtın.
- 2 Yavaş soğutmada ilk kristali, hızlı soğutmada gecikmeyi ve tohum kristalli ölçümü karşılaştırın.
- 3 En az dört kütleyle KNO_3 ve NaCl için 100 g suya göre noktalar toplayın.
- 4 İletkenlik bölümünde önce $V_1 = 0$ mL saf suyu, sonra farklı tür ve derişimleri ölçün.
- 5 Kaynama/donma bölümünde önce saf su kontrolünü kaydedin. Çözünen maddeyi ve kütleyi değiştirip plato değerlerini alın.
- 6 Grafiğin yatay eksenini kütle, mol ve tanecik miktarı arasında değiştirip örüntüyü yorumlayın.



Soğuyan KNO_3 çözeltisinde kristaller görünürken dijital termometre ve banyo ayarı.



İletkenlik hücresi 100 mL ölçü balonundan hazırlanmış NaCl çözeltisinde.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Madde	Düzenek	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Sonuç ve değerlendirme
İletkenlik	NaCl	0 mL stok (1,00 M) → 100 mL	$\kappa = 1,5$ $\mu\text{S}/\text{cm}$	$c = 0,00$ M	saf su (sıfır noktası)
İletkenlik	NaCl	10 mL stok (1,00 M) → 100 mL	$\kappa = 10,7$ mS/cm	$c = 0,10$ M	saf suyun 7114 katı
İletkenlik	NaCl	25 mL stok (1,00 M) → 100 mL	$\kappa = 25,0$ mS/cm	$c = 0,25$ M	saf suyun 16664 katı

Kristallenme ve plato kayıtları ancak istasyonun olay koşulu gerçekleşince oluşur. İletkenlik serisi, modelin 25°C bağıntılarıdır, laboratuvar kalibrasyonu yerine geçmez. Tablodaki "katı" oranları yuvarlanmamış iletkenlikten hesaplanır. Yaklaşık $7,1 \times 10^3$ ve $1,67 \times 10^4$ olarak okunmalıdır.

Deneyin dayandığı ilke

Doymuş çözeltide çözünen miktarı sıcaklığa ve maddeye bağlıdır. Kristallenme gecikirse aşırı doymunluk görülür. İyon taşıyan çözeltiler elektrik iletir. Uçucu olmayan çözünen, çözücünün kimyasal potansiyelini düşürerek kaynama noktasını yükseltir ve donma noktasını düşürür. Büyüklük ilk yaklaşımda molalite ile çözünen tanecik sayısına bağlıdır.

Simülasyondaki araç-gereçler

0,01 g terazi, tartım kabı, KNO_3 ve NaCl	1 takım
Isıtıcı 250 mL su banyosu, kaynama tüpü ve termometre	1
İletkenlik ölçer, hücre sabiti 1 cm^{-1}	1
1,00 M stok çözeltiler ve 100 mL ölçü balonu	1 takım
Kaynama beheri, ısıtıcı ve kaynama taşı	1
600 mL buz-tuz banyosu ve donma tüpü	1
NaCl , CaCl_2 ve sakkaroz	3

Öğrenme çıktıları

KİM.10.2.4	KİM.10.2.5
KİM.10.2.6	KİM.10.2.7
KİM.10.2.8	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Sıcak plaka ve kaynar su yakar, tüpü ve beheri kısıkaçla tut. KNO_3 yükseltgendir, yanıcı maddelerden uzak tut. CaCl_2 ve tuzlar göze kaçmasın, gözlük tak. Buz-tuz banyosu cildi dondurabilir, eldiven kullan. Laboratuvarında hiçbir maddeyi tadma.

Öğretmene öneriler

- NaCl eğrisi yatık olduğundan küçük derişim hatasının çıkarılan sıcaklıkta büyük belirsizlik yaratabileceğini gösterin.
- Saf su kontrolünü aynı termometreyle ölçmeden ΔT hesabı yaptırmayın.
- Donma sırasındaki ilk plato ile buz oluştuktan sonraki aşağı kaymayı iki ayrı gözlem olarak tutun.

30

Alev Testi ve Etkileşimli Periyodik Tablo

9. sınıf · Etkileşim



- | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|--|
| 1 Kobalt cam (8 × 8 cm) | 2 Doğrudan görüşlü el spektroskobu | 3 Hava ayarlı Bunsen beki |
| 4 Seyreltik HCl temizleme kabı | 5 Cam saplı Ni-Cr tel halka | 6 Tuz çözeltileri (LiCl, NaCl, KCl, ...) |
| 7 H-Kr etkileşimli periyodik pano | | |

Li, Na, K, Ca, Sr ve Cu klorürlerinin alev rengi ile el spektroskobundaki çizgileri karşılaştırılır. Tel kirliliği, hava ayarı ve kobalt cam ayrı ayrı denir. Aynı istasyondaki pano elektron dizilimi, iyon yükü, periyot-grup çıkarımı, periyodik özellik grafikleri ve ardışık iyonlaşma enerjisi görevlerini birleştirir.

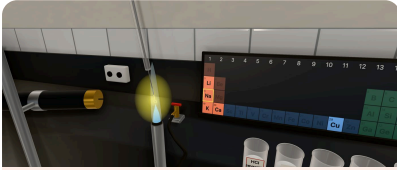
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Alev rengini aynı tel temizliği ve hava ayarında karşılaştırmak
- ✓ Spektroskop imlecinden çizgi veya bant dalga boyunu belirsizliğiyle okumak
- ✓ Na kirliliğini ve kobalt camın seçici geçirgenliğini gözleminden ayırmak
- ✓ Elektronları enerji sırasına, Pauli ve Hund ilkelerine göre yerleştirmek
- ✓ Nötr atom diziliminden periyot ve grup çıkarmak
- ✓ Atom yarıçapı, iyonlaşma enerjisi ve elektronegatiflikteki eğilimleri gerçek veriden yorumlamak

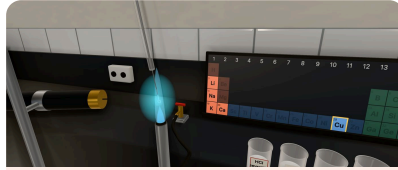
- Sınıf
9. sınıf
- Süre
40 dk (öneri)
- Çalışma
İkili, alev gözlemi ve veri görevleri dönüşümlü yürütülür
- Zorluk
Orta
- Ön bilgi
Atom modeli, elektron ve periyodik tablo

Deneyin yapılışı

- 1 Beki hava ayarı açık, mavi alev verecek biçimde yakın. Teli HCl'de temizleyip seçilen çözeltiliye daldırın ve aleve tutun.
- 2 Alev rengini kaydedin, spektroskopu açıp imleci belirgin çizgi ya da banda getirin.
- 3 K ve Na gözlemlerinde kobalt camı kullanıp tel temizliğinin etkisini karşılaştırın.
- 4 Elektron diziliminde atom numarası ve iyon yükünü seçip orbitalleri doldurun. Dizilimi denetleyin.
- 5 Nötr atomun periyot ve grubunu seçip kontrol edin.
- 6 Eğilim grafiğinde bir seri ve özellik seçin. Ardından ardışık iyonlaşmadaki en büyük sıçramayı yorumlayın.



NaCl örneği temiz telde mavi bek alevine tutulmuş. Sarı emisyon baskın görünür.



CuCl₂ örneği temiz telde mavi bek alevine tutulmuş. Alev yeşilimsi mavi görünür, periyodik panoda Cu işaretlidir.

Örnek ölçüm sonuçları

Bölüm	Madde / element	Gözlem	Ölçüm	Karşılaştırma / sonuç
Alev testi	LiCl (Li) · çıplak göz, tel daldırmadan önce yıkandı	Koyu kırmızı (karmin)	—	spektroskop açık değil

Alev rengi ve spektrum, kaynak çizgileri ile öğretim amaçlı bant modelinden üretilir. LiCl satırı çıplak gözle, tel üç kez HCl ile yıkayıp alevde sarı renk kalmadıktan sonra alınmıştır. Tel tek kez yıkarsa üzerinde kalan eser Na (589 nm), göz bu bölgeye çok daha duyarlı olduğu için Li'nin karmin kırmızısını (671 nm) bastırır ve alev turuncu-kırmızı görünür.

Deneyin dayandığı ilke

Alevde uyarılan atom ve moleküller belirli dalga boylarında ışık yayar. Görülen renk çizgi ve bantların göz duyarlılığıyla ağırlıklı toplamıdır. Elektronlar temel halde düşük enerjili orbitallerden başlayarak yerleşir. Periyodik özellikler yalnız tekdüze bir okla değil, çekirdek yükü, perdeleme ve alt kabuk yapısıyla birlikte yorumlanır. Ardışık iyonlaşmada büyük sıçrama değerlik elektronlarından iç kabuğa geçildiğini gösterir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Hava ayarlı Bunsen beki	1
Cam saplı Ni-Cr tel halka	1
LiCl, NaCl, KCl, CaCl ₂ , SrCl ₂ , CuCl ₂ ve bilinmeyen X	7 şişe
Seyreltilmiş HCl temizleme kabı	1
Kobalt cam (8 × 8 cm)	1
Doğrudan görüşlü el spektroskopu	1
H-Kr etkileşimli periyodik pano (ana görev Z = 1-20, Z = 21-36 isteğe bağlı)	1

Öğrenme çıktıları

KİM.9.1.4	KİM.9.1.5	KİM.9.1.6
KİM.9.1.7	KİM.9.1.8	

Gerçek laboratuvarlarda güvenlik

Tuz çözeltileri derisiktir (yaklaşık 1 M), cildi ve gözü tahriş eder. Gözlük, eldiven ve önlük tak. Çözeltilere elle dokunma, yalnızca tel halka kullan. Bek yanarken saçını topla, yanıcı maddeleri uzak tut, sıcak teli yerine koymadan önce bekle. Bek kullanılmıyorsa gaz musluğunu kapat. Bakır ve stronsiyum çözeltilerini atık kabına dök.

Öğretmene öneriler

- Teli temizlemeden art arda numuneye batırarak Na sarısının gözlemi nasıl bastırıldığını gösterin. Sonra temiz tel kontrolüne dönün.
- Alev renginden elektron dizilimi çıkarmayın. Alev bölümü ile orbital bölümünün farklı kanıt türleri kullandığını açıkça ayırın.
- Periyodik eğilimlerde "her adımda kesin artar" genellemesini grafik üzerindeki ters adımlarla sınavın.

31

Hibritleşme ve Molekül Modeli

12. sınıf · Karbon Kimyasına Giriş



1 Çubuk-top molekül modeli takımı

2 Döner model standı

3 Elmas, grafit ve C₆₀ numune şişeleri

4 İletkenlik devresi (pil, ampul, mA metre)

5 O₂ tüpü ve regülatör

6 Boru fırını ve yanma borusu

7 Mg(ClO₄)₂ ve NaOH tutucu U tüpleri

Hazır moleküller ya da 2-4 karbonlu zincirler model takımında kurulur. Atom seçilerek σ/π bağ sayısı, hibritleşme, geometri ve bağ açısı okunur. Elmas, grafit ve C₆₀ numuneleri çizme ve iletkenlik düzeninde karşılaştırılır. Yakma analizinde numune, H₂O ve CO₂ tutucu tüpler ayrı ayrı tartılır. Kütle artışlarından basit ve molekül formülü bulunur.

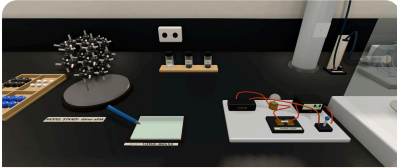
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Tek, çift ve üçlü bağlarda σ ve π bileşenlerini ayırmak
- ✓ Bağ çevresinden sp^3 , sp^2 ve sp hibritleşmesini ve ideal açığı çıkarmak
- ✓ Elmas, grafit ve C₆₀ yapısını sertlik ve iletkenlikle ilişkilendirmek
- ✓ Grafitte iletkenliğin tabaka yönüne bağlılığını yorumlamak
- ✓ Yakma ürünlerinden C ve H miktarını, farktan O miktarını bulmak
- ✓ Basit formül ile mol kütlesinden molekül formülüne geçmek

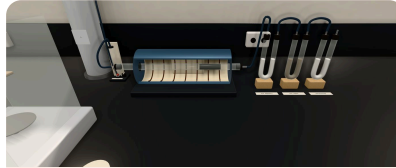
Sınıf
12. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili, model, allotrop ve yakma görevleri paylaşılabılırZorluk
ZorÖn bilgi
Kovalent bağ, mol ve formül hesabı

Deneyin yapılışı

- 1 Hazır bir molekül seçin, merkez atom ve iki komşuyu seçerek hibritleşme ile açığı kaydedin.
- 2 Karbon zinciri kurma kipinde C sayısını ve C-C bağ türlerini değiştirin. Hidrojenlerin değeriği tamamlamasını izleyin.
- 3 Allotrop bölümünde her numuneyi cama sürüp sonucu kaydedin. Devreyi açıp akımı okuyun.
- 4 Grafitte tabakaları akıma paralel ve dik yerleştirerek iki akımı karşılaştırın.
- 5 Yakma analizinde boş kayıkçı ve iki tutucu tüpü tartıp okumaları deftere yazın. Numuneyi ekleyip yeniden tartın.
- 6 O₂ akışını ve fırını açın, kayıkçı sıcak bölgeye itin, yanma bitince tüpleri yeniden tartın ve formülü denetleyin.



Elmas, grafit ve C₆₀ modelleri, cam çizme ucu ve iletkenlik devresiyle birlikte.



Boru fırını, CuO dolgusu ve H₂O/CO₂ tutucu tüplerden oluşan yakma analizi hattı.

Örnek ölçüm sonuçları

Etkinlik	Madde / numune	Ölçüm	Değer	Sonuç	Yorum	Not
Allotrop	Elmas	Cam: Cam çizildi	iletkenlik denenmedi	açı ölçülmedi	sp ³ · 4σ, n yok	Üç boyutlu kovalent ağ

Molekül ve kristal görünüşleri ölçekli öğretim modelleridir. Yakma sonucu yalnız istasyonun tartım ve geçerli tam yanma koşulları tamamlanınca kaydedilir.

Deneyin dayandığı ilke

Elektron bölgesi geometrisi sp³ için dörtyüzlü, sp² için düzlem üçgen, sp için doğrusaldır, ortaklanmamış çift içeren H₂O (açısal, 104,5°) ve NH₃ (üçgen piramit, 107°) için molekül geometrisi dörtyüzlüden sapar. Çift ve üçlü bağlar bir σ ile sırasıyla bir ve iki n bağı içerir. Karbon allotroplarının farklı bağ ağları farklı sertlik ve iletkenlik verir. Yakma analizinde CO₂ kütlesi karbonu, H₂O kütlesi hidrojeni belirler, yalnız C, H ve O içeren numunede oksijen kütle farkından bulunur.

Simülasyondaki araç-gereçler

C, H, O, N toplanı ve tek/çift/üçlü bağ çubukları	1 takım
Döner model standı	1
Elmas, grafit ve C ₆₀ numune/modeli	3
Cam levha ve çizme ucu	1'er
3 AA pil, ampul, miliampermetre ve numune yuvası	1 takım
Boru fırını, yanma borusu, kayıkçı ve CuO	1 takım
O ₂ tüpü, regülatör ve akış ölçer	1
Mg(ClO ₄) ₂ ve NaOH tutucu U tüpleri	2
Analitik terazi, 0,1 mg	1

Öğrenme çıktıları

12.2.2.1	12.2.3.1	12.2.4.1
12.2.5.1	12.2.5.2	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Fırın 900 °C'ye çıkar, boruya ve fırın kasasına çıplak elle dokunma. Oksijen yanmayı hızlandırır, akışı açıkken kıvılcım ve alev kullanma. Tüpler cam, düşürme. Numuneler yalnızca öğretmenin verdiği miktarda ve koruyucu gözlükle kullanılır. İletkenlik düzeneğinde yalnızca düşük gerilimli pil kullanılır.

Öğretmene öneriler

- Hibritleşmeyi atomun fiziksel biçimi gibi sunmayın. Bağ yönlerini açıklayan bir model olduğunu belirtin.
- Grafit ölçümünde tabakaya paralel/dik yönü kayda geçirin. Tek bir "grafit iletken" cümlesi anizotropiyi gizler.
- Eksik yanmada is kalsa bile sayısal tüp artışları oluşabilir. Geçersiz koşulu formül tayininden dışlatın.

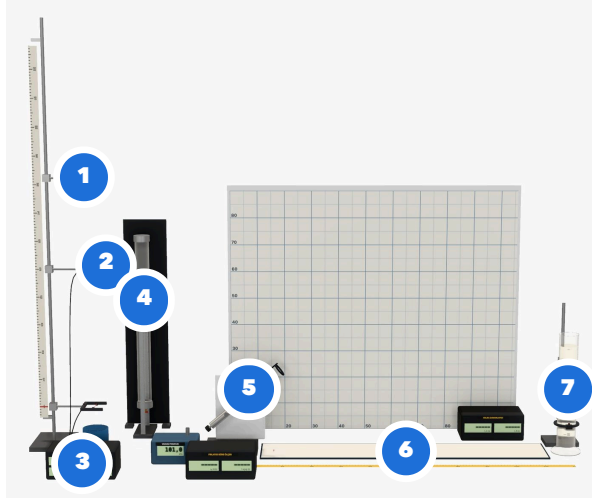
32

Serbest Düşme, İki Boyutta Hareket ve Limit Hız

11. sınıf · Kuvvet ve Hareket

LABORATUVAR
GÜVENLİK KURALLARI

- Koruyucu gözlük ve önlük giy.
- Laboratuvarda yiyip içme.
- Kimyasalları doğrudan koklama.
- Sıcak cam malzemeyi maşayla tut.
- Isıtıcıyı gözetimsiz bırakma.
- Yangın tüpünün vanasını açma.



- 1 Düşme sehpa ve elektromıknatıs
- 4 Newton tüpü
- 7 1000 mL silindir

- 2 Işık kapısı
- 5 Yaylı fırlatıcı

- 3 Zamanlayıcı
- 6 Yakalama şeridi

Çelik bilye ve pinpon topunda düşme ivmesi, vakum tüpünde hava direnci, fırlatıcıda yatay/düşey bileşenler ve sıvı sütununda limit hızı etkileyen değişkenler incelenir.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Serbest düşme ivmesini ışık kapısı ve video verisinden bulmak
- ✓ Hava direncinin cisim ve basınca bağlı etkisini kanıtlarla yorumlamak
- ✓ İki boyutlu harekette yatay ve düşey bileşenleri ayırmak
- ✓ Limit hızın bilye çapı, yoğunluğu ve sıvı viskozitesiyle değişimini incelemek

Sınıf
11. sınıf

Süre
40 dk (öneri)

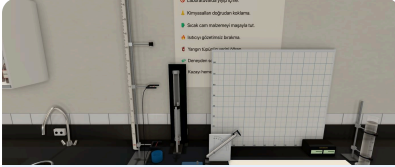
Çalışma
İkili. Çok düzenekli istasyonlarda görevler gruplar arasında bölünebilir

Zorluk
İleri

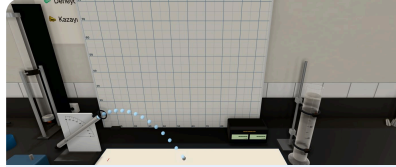
Ön bilgi
Sabit ivmeli hareket, grafik ve akışkan direnci

Deneyin yapılışı

- 1 Düşme kipinde cismi, h yüksekliğini ve kapı 1 konumunu seçip Bırakın. Hareket bitince kaydedin.
- 2 Video analizi aralığını düşüşün içinden seçin ve v-t eğiminden ivmeyi bulun.
- 3 Newton tüpünde basıncı seçip Tüpü çevirin. Para ve tüyün varış farkını kaydedin.
- 4 İki boyutlu kipte yay kademesi ve açığı seçip Ateşleyin. Namlu hızı, uçuş süresi ve menzili kaydedin.
- 5 İki bilye kurulumunda yatay atılan ve bırakılan bilyenin sürelerini karşılaştırın.
- 6 Limit hız kipinde sıvı, madde ve çapı tek tek değiştirip iki halka arasındaki ortalama hızı alın.



Elektromıknatıstan bırakılan bilye iki ışık kapisından geçer. Dört zaman göstergesi ve video grafikleri aynı koşuyu kaydeder.



Yaylı fırlatıcıdan çıkan bilyenin çoklu pozlu izi ızgaralı levhada parabolik yörüngeyi gösterir.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Ayarlar	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Hesap
Serbest düşme	Çelik bilye					$g = 2h/(t_2 + t_2/2)^2$
	16 mm	$t_1 =$	$t_1 =$	$t_2 =$	$t_2 =$	$= 9,67 \text{ m/s}^2, g =$
	(16,7 g), h	0,2467	6,60	0,4048	4,04	$\Delta v/\Delta t = 9,81 \text{ m/s}^2$
	$= 0,80 \text{ m},$ $s_1 = 0,30 \text{ m}$	s	ms	s	ms	(Δt kesme ortalarından)

0,80 m'den düşen 16 mm çelik bilye: kapı kesme ortalarından $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, t_2 tabanlı formülden $9,67 \text{ m/s}^2$. t_2 tabanlı değer, elektromıknatıs bırakma gecikmesi ($\approx 2-3 \text{ ms}$) yüzünden yaklaşık %1 küçük çıkar. Kesme ortalarından $\Delta v/\Delta t$ bu gecikmeden etkilenmez.

Deneyin dayandığı ilke

Çelik ve pinpon topunda ağırlık, kaldırma ve hızın karesiyle sürüklenme. Newton tüpünde basınca bağlı hava yoğunluğu kullanılır. Fırlatıcı hava direncini ihmal eder, namlu hızında %0,6 saçılma vardır. Sıvı sütununda Reynolds sayısına bağlı sürüklenme, kaldırma, eklenen kütle ve yaklaşık duvar düzeltmesi bulunur. Kapı zamanları, bırakma gecikmesi, video konumu ve şerit okumaları ayrı belirsizlikler taşır. Pinpon topu için ideal serbest düşme yaklaşık kalır.

Simülasyondaki araç-gereçler

1,5 m düşme sehpa,	1 sehpa,
elektromıknatıs ve ışık kapisı	2 kapı
16 ve 25 mm çelik bilye, pinpon topu	3
120 kare/s kamera	1
Newton tüpü, para, tüy ve vakum pompası	1 takım
Yaylı fırlatıcı ve yakalama şeridi	1
İkinci bilye bırakıcı	1
1000 mL silindir ve üç sıvı	1 silindir
Çelik, cam ve naylon bilye	9

Öğrenme çıktıları

FİZ.11.1.1

FİZ.11.1.2

FİZ.11.1.3

FİZ.11.1.8

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Sehpa ağır tabanlı olmalı ve düz zemine sabitlenmelidir. Düşen bilyeyi yakalama kabında karşıla. Fırlatıcının önünde durma ve namluya bakma, ateşleme sırasında yüzünü uzak tut. Cam tüpü ve silindiri iki elinle tut, kırılırsa parçalara çıplak elle dokunma. Vakum altındaki cam tüpe vurma. Dökülen gliserin ve yağ zemini kaydırır, hemen sil.

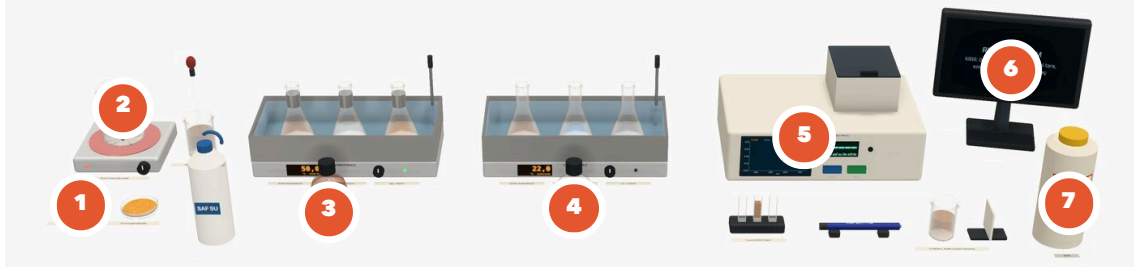
Öğretmene öneriler

- Bilye merkezi için kapı kesilme ortasını kullanın. Başlangıç kenarı zamanı doğrudan düşme süresi değildir.
- Çelik bilye ve pinpon topu farkını kütleyle bağlı g olarak yorumlatmayın. Sürüklenme/ağırlık oranını tartışın.
- Limit hız deneyinde sütun uzunluğunun limit hızı değiştirmediğini, yalnız hızı ulaşma olanağını etkilediğini belirtin.

33

Evsel Atıktan Metal Nanoparçacık

9. sınıf · Sürdürülebilirlik



- | | | |
|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 1 Çay posası / turuncgil kabuğu özütü | 2 Beher (100 mL), ısıtıcı ve termometre | 3 AgNO_3 çözeltisi |
| 4 CuSO_4 çözeltisi | 5 UV-Vis spektrofotometre ve küvet | 6 Referans TEM, EDS ve kırınım kartı |
| 7 Etiketli metal atık kabı | | |

Süzülmüş evsel atık özütü AgNO_3 ya da CuSO_4 çözeltisine aktarılır. Derişim, sıcaklık, süre ve Cu için azot örtüsü değiştirilir. Su körü, yalnız özüt, yalnız tuz ve tepkime numunesi UV-Vis'te ayrı ayrı taranır. Kontrollerde bulunmayan bant, referans TEM-EDS-kırınım kartıyla birlikte değerlendirilir. Metal içeren atık için ayrı toplama senaryosu hesaplanır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Özüt ve metal tuzu kontrollerini tepkime numunesinden ayırmak
- ✓ UV-Vis spektrumunda tepe, bant farkı ve yarı yükseklik genişliğini okumak
- ✓ Renk ve Tyndall saçılmasının tek başına nanoparçacık kanıtı olmadığını açıklamak
- ✓ TEM boyutunu EDS element ve kırınım faz kanıtıyla birlikte yorumlamak
- ✓ $\text{Cu}/\text{Cu}_2\text{O}$ karışımında saf metalik Cu iddiasının sınırını belirtmek
- ✓ Başlangıç metal kütesinden ayrı toplama sonrası çevreye karışabilecek üst sınırı hesaplamak



Sınıf
9. sınıf



Süre
40 dk (öneri)



Çalışma
İkili, kontrol spektrumları görev paylaşımıyla alınır



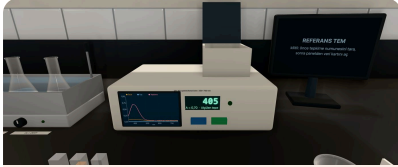
Zorluk
Orta - zor



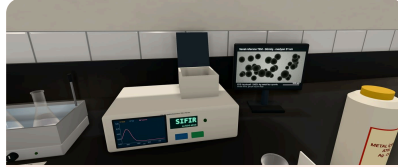
Ön bilgi
Çözelti, ışığın soğurulması, kanıt ve kontrol

Deneyin yapılışı

- 1 Metal protokolünü ve özütü seçin. Derişim, sıcaklık ve bekleme süresini ayarlayın.
- 2 UV-Vis'i saf suyla sıfırlayın, özüt, tuz ve tepkime numunelerini aynı seri içinde ayrı ayrı tarayın. Tyndall ön kontrolünü kanıt saymayın.
- 3 Tepkime eğrisinden iki kontrolü çıkaran bant farkını ve genişliği okuyun.
- 4 Referans TEM ve yapı kartını açıp boyut, element ve faz kanıtını birlikte değerlendirin.
- 5 Ag için oluşum, Cu için ayrıca saf metalik Cu çıkarımı seçip denetleyin.
- 6 Geri kazanım yüzdesini değiştirip çevreye karışabilecek metal üst sınırını karşılaştırın.



UV-Vis ekranında özüt, tuz ve tepkime spektrumlarının kontrollü karşılaştırması.



Referans TEM boyut dağılımı, EDS ve kırınım faz kartı açıklanarak kanıt değerlendirilmesi.

Örnek ölçüm sonuçları

Protokol ve koşul	Süre (dk)	Karşılaştırma λ (nm)	A(özüt)	A(tuz)	A(tepkime)
Ag · Çay posası · 1,0 mmol/L · 50 °C · seri 1	30	405	0,10	0,01	0,70

UV-Vis, TEM ve atık değerleri istasyonun öğretim modelinden gelir. Kaynak açıkça referans/sentetik veri olarak işaretlenir. Laboratuvar sentez doğrulaması değildir.

Deneyin dayandığı ilke

Metal tuzu metal kaynağıdır, bitkisel özüt indirgeme ve kararlaştırmaya katkı verir. Metal nanoparçacıkların yüzey plazmon soğurması Ag için yaklaşık 405-420 nm, Cu için 570-600 nm bölgesinde bant verebilir. Oluşum iddiası, iki kontrolün üstünde ayırt edici bant ile yapısal/element kanıtının birlikte bulunmasını gerektirir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Behir (100 mL), ısıtıcı ve termometre	1 takım
Süzülmüş çay posası ve turuncu il kabağı özütü	2
AgNO ₃ ve CuSO ₄ çözeltisi	2
Cu protokolü için azot örtüsü	1
UV-Vis, su körü ve 1 cm küvet	1 takım
Referans TEM, EDS ve elektron kırınımı kartı	1
Lazer işaretçi ve Tyndall kabı (ön kontrol)	1 takım
Etiketli metal atık kabı	1

Öğrenme çıktıları

KİM.9.3.1 KİM.9.3.2

Gerçek laboratuvar da güvenlik

Metal tuzu çözeltileri ve nanoparçacık süspansiyonları cilt ve çevre için risk taşıyabilir. Koruyucu gözlük ve eldiven kullan. Gümüş nitrat leke bırakır. Bakır tuzunu, gümüş tuzunu ve tüm metal içeren sıvıları etiketli tehlikeli atık kabında topla. Lazer işaretçi ışığına doğrudan bakma ve ışığı kimseye tutma. Gerçek sentezi yalnız öğretmen gözetiminde ve uygun laboratuvar koşullarında yap.

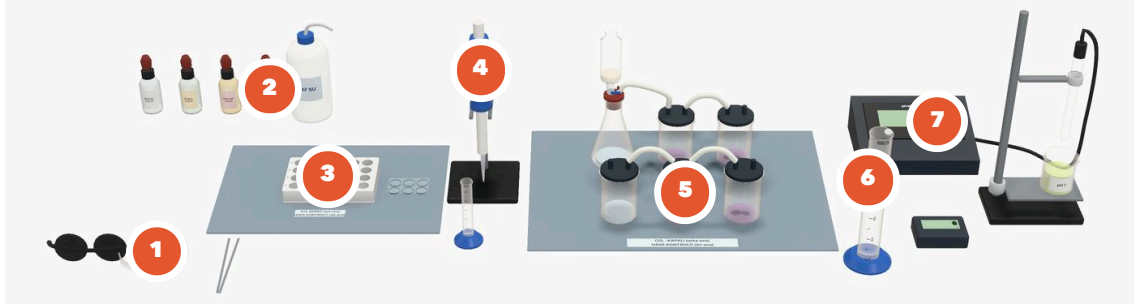
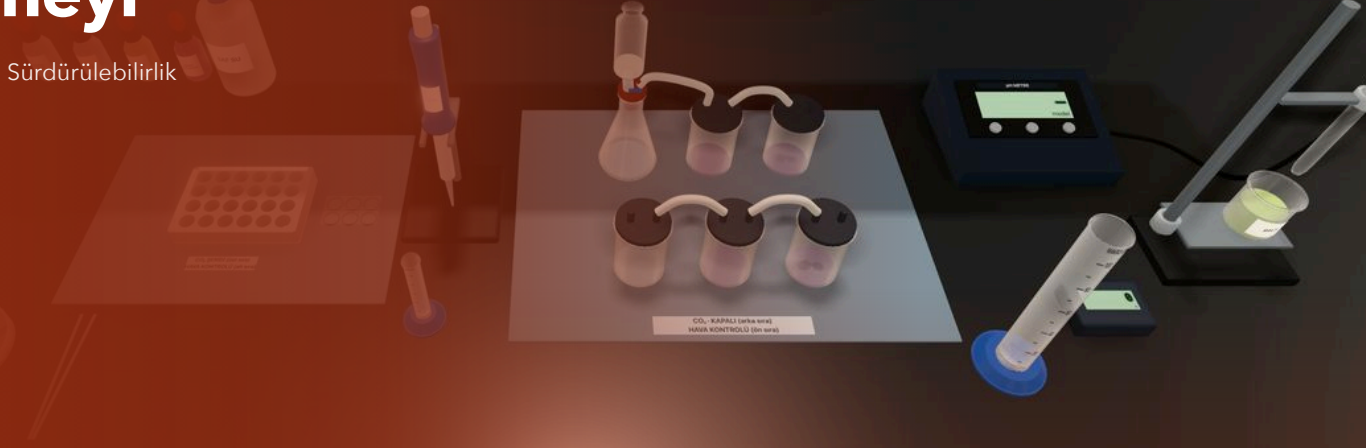
Öğretmene öneriler

- Önce su körü ve iki kontrol tamamlanmadan tepkime rengini yorumlatmayın.
- Cu deneyinde bant ve TEM oluşumu desteklese bile karışık Cu/Cu₂O fazından "saf Cu" sonucu çıkarmayın.
- Geri kazanım yüzdesinin toksisiteyi söylemediğini. Yalnız metal kütlesi için bir üst sınır verdiğini belirtin.

34

Mikro Ölçekli Asit Yağmuru Deneyi

10. sınıf · Sürdürülebilirlik



- | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 Petri kabı ve yaprak parçaları | 2 Mor lahana özütü ve ayıraçlar | 3 Kapaklı 3 mL kuyucuklu plaka |
| 4 Mikropipet | 5 Kapalı makro beher hatti | 6 Mezür |
| 7 pH metre ve pH 7 tamponu | | |

CO_2 veya SO_2 , sitrik asitle tepkime veren NaHCO_3 ya da Na_2SO_3 çözeltisinden kapalı düzenekte üretilir. Gaz, mor lahana ayırıcı ve yaprak suyu bulunan bölmelere yayılır. Aynı koşul mikro kuyucuk ve 25 kat ölçekli makro beher düzeneğinde çalıştırılır. PH örüntüsü, süre, kimyasal kullanımı, atık ve kapalı gaz yükü karşılaştırılır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ CO_2 ve SO_2 'nin kapalı sulu ortamda oluşturduğu asitlik örüntüsünü ölçmek
- ✓ Mikro ve makro ölçekte bağımsız değişkenleri eşleştirmek
- ✓ Benzer pH örüntüsünü kimyasal ve atık miktarından ayrı değerlendirmek
- ✓ Mor lahana rengini pH kategorisiyle ilişkilendirmek
- ✓ Gaz üretilmeyen hava kontrolünün rolünü açıklamak
- ✓ Mikro ölçekli laboratuvar atığını azaltma ile atmosferik SO_2 kaynağını azaltmayı ayırmak



Sınıf
10. sınıf



Süre
40 dk (öneri)



Çalışma
İkili, mikro ve makro kayıtları
iki grup alabilir



Zorluk
Orta



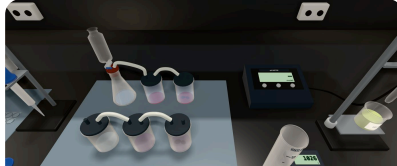
Ön bilgi
Asitlik, pH, sınırlayıcı madde

Deneyin yapılışı

- 1 pH metre kalibrasyon gösterimini tamamlayın. CO₂ ve mikro ölçeği seçin.
- 2 Çözelti miktarı çarpanını ayarlayıp deneyi başlatın. Hazırlık bitince ölçüm anına ilerleyin.
- 3 Ayıraç, yaprak suyu ve hava kontrolü pH'larını. Kimyasal, atık ve gaz yükünü kaydedin.
- 4 Aynı gaz ve dozda makro düzeneği çalıştırıp ikinci kaydı alın.
- 5 SO₂ için aynı iki ölçeği yineleyin. Renk ve pH örüntülerini karşılaştırın.
- 6 Kayıtlardan mikro ölçek seçimi ve kaynaktan SO₂ azaltma önerisini ayrı ayrı değerlendirin.



Mikro kuyucuk şeridinde CO₂ deneyi ölçüm anında. Ayıraç ve yaprak bölmeleri kapalıdır.



Makro beher düzeninde aynı doz çarpanıyla daha fazla kimyasal, atık ve daha uzun taşınım süresi.

Örnek ölçüm sonuçları

Gaz	Ölçek ve doz	Süre (s)	Ayıraç pH	Yaprak suyu pH	Kimyasal (g)	Toplanan atık (g)	Azami gaz yükü (mg)	Renk
CO ₂	Mikro - 1,00x	120	4,20	4,21	0,0144	1,00	3,52	pembe-mor

pH ve kaynak kullanımı modelden hesaplanır. Deney kapalıdır, SO₂ gerçek sınıf ortamına salınmaz. Sonuçlar doğal yağış ölçümü değildir. Renk sütunu ayıraçın şematik sınıflamasıdır (pH < 3,5 kırmızı; 3,5-5 pembe-mor; > 5 mor).

Deneyin dayandığı ilke

Sınırlayıcı madde gazın azami miktarını belirler. Gaz bölmeler arasında derişim farkıyla taşınır. Çözünmüş asit türünün ayrışması pH değerini oluşturur. Geometrik ölçek büyüdükçe kullanılan madde ve atık 25 kat artarken taşınım süresi yaklaşık 25^{2/3} kat büyür.

Simülasyondaki araç-gereçler

Kapaklı 3 mL kuyucuklu plaka ve iki sızdırmaz şerit	1
Kapalı makro beher ve bağlantı kanalları	1 takım
0,200 M NaHCO ₃ , 0,100 M Na ₂ SO ₃ , 0,200 M sitrik asit	3
Mor lahana özütü, saf su ve yaprak parçaları	1 takım
pH 7 tamponu ve pH metre	1
Mikropipet ve mezür	1'er
Gaz tutucu ve kimyasal atık kabı	1'er

Öğrenme çıktıları

KİM.10.3.1

KİM.10.3.2

Gerçek laboratuvarında güvenlik

SO₂ solunum yollarını tahriş eden zehirli bir gazdır. SO₂ üretimi yalnızca kapalı sanal düzenekte gösterilir, gerçek okul laboratuvarında bu adımları uygulama. Bütün gazlar kapalı tutulur ve atık gaz tutucuda toplanır. Çözeltilerle gerçek çalışmada gözlük ve eldiven kullan.

Öğretmene öneriler

- Kalibrasyon pH 7 tamponunu gösterir. Hava kontrolünün yaklaşık pH 5,6 olması kalibrasyon hatası değildir.
- Mikro ve makro kaydı aynı gaz ve doz anahtarıyla eşleştirin. Aksi halde çıkartım düğmesi geçerli karşılaştırma yapmaz.
- Daha az laboratuvar atığı ile atmosferik kirlenici kaynağını azaltma kararlarını birbirine karıştırmayın.

35

Yeşil Kimya: Biyohidrojen ve Mikroplastik

11. sınıf · Sürdürülebilirlik



- | | | |
|--------------------------|----------------------------------|---|
| 1 pH ve sıcaklık probu | 2 Sızdırmaz biyoreaktör (500 mL) | 3 Isıtıcı karıştırıcı |
| 4 Gaz yıkama şişesi | 5 Silika jel kurutucu | 6 H ₂ /CO ₂ gaz analizörü |
| 7 Kuru gaz torbası (6 L) | | |

İlk görevde 250 mL besiyerindeki maya kontrolü ile *Clostridium butyricum* kültürü karşılaştırılır, toplam kuru gaz, H₂/CO₂ bileşimi ve başlangıç glikoz eşdeğerine göre H₂ verimi kaydedilir. İkinci görevde işlem körü, 100 mL su ya da 1 g kozmetik örneği süzülür. Dört görüş alanındaki $\geq 100 \mu\text{m}$ şüpheliler sayılır ve ATR-FTIR eğitim verisiyle doğrulanır.

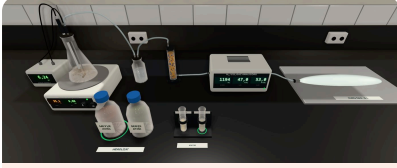
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Toplam gaz hacmi ile H₂ hacmini gaz bileşiminden ayırmak
- ✓ Kültür, hidrolizat, pH ve sıcaklığın H₂ verimine etkisini kontrollü karşılaştırmak
- ✓ Maya kontrolünün CO₂ üretilen H₂ üretmediğini göstermek
- ✓ Mikroplastik sayımında işlem körünü örnekle aynı yoldan geçirmek
- ✓ Görsel şüpheli sayısını FTIR ile doğrulanmış plastik sayısından ayırmak
- ✓ Optik sayımın sağlık etkisini ve nanoplastikleri ölçmediğini belirtmek

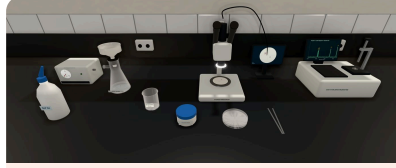
- Sınıf
11. sınıf
- Süre
40 dk (öneri)
- Çalışma
İkili, biyogaz ve mikroplastik görevleri paylaşılabilir
- Zorluk
Zor
- Ön bilgi
Fermantasyon, gaz bileşimi, analitik kanıt

Deneyin yapılışı

- 1 Analizörü sıfırlayın, maya kontrolünü başlatıp en az 1 saatlik kuru gaz kaydı alın.
- 2 *C. butyricum*, hidrolizat, glikoz eşdeğeri, pH ve sıcaklığı seçip eş koşullu ikinci deneyi çalıştırın.
- 3 Toplam gazdan H_2 payını hesaplayın ve başlangıç glikoz eşdeğerine bölün.
- 4 Mikroplastik görevinde önce işlem körünü süzün. Dört alanı tarayıp şüpheli sayıyı girin.
- 5 ATR-FTIR sonuçlarını açın ve doğrulanmış plastik sayısını kaydedin.
- 6 Su veya kozmetik örneğini aynı yöntemle işleyin. Kör düzeltmeli sonucu ve yöntem sınırını raporlayın.



C. butyricum biyoreaktörü ile kuru gaz sayacı ve H_2/CO_2 analiz hattı.



Büchner süzme, dört alanlı mikroskop taraması ve ATR-FTIR eğitim verisi.

Örnek ölçüm sonuçları

Görev	Düzenek / örnek	Koşullar	Ham ölçüm	Bileşim / FTIR	Düzeltilmiş sonuç	Not
Biyohidrojen	Maya kontrol	Meyve atığı hidrolizatı, 4 g glikoz eşd., pH 6,25, 35 °C, 6,00 saat	601 mL kuru gaz	H_2 %0,0, CO_2 %100,0	0,0 mL H_2/g	H_2 0,0 mL · gaz sayacı 1 mL, analizör %0,5

Biyohidrojen satırları belirlenimli reaktör modelidir. Mikroplastik ve FTIR kayıtları sentetik eğitim verisidir. Çevresel ya da klinik ölçüm olarak yorumlanmaz.

Deneyin dayandığı ilke

Gaz analizörü kuru gazdaki H_2 ve CO_2 hacim payını ölçer. $V(H_2) = V_{toplam} \cdot x(H_2)$. Verim, başlangıç glikoz eşdeğeri gramı başına H_2 hacmidir. Mikroplastik sonucunda doğrulanmış örnek sayısından işlem köründeki doğrulanmış plastik çıkarılır. Görsel morfoloji kimyasal kimlik yerine geçmez.

Simülasyondaki araç-gereçler

Sızdırmaz biyoreaktör (500 mL) ve besiyeri (250 mL)	1
<i>C. butyricum</i> ve <i>S. cerevisiae</i> kontrol kültürü	2
Meyve/sebze hidrolizatı, glikoz eşdeğeri belirlenmiş	2
Termostat, karıştırıcı, pH ve sıcaklık problemleri	1 takım
Gaz yıkama şişesi, silika jel, 6 L torba, gaz sayacı ve H_2/CO_2 analizörü	1 hat
250 mL kitaset, Büchner hunisi, pompa ve membran	1 takım
Stereo mikroskop ve ATR-FTIR	1'er

Öğrenme çıktıları

KİM.11.3.1

KİM.11.3.2

KİM.11.3.3

Gerçek laboratuvarda güvenlik

Bu deney sanal ortamda yapılır. Gerçek biyohidrojen kültürü ve yanıcı gaz kapalı, gözetimli laboratuvar düzeneği gerektirir. Gazı yakarak tanımlama testi yapılmaz, bileşim analizörle ölçülür. Numune hazırlarken gözlük ve eldiven kullan, mikroplastik için çıplak elle filtreye dokunma.

Öğretmene öneriler

- Maya kontrolünde çıkan gazı "hidrojen" saydırmayın. Analizör bileşimi olmadan toplam gaz kimliği bilinmez.
- Kör çıkarımı kontaminasyonu yaklaşık düzeltir, belirsizliği ortadan kaldırmaz.
- Parçacık varlığından sağlık zararı sonucu çıkarmak için maruziyet ve sağlık sonucu verisi gerektiğini ayrı bir kanıt sorusu olarak tutun.

36

Fonksiyonel Grup Testleri

12. sınıf · Organik Bileşikler



1 Ayraç şişeleri

2 Deney tüpleri ve tüplük

3 Isıtıcı su banyosu

4 Sıvı atık kabı

5 50 mL erlenmeyer

6 10 mL mezür

Siklohekzen, etanol, etanal, propanon ve etanoik asitten oluşan sınırlı bilinmeyen havuzunda bikarbonat, bromlu su, 2,4-DNPH, Tollens ve Fehling testleri uygulanır. Her test pozitif ve negatif kontrolle aynı süre sonunda karşılaştırılır. Esterleşme bölümünde etanoik asit ile etanol ısıtılır. Ürün fazı yıkanıp ayrılır ve kalan asit bikarbonatla sınıanır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Her fonksiyonel grup testini pozitif ve negatif kontrolle doğrulamak
- ✓ Gaz, renk ve çökelek gözlemi modelden hesaplanan miktardan ayırmak
- ✓ Brom sonucunun alken için tek başına özgül olmadığını göstermek
- ✓ DNPH, Tollens ve Fehling kanıtlarını birlikte kullanarak aldehit/keton ayırımı yapmak
- ✓ Etanoik asit ile etanolden etil etanoat oluşumunu denge tepkimesiyle açıklamak
- ✓ Ürün yıkaması sonrası kalan asidi bikarbonat kontrolüyle değerlendirmek

🎓 Sınıf
12. sınıf

🕒 Süre
40 dk (öneri)

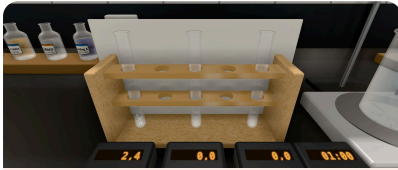
👥 Çalışma
İkili, kontrol tüpleri görev paylaşımıyla yürütülür

🔧 Zorluk
Orta - zor

📖 Ön bilgi
Fonksiyonel gruplar, organik tepkimeler

Deneyin yapılışı

- 1 Bilinmeyi ve testi seçin, pozitif, bilinmeyen ve negatif tüpleri aynı gözlem süresiyle ayrı ayrı çalıştırın.
- 2 Üç kontrol geçerli olduğunda testi kaydedin. Yeni testte kontrolleri yeniden çalıştırın.
- 3 Karar ağacındaki adayları en az iki geçerli testle daraltıp çıkarımınızı denetleyin.
- 4 Gerçek laboratuvarıda Tollens ayırıcı her kullanımdan hemen önce taze hazırlanır. Saklanmaz, kurutulmaz ve artığı öğretmenin yönergesine göre bertaraf edilir.
- 5 Esterleşmede etanol hacmi, banyo sıcaklığı ve süreyi seçin. Ürünü yıkayıp ayırın.
- 6 Ürün ile asit kontrolünü bikarbonatla karşılaştırıp ester ağırlıklı fazı kaydedin.



Bikarbonat testinde pozitif, bilinmeyen ve negatif tüpler aynı rafta karşılaştırılır.



Esterleşme banyosu, yıkama-ayırma basamağı ve 10 mL mezürde ürün fazı.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Numune/koşul	Yöntem	Pozitif kontrol	Bilinmeyen/ürün	Negatif kontrol	Çıkarım
Ayıraç testi	Numune A	Sodyum bikarbonat, 60 s · modelden hesaplanan miktarlar	2,4 mL CO ₂	0,0 mL CO ₂	0,0 mL CO ₂	Belirgin tepkime yok

Sayısal miktarlar model çıktısıdır, tüplerde doğrudan ölçülmüş değer değildir. Bilinmeyen çıkarımı yalnız tanımlı beş maddelik havuz için geçerlidir.

Deneyin dayandığı ilke

Bikarbonat karboksilik asitle CO₂ verir. Bromlu su doymamış bağ ve bazı indirgen türlerle tepkimeye girebilir. 2,4-DNPH karbonilleri çöktürür. Tollens ve Fehling ayıraçları aldehyitleri yükseltger (Tollens'te gümüş aynası, Fehling'de kiremit kırmızısı Cu₂O çökeleği). Ketonlar bu testlere olumsuz yanıt verir. Esterleşme CH₃COOH + C₂H₅OH ⇌ CH₃COOC₂H₅ + H₂O dengesidir. Tek bir test yerine bağımsız kontroller ve birden çok kanıt birlikte yorumlanır.

Simülasyondaki araç-gereçler

15 cm deney tüpü, tüplük ve beyaz fon	3+
Puarlı dereceli pipet	1
0,500 M NaHCO ₃ ve 0,005 M bromlu su	2
0,100 M 2,4-DNPH ve taze 0,100 M Tollens	2
Fehling A ve B, A'da 0,28 M CuSO ₄	2
Isıtıcı su banyosu ve prob	1
Etanoik asit, etanol, katalizör ve yıkama suyu	1 takım
50 mL erlenmeyer ve 10 mL mezür	1'er
Sıvı atık kabı	1

Öğrenme çıktıları

12.3.1.1	12.3.1.3	12.3.2.1
12.3.3.1	12.3.5.1	12.3.6.1
12.3.7.1		

Gerçek laboratuvarıda güvenlik

Bromlu su ve 2,4-DNPH tahriş edicidir, Fehling çözeltileri ve Tollens ayırıcı öğretmen gözetimi gerektirir. Gözlük ve eldiven tak. Numuneleri koklama veya tatma. Tollens ayırıcı yalnız taze hazırlanır, asla saklanmaz. Bekleyen veya kuruyan gümüşlü kalıntılarda gümüş fulminat dahil patlayıcı bileşik riski vardır. Gerçek atık işlemini öğretmen laboratuvar yönergesine göre yürütür. Bu riskli tepkimeler sanal deneyde gösterilir.

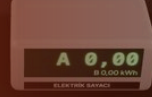
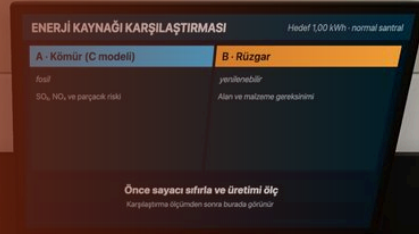
Öğretmene öneriler

- Kontroller tamamlanmadan bilinmeyen satırını geçerli saymayın. Isıtmalı testte banyonun hazır olmasını bekleyin.
- Etanolün bromlu suyu da renksizleştirebildiğini kullanarak "renk açıldı = alken" çıkarımını sorgulayın.
- Tollens güvenliğini sanal ortamda yapılmasıyla gevşetmeyin: taze hazırlanır, bekletilmez ve kurutulmaz.

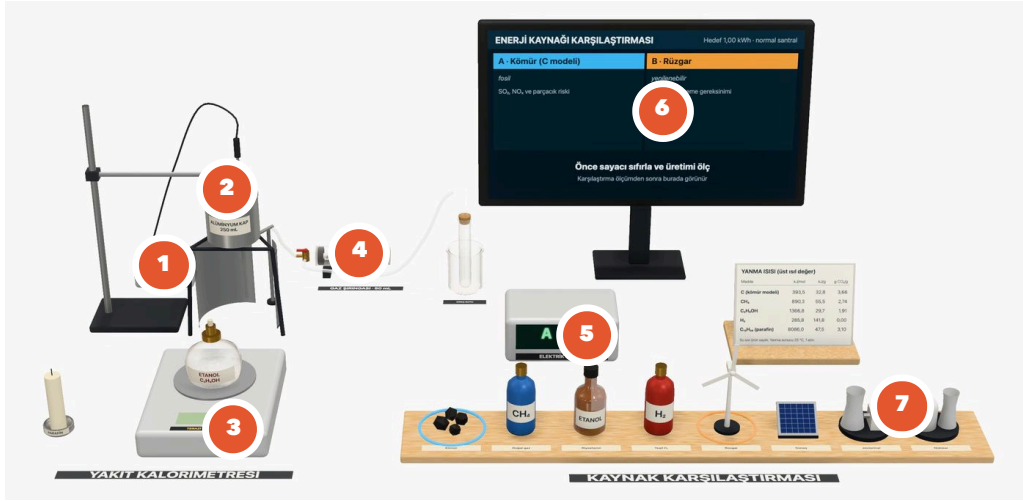
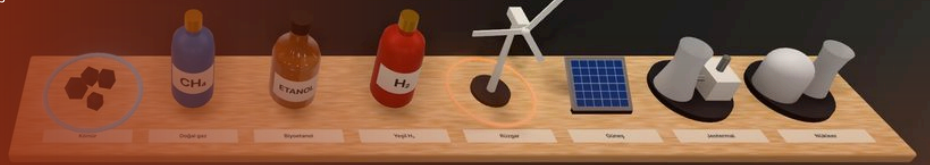
37

Enerji Kaynakları ve Emisyonlar

11-12. sınıf · Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler



YANMA ISI (20 °C'de)			
Yakıt	Isı	Isı	Isı
C (Kömür modeli)	295,5	32,8	3,68
CH ₄	890,3	95,5	2,16
C ₂ H ₅ OH	1386,5	28,7	1,91
H ₂	1209,5	141,8	0,85
C ₁₀ H ₈ (parafin)	8086,0	47,8	3,11



- 1 0,1 °C termometre
- 2 Alüminyum kalorimetre kabı (250 mL)
- 3 0,01 g terazi (etanol lambalı)
- 4 50 mL gaz şırıngası
- 5 Elektrik sayacı
- 6 Enerji kaynağı ekranı
- 7 Enerji kaynağı modelleri

Ana görevde kömür, doğal gaz, etanol, yeşil H₂, rüzgar, güneş, jeotermal ve nükleer kaynaklar aynı elektrik çıktısı için karşılaştırılır. Yakıt tüketimi, doğrudan CO₂ ve örnek yaşam döngüsü salımı ayrı gösterilir. Alt deneyde etanol ya da parafin yakılır. Su ve alüminyum kapta tutulan ısı, yanan kütle ve literatür yanma enerjisiyle karşılaştırılır. Yanma gazı kireç suyunda nitel olarak sınanır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Enerji kaynaklarını aynı kWh çıktısı üzerinden karşılaştırmak
- ✓ Doğrudan CO₂ ile örnek yaşam döngüsü CO₂e değerini ayırmak
- ✓ Santral veriminin yakıt tüketimi ve doğrudan salıma etkisini hesaplamak
- ✓ $q = (m_{\text{su}}c + C_{\text{kap}})\Delta T$ ile tutulan ısıyı bulmak
- ✓ Ölçülen kJ/g değerini literatür değeri ve ısı kaybıyla yorumlamak
- ✓ Kireç suyu testinin CO₂ varlığına nitel kanıt verdiğini, miktar vermediğini açıklamak



Sınıf
11-12. sınıf



Süre
40 dk (öneri)



Çalışma
İkili, kaynak karşılaştırması ve kalorimetre paylaşılabilir



Zorluk
Orta



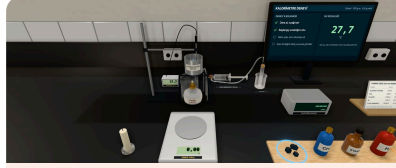
Ön bilgi
Enerji, mol, yanma ve ısı hesabı

Deneyin yapılışı

- 1 İki enerji kaynağı ile 0,5-2,0 kWh arasında aynı elektrik hedefini seçip üretimi ölçün.
- 2 Yakıt, doğrudan CO₂, yaşam döngüsü senaryosu ve diğer etkileri ayrı sütunlarda karşılaştırın.
- 3 Kömür veya gaz için verim iyileştirmesini açıp aynı elektrik çıktısındaki farkı kaydedin.
- 4 Kalorimetreye geçin, yakıtı ve su kütlesini seçip dara ile ilk sıcaklığı okuyun.
- 5 Ocağı yakın, alev sönüp ocak teraziye dönünce son kütle ve sıcaklığı okuyun.
- 6 Gaz örneğini kireç suyuna gönderin. Q, kJ/g ve literatür değerini ısı kaybıyla birlikte yorumlayın.



İki enerji kaynağının aynı elektrik çıktısındaki yakıt ve emisyon kartları.



Etanol ocağı kalorimetre kabının altına alınmış. Termometre, terazi, gaz şırıngası ve kireç suyu aynı düzende.

Örnek ölçüm sonuçları

Mod	Kaynak / yakıt	Koşul	Enerji / elektrik	Yakıt (g)	Doğrudan CO ₂ (g, modelden hesaplanan)	Yaşam döngüsü / suya geçen	Gözlem
Karşılaştırma	Kömür (C modeli)	A normal	1,00 / 1,00 kWh	333,0 / -	1220,1 / 0,0	1300,1 / 12,0 g CO ₂ e	fosil / yenilenebilir. SO ₂ , NO _x ve parçacık riski / Alan ve malzeme gereksinimi
	Rüzgar	B normal					

Kaynak karşılaştırması örnek senaryodur. Kalorimetre değerleri hızlandırılmış, belirlenimli öğretim modelinden gelir, gerçek ölçüm ya da güncel yaşam döngüsü veri tabanı değildir.

Deneyin dayandığı ilke

Aynı elektrik için gereken yakıt enerjisi santral verimine ters orantılıdır. Tam yanmada karbon içeren yakıtın CO₂ miktarı stokiyometriden bulunur. Kalorimetrede su ve kabın aldığı ısı $q = (m_{su}c + C_{kap})\Delta T$, deneysel yanma enerjisi ise $q/\Delta m$ 'dir. Basit açık düzende çevreye ısı kaybı sonucu değer literatürün altında kalır.

Simülasyondaki araç-gereçler

Enerji kaynağı modelleri, elektrik sayacı ve ekran	1 takım
Etanol ispiro lambası ve parafin mum	2
Alüminyum kalorimetre kabı (250 mL), üçayak ve rüzgar siperi	1 takım
0,1 °C termometre ve destek	1
0,01 g terazi	1
50 mL gaz şırıngası ve üç yollu musluk	1
Kireç suyu deney tüpü	1

Öğrenme çıktıları

12.4.1.1	12.4.2.1	12.4.2.2
12.4.3.1	KİM.11.1.1	
KİM.11.1.2		

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Bu düzenek sanaldır. Gerçek deneyde açık alevi yalnız öğretmen gözetiminde kullan. Yanıcı sıvıyı yanan ocağa ekleme. Sıcak kabı elle tutma, ocağı kapakla söndür ve gözlük tak. Yanma gazını doğrudan soluma.

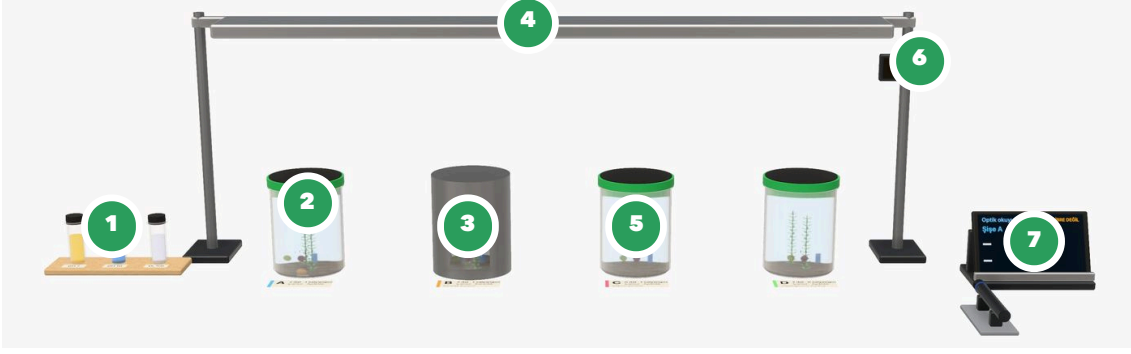
Öğretmene öneriler

- Doğrudan sıfır CO₂ ile yaşam döngüsünde sıfır etkiyi eşitlemeyin. Sayılar senaryo varsayımdır.
- Su kütlesi değişince ΔT değişir, fakat ideal modelde tutulan ısı payı ve yakıtın kJ/g değeri değişmez.
- Kireç suyu bulanıklığından iki yakıtın CO₂ kütlelerini sıralatmayın. Bunun için yanan kütle ve stokiyometri gerekir.

38

Ekosistem Şişesi ve Madde Döngüleri

10. sınıf · Ekoloji



- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1 Kalibrasyon şişecikleri | 2 Elodea dalı | 3 Folyo kılıflı şişe |
| 4 12 saat zamanlayıcı LED lamba | 5 1 L cam şişe ve vidalı kapak | 6 Zamanlayıcı ekranı |
| 7 Optik okuyucu ve ekran | | |

Dört adet 1 L cam şişe, bitki ve tüketici sayısı ile ışık düzeyinin ayrı ayrı değiştirilebildiği kapalı ekosistemlerdir. Öğrenci kontrollü dizilimi kurar, şişeleri kapatır, optik okuyucuyu kalibre eder ve aynı saatte O_2 , pH ile BTB rengini kaydeder. Zaman 6 saatten 7 güne kadar ilerletilebilir. Grafik, yalnız föye kaydedilmiş ölçümleri kullanır. Karşılaştırma denetimi tek etkenle ayrışan şişeleri, enerji akışı denetimi ise ışık → üretici → tüketici → ısı zincirinin ölçümlerdeki dolaylı kanıtlarını arar.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Canlı ve cansız ekosistem bileşenleri arasındaki ilişkiyi O_2 ve pH ölçümleriyle çözümlmek
- ✓ Işıklı ve karanlık şişelerde fotosentez ile solunumun net etkisini ayırmak
- ✓ Bitkisiz, salyangozsuz ve karanlık kontrollerle tek değişkenli karşılaştırma kurmak
- ✓ CO_2 değişimini pH ve BTB rengi üzerinden yorumlamak
- ✓ Maddenin kapalı şişede döndüğünü, enerjinin ışık olarak girip ısı olarak çıktığını açıklamak
- ✓ Enerji aktarım veriminin sabit bir yüzde olmadığını model verileriyle tartışmak

🎓 Sınıf
10. sınıf

🕒 Süre
40 dk (öneri)

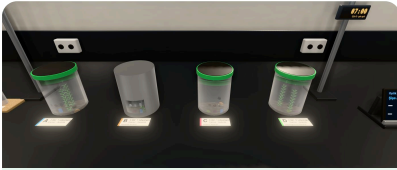
👥 Çalışma
İkili. Bir öğrenci şişeleri okur, diğeri zamanı ve veri tablosunu izler

🔧 Zorluk
Orta

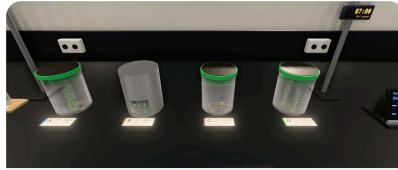
📖 Ön bilgi
Ekosistem bileşenleri, fotosentez, solunum, pH

Deneyin yapılışı

- 1 "Kontrollü dizilim"i seçin, dört şişenin bitki, salyangoz, taban ve ışık etiketlerini karşılaştırın.
- 2 "Şişeleri kapat ve başla" ile kurulumu kilitleyin. Bundan sonra içeriği değiştirmek için yeniden kurmak gerekir.
- 3 Okuyucuyu üç kalibrasyon şişeciğinde kalibre edin. Her şişeyi sırayla okuyup başlangıç O_2 , pH ve BTB rengini kaydedin.
- 4 Zamanı ilerletin. Karşılaştırılan şişeleri aynı gün ve saatte yeniden okuyup kaydedin.
- 5 Grafikte ışıklı-karanlık, bitkili-bitkisiz ve salyangozlu-salyangozsuz çiftleri inceleyin.
- 6 Çıkarmı ve enerji akışı denetimlerini çalıştırın. Modelden hesaplanan karbon, azot ve enerji bütçelerini ölçüm olarak sunmayın.



Kontrollü dizilimin başlangıcı: A normal, B karanlık, C bitkisiz, D salyangozsuz kontrol şişesidir.



Yedi gün sonra aynı saatte dört şişe. Bitki, tüketici ve ışık koşulları farklı O_2 , pH ve BTB eğilimleri üretir.

Örnek ölçüm sonuçları

Şişe	Bitki (dal)	Salyangoz	Taban	Işık	Gün ve saat	O_2 (mg/L)	pH	BTB şeridi
A	2	1	Çamur	Aydınlık	Gün 0, 07:00	8,7	7,99	mavi
B	2	1	Çamur	Karanlık	Gün 0, 07:00	8,7	7,97	mavi
C	0	1	Çamur	Aydınlık	Gün 0, 07:00	8,7	8,01	mavi
D	2	0	Çamur	Aydınlık	Gün 0, 07:00	8,7	8,00	mavi
A	2	1	Çamur	Aydınlık	Gün 7, 07:00	14,5	9,19	mavi
B	2	1	Çamur	Karanlık	Gün 7, 07:00	0,0	7,04	yeşil

Kontrollü dizilimde dört şişe aynı gün ve saatte okunur. Başlangıçta O_2 8,7 mg/L civarındadır. 7. günde bitkili aydınlık şişelerde yükselir (A 14,5, D 17,0 mg/L), bitkisiz aydınlık şişede (C) 1,1, karanlık şişede (B) 0,0 mg/L'ye iner. O_2 ve pH okumalarında küçük gürültü vardır. Değerler gerçek bir akvaryumun ölçülmüş verisi değildir.

Deneyin dayandığı ilke

Şişe maddeye kapalı, enerjiye açıktır. Aydınlıkta Elodea fotosentezle CO_2 tüketip O_2 üretir. Bitki, salyangoz ve ayrıştırıcıların solunumu bunun tersini yapar. Model 12 saat aydınlık-12 saat karanlık döngüsü, ışıkla doyan fotosentez ve O_2 azaldıkça yavaşlayan ayrışma kullanır. pH yalnız karbonat dengesi (CO_2/HCO_3^-) ve sabit 2,0 mmol/L alkaliniteyle hesaplanır. Azot dönüşümlerinin asit-baz etkisi, gaz alışverişi, alg tabakası ve kabarcık oluşumu kapsamaz. Canlıların düşük O_2 ya da yüksek pH nedeniyle ölmesi modellenmez. Okuyucu O_2 'yi 0,1 mg/L, pH'ı 0,01 çözünürlükle ve küçük gürültüyle verir. Kalibrasyonsuz okumada sistematik hata bulunur.

Simülasyondaki araç-gereçler

1 L cam şişe ve vidalı kapak	4
Elodea dalı ve küçük göl salyangozu	kurulumu göre
Kum ya da çamur-çakıl tabanı	4
12 saat zamanlayıcılı LED lamba	1
Alüminyum folyo ve yarı saydam kılıf	2 tür
O_2 ve pH sensör noktası ile BTB şeridi	şişe başına 3
Kablosuz optik okuyucu ve ekran	1
pH 7, pH 10 ve O_2 içermeyen kalibrasyon şişeciği	3

Öğrenme çıktıları

Bİ.Y.10.2.1	Bİ.Y.10.2.2
Bİ.Y.10.2.3	Bİ.Y.10.2.4

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Cam şişeyi dikkatli taşı, kırık camı kendin toplama. Lamba ve prizleri su ile temas ettirme, ıslak elle dokunma. Canlıları nazik tut, deney bitince salyangozları ve Elodea'yı doğaya değil, okul akvaryumuna ya da öğretmenin gösterdiği yere ver. Ellerini deneyden sonra yıka.

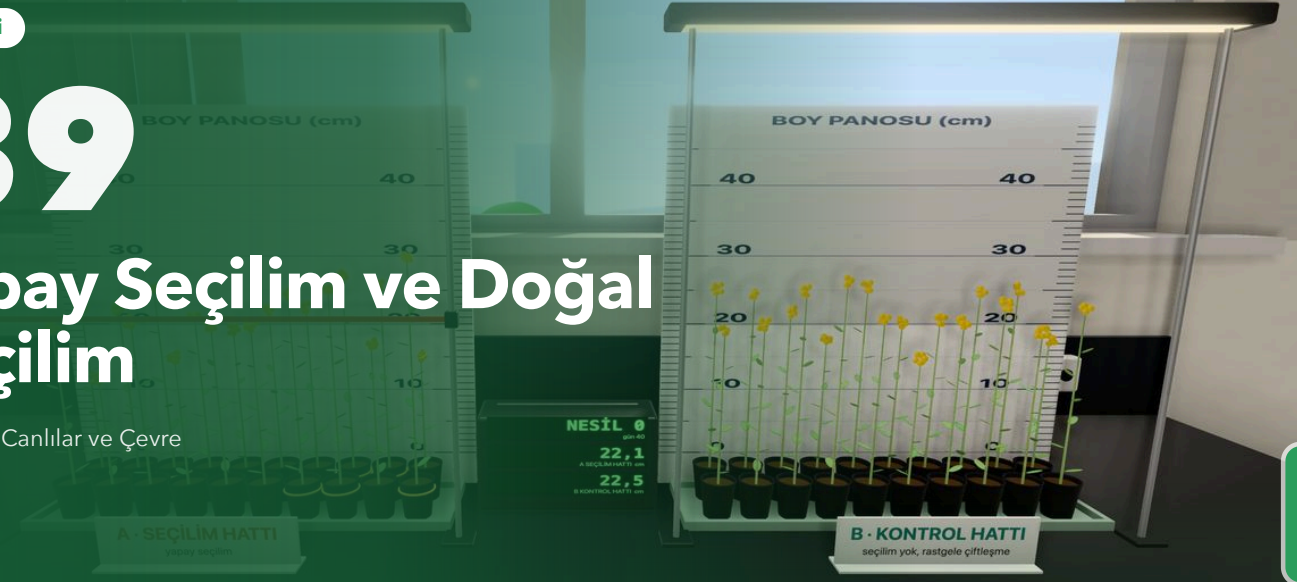
Öğretmene öneriler

- Karşılaştırılan şişeleri aynı anda okutun. Gündüz-gece döngüsü ölçüm saatini bağımsız değişkenle karıştırabilir.
- BTB rengini doğrudan O_2 ölçümü gibi kullanmayın: şerit CO_2 'nin karbonat dengesi üzerinden pH'a etkisini gösterir.
- Enerji akışı denetimi ısıyı ölçmez. Karanlıktaki O_2 ve pH düşüşünden solunumu, solunumdan ısı çıkışını çıkarır. Genişletme değerlerinin modelden hesaplandığını açıkça ayırın.

39

Yapay Seçim ve Doğal Seçim

12. sınıf · Canlılar ve Çevre



39



- | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 Santimetre bölmeli boy panosu | 2 LED bitki yetiştirme çubuğu | 3 Ayarlanabilir seçim çitası |
| 4 Brassica rapa bitkisi ve saksı | 5 Veri kaydedici | 6 Fide tepsisi |

İki fide tepsisindeki 40 bitki aynı başlangıç popülasyonundan örneklenir. Yapay seçim kipinde öğrenci A hattında boy çitasını geçen uzun ya da kısa bireyleri ebeveyn seçer. B hattındaki bütün bireyler rastgele çiftleşir. Doğal seçim kipinde rüzgarlı açık alan ya da sık ekim tohum bırakma olasılığını boya göre belirler. Ilıman sera seçilimsiz ortamdır. Her nesil 40 günde büyür, boy dağılımı ve iki hattın ortalamaları kaydedilir. Besin değişimi iki hattı da etkiler ve çevresel değişim ile kalıtsal yanıtın ayrılmasını sağlar.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Yapay seçimde ebeveynleri insanın, doğal seçimde ortamın belirlediğini ayırmak
- ✓ Seçim uygulanan hattı seçilimsiz kontrol hattıyla nesiller boyunca karşılaştırmak
- ✓ Ortalama boy ile bireyler arası varyasyonu birlikte yorumlamak
- ✓ Çevrenin oluşturduğu fenotip farkını kalıtsal değişimden ayırmak
- ✓ Küçük popülasyonda genetik sürüklenmenin hatları rastlantıyla ayırabileceğini fark etmek
- ✓ Seçim yanıtının genetik varyasyon azaldıkça yavaşlayabileceğini açıklamak

Sınıf
12. sınıf

Süre
40 dk (öneri)

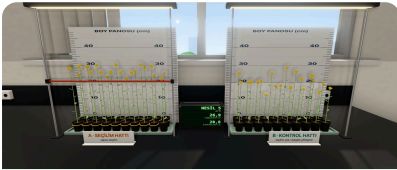
Çalışma
İkili. Seçim hattı ve kontrol hattı birlikte izlenir

Zorluk
Orta

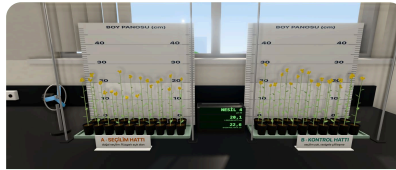
Ön bilgi
Kalıtım, varyasyon, doğal ve yapay seçim

Deneyin yapılışı

- 1 Başlangıç neslinde iki hattın dağılımını inceleyip Nesil 0'ı kaydedin.
- 2 Yapay seçim kipinde uzun ya da kısa ebeveynleri seçin. Çıta'yı en az iki birey kalacak biçimde ayarlayın.
- 3 Zaman hızını $\times 4$ yapıp "Ebeveynleri çiftleştir, sonraki nesil yetiştir"i çalıştırın.
- 4 Yeni nesli kaydedin ve aynı seçim yönünde en az beş nesil yineleyin. A – B farkını ve standart sapmaları izleyin.
- 5 Doğal seçim kipinde rüzgarlı alan ya da sık ekim seçin. Baskı şiddetini değiştirip birkaç nesil yetiştirin.
- 6 Bir nesilde besini değiştirip sonra standarda dönün. Geçici çevresel boy farkını kalıtsal yanıtı ayırın.
- 7 Aynı tohum partisiyle bağımsız tekrar yaparak seçim yanıtını genetik sürüklenmeden ayırmaya çalışın.



Uzun bireyler seçilerek birkaç nesil yetiştirilen A hattı ile seçilimsiz B kontrol hattının boy panosundaki görünümü.



Doğal seçim kipinde rüzgarlı açık alan ve sert çevre baskısı. Kısa bireylerin tohum bırakma olasılığı daha yüksektir.

Örnek ölçüm sonuçları

Parti · Nesil	Üretim koşulu	A hattı ort. (cm)	B kontrol ort. (cm)	Fark A – B (cm)	Std. sapma A / B (cm)	A hattı ebeveyn sayısı	S (cm, Genişletme)	R (cm, Genişletme)
Parti 1 · Nesil 0	Başlangıç (tohum partisi)	22,1	22,4	-0,3	3,4 / 3,4	–	–	–
Parti 1 · Nesil 1	Yapay: uzun seçilir, çıta 24,0 cm	23,3	24,5	-1,2	3,0 / 4,2	6	–	–
Parti 1 · Nesil 2	Yapay: uzun seçilir, çıta 24,0 cm	25,0	24,4	0,6	3,5 / 3,1	10	–	–
Parti 1 · Nesil 3	Yapay: uzun seçilir, çıta 24,0 cm	26,4	23,3	3,1	3,3 / 4,0	12	–	–
Parti 1 · Nesil 4	Yapay: uzun seçilir, çıta 24,0 cm	27,2	23,8	3,4	2,9 / 2,8	15	–	–

Boylar model popülasyonundan ve ölçüm hatasından üretildiği için tohum partileri arasında değişir. Tek bir hat çifti seçim ile sürüklenmeyi kesin olarak ayırır.

Deneyin dayandığı ilke

Model bireye dayalı nicel genetik: her bitkide 20 bağımsız, toplamsal etkili gen yeri ve çevresel boy sapması bulunur. Başlangıç ortalaması yaklaşık 22 cm, fenotipik SD 3,5 cm ve dar anlamda kalıtım derecesi 0,40 olacak biçimde ölçeklenmiştir. Her hatta 20 bitki vardır. Seçilen iki farklı ebeveyn rastgele gamet verir. Mutasyon, göç, bağlantı, baskınlık, epistasi ve akrabalı çiftleşme çoklütüsü yoktur. Boy panosu 0,5 cm çözünürlüklü, okuma hatası SD 0,3 cm'dir. Doğal seçimde tohum bırakma olasılığı boya bağlı lojistik bir eğridir. Orta noktası rüzgarlı ortamda 19 cm, sık ekimde 25 cm, baskı şiddeti eğimi belirler. Besin değişimi tüm bitkilere sabit bir boy farkı ekler (genç-çevre etkileşimi yok). Sonuçlar her tohum partisinde değişir. Yetiştirici denklemi yalnız karşılaştırma için gösterilir, motor bireyleri tek tek simüle eder.

Simülasyondaki araç-gereçler

Hızlı gelişen Brassica rapa ve sakı	iki hatta 20'şer
Fide tepsisi	2
LED bitki yetiştirme çubuğu ve çerçeve	2
Santimetre bölmeli boy panosu	2
Ayarlanabilir seçim çitası	1
Ebeveyn etiket halkası	20'ye kadar
Kuru arılı tozlaştırma çubuğu	2
Veri kaydedici	1
Rüzgar deneyi için masa fanı	1

Öğrenme çıktıları

12.4.1.1 12.4.1.2

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Toprağa, bitkilere ve saksılara dokunduktan sonra ellerini yıka. Arı çubuğundaki kuru arıya yalnız arı alerjisi olmayan öğrenciler dokunur. Bitki yetiştirme lambasına uzun süre doğrudan bakma. Masa fanının kanatlarına parmağını sokma. Kullanılmış toprağı ve bitkileri çöpe at, çalışma yüzeyini sil.

Öğretmene öneriler

- Nesil 0'ı ve koşul değişmeden önceki nesli kaydettirin. Aksi halde seçim yanıtının başlangıç farkı bilinmez.
- Zengin besin iki hattı da uzatır fakat alelleri değiştirmez. Standart besine dönüş, çevresel farkın kalıtsal olmadığını gösteren güçlü bir kontroldür.
- A – B farkını tek başına yeterli kanıt saymayın. Küçük N nedeniyle sürüklenme vardır. Aynı başlangıçla bağımsız hat tekrarları isteyin.

40

Genden Proteine: Model Panosu

12. sınıf · Genden Proteine

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

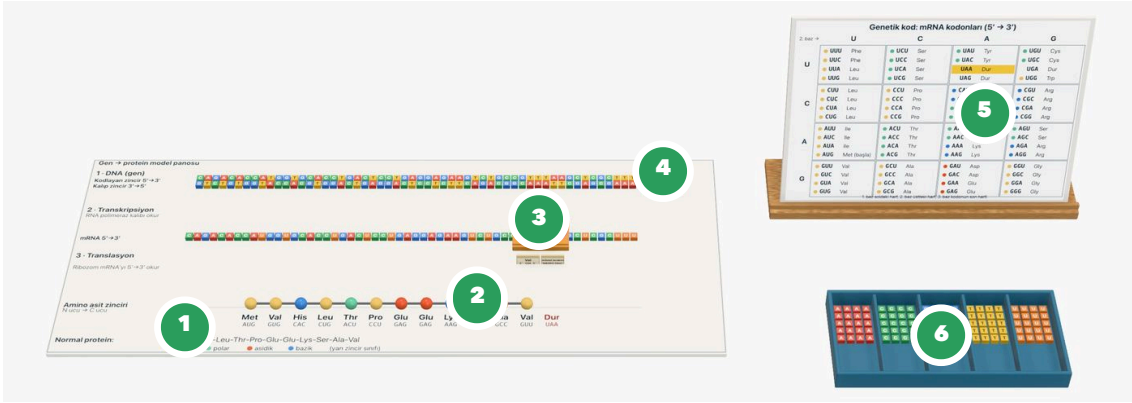
Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Met Val His Leu Thr Pro Glu Lys Ser Ala Val Dur

Genetik kod: mRNA kodonları (5' → 3')				
2. harf	U	C	A	G
U	UUU Phe	UUC Phe	UAU Tyr	UGU Cys
	UUA Leu	UUA Leu	UAA Dur	UGA Dur
	UUG Leu	UUG Leu	UAG Dur	UGG Trp
	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg
C	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CCG Arg
	CUA Leu	CCA Pro	CAA His	CCG Arg
	CUG Leu	CCG Pro	CAG His	CCG Arg
	AUU Ile	AAC Thr	AAU Asn	AAG Ser
A	AUC Ile	AAC Thr	AAU Asn	AAG Ser
	AUA Ile	AAC Thr	AAU Asn	AAG Ser
	AUG Met (başlangıç)	AAC Thr	AAU Asn	AAG Ser
	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly
G	GUC Val	GCU Ala	GAA Asp	GGA Gly
	GUA Val	GCU Ala	GAA Asp	GGA Gly
	GUG Val	GCU Ala	GAA Asp	GGA Gly
	UUU Phe	UUC Phe	UAU Tyr	UGU Cys



1 Gen → protein model panosu

2 Amino asit boncuğu

3 Ribozom

4 RNA polimeraz

5 Genetik kod poster

6 DNA zincir parçaları tepsisi

Beş kipli istasyon, moleküler biyolojiyi tek tezgahta birleştirir. Gen → protein panosunda kısaltılmış HBB dizisi transkripsiyonla mRNA'ya yazılır, translasyonla proteine çevrilir, mutasyonların ürün üzerindeki etkisi sınıflanır. Eşlenme kipinde ana zincirlerin yarı korunumlu aktarımı sayılır. DNA izolasyonunda çilek ya da muz, tuz ve deterjan eklenip çıkarılarak, etanolün sıcaklığı değiştirilerek tüp cetvelindeki bulut yüksekliği okunur. Kromozom kipinde çekirdekten DNA'ya paketlenme ölçekleri, biyoteknoloji kipinde kesim-ligasyon, dönüşüm, mavi-beyaz seçimi ve agaroz jel izlenir.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Kodlayan zincir, kalıp zincir ve mRNA arasındaki yön ve baz ilişkisini kurmak
- ✓ Ribozomun ilk AUG'den başlayıp dur kodonunda bitirdiğini model üzerinde izlemek
- ✓ Baz değişimi ile 1 ve 3 bazlık ekleme/silmenin protein sonuçlarını sınıflamak
- ✓ Yarı korunumlu eşlenmede ana zincir taşıyan molekülleri saymak
- ✓ DNA izolasyonunda deterjan, tuz ve soğuk etanolün rollerini karşılaştırmak
- ✓ DNA-nükleozom-kromatin-kromozom parça-bütün ilişkisini kurmak
- ✓ Uyumlu yapışkan uç, ligaz, antibiyotik seçimi ve mavi-beyaz taramayı açıklamak
- ✓ Jel göç mesafesinden DNA parça büyüklüğünü merdivenle tahmin etmek

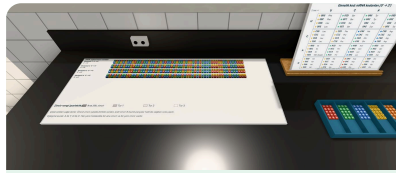
Sınıf
12. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili. Beş kip gruplara
paylaştırılabilirZorluk
İleriÖn bilgi
DNA-RNA-protein, genetik
kod, kromozom ve enzimler

Deneyin yapılışı

- 1 Mutasyonsuz geni $\times 4$ hızda "Tümünü çalıştır" ile tamamlayın. mRNA ve proteini okuyup "Değişiklik yok" olarak sınıflayın ve kaydedin.
- 2 Baz değişimi, 1 baz silme ve 3 baz silmeyi ayrı çalıştırın. Protein uzunluğu ve değişen kalıntı sayısını karşılaştırın.
- 3 DNA eşlenmesi kipinde iki tur eşleyin. Dört molekülden kaçının ilk ana zincirlerden birini taşıdığını sayıp denetleyin.
- 4 DNA izolasyonunda önce tüm bileşenli çilek kontrolünü çalıştırın. Sonra tuzu, deterjanı ya da soğuk etanolü birer birer kaldırın.
- 5 Kromozom kipinde çekirdekten DNA'ya ilerleyin. Karttaki tek kromatit değerlerini metafaz kromozomunun toplam DNA'sıyla karıştırmayın.
- 6 Biyoteknoloji kipinde aynı enzimle kesilen vektör ve geni ligazla bağlayın. Dönüşüm ve mavi-beyaz seçimi çalıştırın.
- 7 Jel yürüyüşünü tamamlayıp bant hizasını ölçün ve merdivenden bp tahmini yapın. Süper sarmal plazmidin farklı göç ettiğini tartışın.



DNA izolasyonu: çilek ve muz, lizis tamponlu beher, süzgeç, etanolü test tüpü ve cam çubuk. İşlem bittiğinde tüpte beyaz DNA kümesi görünür.



Yarı korunumlu eşlenmenin iki turu: dört DNA molekülünden ikisi ilk ana zincirlerden birini taşır.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Koşul / düzenleme	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Öğrencinin sonucu	Kontrol
Protein sentezi	Yok (normal gen)	mRNA 56 nt	protein 12 aa	değişen kalıntı 0	Değişiklik yok	uyumlu
DNA izolasyonu	Çilek, tuz var, deterjan var, etanol -20 °C	bulut 27 mm	temele göre % 100	çubukta DNA: çok	—	—

İzolasyon, koloni ve jel değerleri model varsayımlarından üretilir. Özellikle DNA bulut yüksekliği gerçek bir biyolojik verim standardı değildir.

Deneyin dayandığı ilke

Gen panosu standart genetik kodu kullanır. Promotör, intron, ekleme, 5' başlık ve poli-A gösterilmez. Eşlenme hatasız ve tek başlangıç noktalı yarı korunumlu modeldir. İzolasyon yarı niceldir: temel bulut yüksekliği 28 mm, meyve, deterjan, tuz ve etanol katsayılarıyla çarpılır. Okuma çözünürlüğü 1 mm ve gürültüsü yaklaşık ± 1 mm'dir. Paketlenme hesabı 0,34 nm/bp ve yaklaşık 200 bp/nükleozom varsayar. 30 nm lifin hücre içindeki varlığı tartışmalıdır. Rekombinant DNA ve koloni sayıları olasılıklı öğretim modelidir. Jel göçü log10(bp) ile doğrusal kalibrasyon ve süre katsayısı kullanır. Model parçaları gerçek ölçekte değildir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Gen → protein model panosu ve genetik kod poster	1
RNA polimeraz, ribozom ve tRNA kartı	1 set
Amino asit boncuğu	20'ye kadar
DNA eşlenme panosu ve zincir parçaları	1 set
Çilek, muz, lizis tamponu, süzgeç ve beher	1 set
Etanolü test tüpü, mm cetvel ve cam çubuk	1
Kromozom paketlenme model dizisi	6 düzey
pUC19 benzeri vektör, gen parçası, EcoRI, BamHI ve ligaz modeli	1 set
Isı bloğu, LB plakaları ve koloni sayacı	1 set
Agaroz jel tankı, DNA merdiveni ve ölçüm çizgisi	1

Öğrenme çıktıları

12.1.1.1	12.1.1.2	12.1.1.3
12.1.1.4	12.1.2.1	12.1.2.2
12.1.2.3	12.1.2.4	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Bu bir model deneyidir. Gerçek DNA izolasyonunda etanol yanıcıdır, alevden uzak tut, gözlük ve eldiven kullan. Bakterilerle çalışırken eldiven tak, ellerini yıka, atıkları öğretmenin söylediği biçimde at. Jel boyaları ve morötesi ışık için öğretmenin yönergelerini izle.

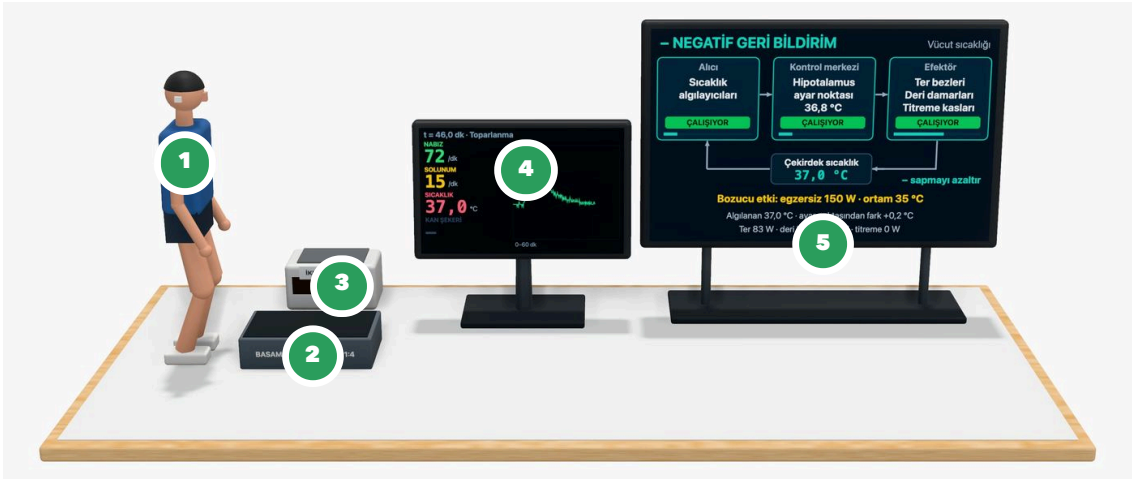
Öğretmene öneriler

- Önce normal geni çalıştırın, mutasyonlu proteindeki "değişen kalıntı" normal ürünle karşılaştırılarak hesaplanır.
- DNA izolasyonunda bulut yüksekliğini DNA saflığı ya da kesin kütle gibi yorumlamayın. Etkinlik bileşenlerin işlevini yarı nicel olarak karşılaştırın.
- Kromozom kartındaki Mbp ve nükleozom sayıları tek kromatite aittir. Jel şeridinde süper sarmal biçim, aynı bp'de doğrusal DNA'dan farklı göç eder.

41

Egzersiz ve Homeostazi

11. sınıf · Homeostazi



- 1 Sanal denek mankeni (1:4)
- 2 20 cm basamak (maket 5 cm)
- 3 10-40 °C iklim ünitesi
- 4 Yaşam bulguları monitörü
- 5 Geri bildirim panosu

Sanal 70 kg denek dört deney kipinde izlenir. Vücut sıcaklığı kipinde iş yükü, egzersiz süresi ve ortam sıcaklığı. Kan şekeri kipinde 0-75 g glikoz yükü. Boşaltım kipinde su, tuz ve kan şekeri, pozitif geri bildirim kipinde başlatıcı oksitosin değiştirilebilir. Alıcı, kontrol merkezi ve efektörler ayrı ayrı devre dışı bırakılır. Canlı monitör ve grafik, bozucu etki sırasında sapmayı ve toparlanmayı gösterir. Öğrenci aynı koşuldaki sağlam ve bozuk döngüleri karşılaştırır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Negatif geri bildirimin bozucu etki sürerken sapmayı azalttığını göstermek
- ✓ Sıcaklık düzenlenmesinde hipotalamus, ter bezleri, deri damarları ve kasların rollerini çözümlemek
- ✓ Glikoz yüküne insülin ve glukagon yanıtını kan şekeri eğrisiyle ilişkilendirmek
- ✓ ADH, toplama kanalı ve aldosteronun idrar hacmi ile yoğunluğuna etkisini incelemek
- ✓ Alıcı, kontrol merkezi ve efektör arızalarının sonuçlarını model üzerinde gözleyip bazı hastalık durumlarıyla ilişkilendirmek (tanı amacı taşımaz)
- ✓ Pozitif geri bildirimde tepkinin uyarıyı büyüttüğünü ve dış olayla sonlandığını açıklamak
- ✓ Ölçülen yaşam bulgularını modelden hesaplanan hormon ve osmolalite değerlerinden ayırmak



Sınıf
11. sınıf



Süre
40 dk (öneri)



Çalışma
İkili. Sağlam ve bileşeni kapalı deneyler iki öğrenci arasında bölünür



Zorluk
İleri



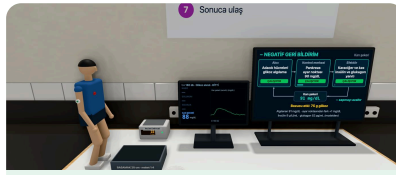
Ön bilgi
Sinir, endokrin, dolaşım, solunum ve boşaltım sistemleri

Deneyin yapılışı

- 1 Vücut sıcaklığı kipinde iş yükü, süre ve ortam sıcaklığını belirleyip deneyi başlatın.
- 2 Dinlenme, egzersiz ve toparlanma evrelerinde sıcaklık, nabız ve solunumu kaydedin.
- 3 Aynı koşulda ter bezlerini ya da başka bir döngü bileşenini kapatıp deneyi yineleyin.
- 4 Kan şekeri kipinde saf su kontrolü ile 75 g glikoz yükünü. Ardından düşük insülin duyarlılığını karşılaştırın.
- 5 Boşaltım kipinde su-tuz yükünü ve ADH var/yok durumunu karşılaştırın. İdrar çıkışı ile bağlı yoğunluğu okuyun.
- 6 Pozitif geri bildirim kipinde başlatıcı uyarıyı verin. Serviks açıklığı 10 cm olduğunda döngünün neden bittiğini açıklayın.
- 7 Kayıtlı sağlam-bozuk deney çiftleriyle çıkarım denetimini çalıştırın. Ölçülen ve modelden hesaplanan değerleri ayırın.



Sıcak ortamda egzersiz: yaşam bulguları monitörü ve geri bildirim panosu birlikte çalışır. Terleme ısı kaybının temel yoludur.



Kan şekeri kipinde glikoz çözeltisi, sürekli glikoz sensörü ve hormon yanıtlarının zaman grafiği.

Örnek ölçüm sonuçları

Mod	Koşullar	Süre (dk)	Evre	Nabız (/dk)	Solunum (/dk)	Sıcaklık (°C)	Kan şekeri (mg/dL)	Diğer
Vücut sıcaklığı	150 W · 10 dk · 35 °C ortam	12,0	Egzersiz	148	34	37,7	–	dinlenme tabanına göre +0,7 °C, ayar noktası 36,8 °C
Vücut sıcaklığı	150 W · 10 dk · 35 °C ortam	36,0	Toparlanma	74	16	37,1	–	dinlenme tabanına göre +0,1 °C, ayar noktası 36,8 °C
Kan şekeri	75 g glikoz	85	Glikoz alındı	–	–	–	120	açlık tabanına göre +31 mg/dL · insülin 34 µU/mL ve glukagon 24 pg/mL (modelden hesaplanan)

Fizyolojik eğriler sağlıklı 70 kg sanal deneğin sadeleştirilmiş modelidir. Hormonlar, osmolalite ve doğum değişkenleri ölçüm değil hesaplamadır. Sağlık kararı için kullanılamaz.

Deneyin dayandığı ilke

Sıcaklık modeli tek bölmeli ısı bütçesidir. Isı üretimi iş yükü ve kas verimine, kayıp deri kan akımı ile ter buharlaşmasına bağlıdır. Nabız ve solunum deneysel bağlantılarla verilir. Glikoz modeli sadeleştirilmiş Bergman tipidir ve sensör yaklaşık 6 dakika gecikir. Böbrek modeli tek bölmeli su-çözünen bütçesi, 125 mL/dk süzülme ve 180 mg/dL glikoz eşiği kullanır. Doğum modeli oksitosin-kasılma-serviks gerilmesi döngüsünü Hill tipi doyma ile temsil eder. Doğum modeli niteldir ve zamanlaması gerçek doğumlar kadar değişken değildir. Hormonlar, plazma osmolalitesi ve doğum değişkenleri modelden hesaplanır. Tıbbi tanı amacı taşımaz. Cihaz çözünürlükleri sıcaklıkta 0,1 °C, nabız/solunumda 1 /dk ve glikozda 1 mg/dL'dir.

Simülasyondaki araç-gereçler

1:4 ölçekli sanal denek mankeni	1
20 cm basamak (makette 5 cm)	1
Yaşam bulguları monitörü, nabız oksimetresi ve solunum kemeri	1 set
Timpanik termometre ve sürekli glikoz sensörü	1'er
10-40 °C iklim ünitesi	1
300 mL glikoz/su içecek beheri	1
İdrar toplama kabı, urinometre ve glikoz şeridi	1 set
Geri bildirim panosu	1
1:2 rahim, serviks ve fetüs modeli	1

Öğrenme çıktıları

BİY.11.2.1	BİY.11.2.2
BİY.11.2.3	BİY.11.2.4
BİY.11.2.5	BİY.11.2.6
BİY.11.2.7	BİY.11.2.8
BİY.11.2.9	BİY.11.2.10

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Gerçek deneklerde egzersiz, ısıtma ve glikoz yükü testleri yalnızca sağlık görevlisi gözetiminde yapılır. Çekirdek sıcaklık 40 °C'ye ulaşır ya da 35 °C'ye inerse gerçek bir deney hemen sonlandırılır. Bu sanal deney de aynı sınırlarda durur. Buradaki kan şekeri ve doğum verileri yalnızca modeldir ve kendi sağlığını için karar vermekte kullanılamaz.

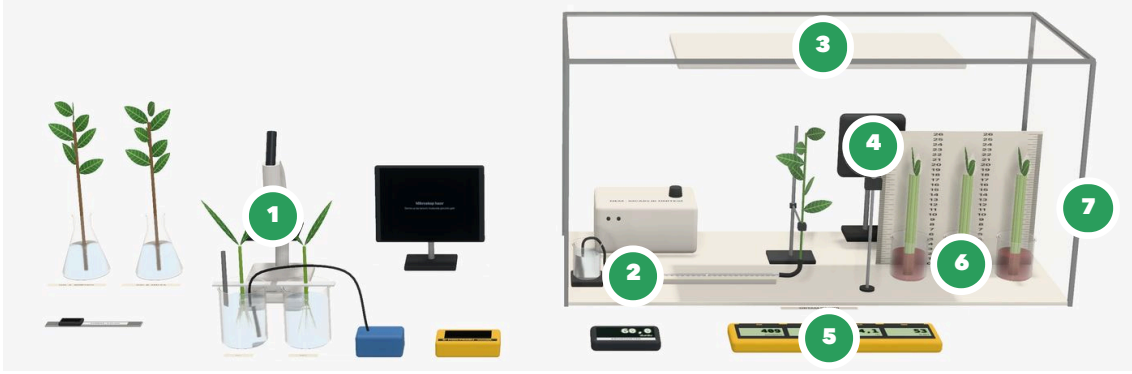
Öğretmene öneriler

- Aynı bozucu etkiyi iki kez çalıştırın: bütün bileşenler açıkken ve yalnız bir bileşen kapalıyken. Birden fazla değişkeni aynı anda değiştirmek çıkarımı bozar.
- Egzersiz sürerken küçük kalıcı sıcaklık sapması, negatif geri bildirimin başarısız olduğu anlamına gelmez. Üretim ile kayıp yeni dengede eşitlenmiştir.
- Toplama kabı ve urinometre okumalarını ölçüm, insülin, glukagon ve plazma osmolalitesini model hesabı olarak etiketleyin.

42

Bitkilerde Terleme ve Taşıma

12. sınıf · Bitki Biyolojisi (2018 programı)



1 Işık mikroskobu

2 Kılcal borulu potometre ve cetvel

3 LED panel

4 Ortam fanı

5 Ortam ölçer (PAR, nem, sıcaklık)

6 Kırmızı boyalı su içinde kereviz

7 Akirlik ortam kabini

Beş kipli istasyon su ve madde taşınmasını farklı kanıtlarla ele alır. Potometrede kılcal boru kabarcığının hareketi ışık, rüzgar, nem, sıcaklık, yaprak alanı ve vazelin uygulamasına göre ölçülür. Stoma kipinde epidermis alanındaki stomalar sayılır ve aralıkları okunur. Kerevizde boyalı su cephesi ile kesitte boyanan demetler, floemde halka açmanın, halkanın üstündeki ve altındaki dal çapına etkisi izlenir. Kök kipinde NaCl derişimine göre manometre yükselmesi ile havalandırılmış ve havalandırılmamış kaplardaki K^+ alımı karşılaştırılır.

Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Potometrenin terlemeyi doğrudan değil, dalın su alımını ölçtüğünü açıklamak
- ✓ Işık, rüzgar, nem ve sıcaklığın su alımına etkisini tek değişkenle sınamak
- ✓ Su alımını yaprak alanına bölerek farklı dalları karşılaştırmak
- ✓ Alt ve üst yaprak yüzünde stoma yoğunluğu ile açıklığını ölçmek
- ✓ Boyalı suyun ksilemde yükseldiğini kesitteki demetlerle göstermek
- ✓ Halka açma deneyinden floemin fotosentez ürünlerini taşıdığı sonucunu çıkarmak
- ✓ Çözelti su potansiyeti, kök basıncı, oksijen ve aktif K^+ alımı arasındaki ilişkiyi kurmak

Sınıf
12. sınıf

Süre
40 dk (öneri)

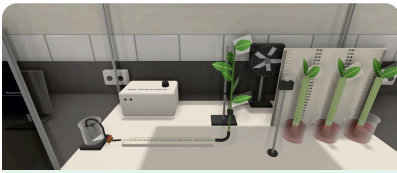
Çalışma
İkili. Potometre, mikroskop ve kök deneyleri gruplara dağıtılabilir

Zorluk
İleri

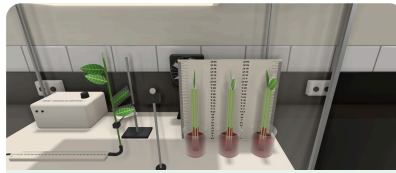
Ön bilgi
Ozmoz, su potansiyeli, ksilem, floem ve stomalar

Deneyin yapılışı

- 1 Potometrede varsayılan ortamın kararlı olmasını bekleyin, kabarcığı başa getirip 1 dakikalık ölçüm yapın ve kaydedin.
- 2 Yalnız ışığı, fanı, nemi ya da sıcaklığı değiştirin. Ortam ve stomalar yeniden kararlı olduktan sonra ölçümü yineleyin.
- 3 Dal B'yi ve alt yüzü vazelinli dalı ölçün. Sonuçları yaprak alanına göre karşılaştırın.
- 4 Stoma kipinde yeni alt ve üst yüz soymaları hazırlayıp bütün stomaları açık/kapalı olarak işaretleyin.
- 5 Kereviz kaplarında zamanı ilerletin, boya cephesini ve seçilen kesitte boyalı ksilem demetlerini okuyun.
- 6 Floem kipinde 0. gün çaplarını kaydedin, Dal B'ye halka açın ve günler sonra üst-alt çapları yeniden ölçün.
- 7 Kök basıncında başlangıç ve son manometre okumalarını. Mineral alımında her iki kaptaki başlangıç ve son K⁺ değerlerini kaydedin.



Potometrede bir dakikalık ölçüm: kılcal borudaki kabarcık, dalın çektiği su kadar ilerler. İlerleme potometre cetvelinden okunur.



Kereviz kipinde üç kaptaki kırmızı boya cephesi sap boyunca yükselir. Boya ksilem demetlerinde görünür, floem bu deneyeyle sıranmaz.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Koşullar	Ölçülen	Süre	Sonuç	Ek sonuç (örn. yaprak alanına göre)	Not
Potometre	Dal A · 6 yaprak · hedef: ışık %50, rüzgar kapalı, nem %55, 24 °C · ölçülen (bitişte): PAR 419 μmol m ⁻² s ⁻¹ , rüzgar 0,0 m/s, nem %54, 24,1 °C	9,0 → 25,0 mm (16,0 mm)	1 dk	12,6 μL/dk	0,17 μL/(dk·cm ²) (74,5 cm ²)	
Kereviz	Kap 1 · Yapraklı (kontrol) · ışık %50, kapalı, %55, 24 °C	cephe 7,8 cm (cetvel)	2,0 saat	3,90 cm/saat	5,0 cm kesitte 8/8 demet boyalı, floem boyasız	

Potometre su alımını ölçer, gerçek bitkilerde kısa sürede su alımı ile terleme arasında fark olabilir, modelde ikisi eşit alınmıştır. Stoma sayımı, cetvel ve K⁺ probu okumaları gürlüğü içerir. Genişletme değerleri ölçüm değildir.

Deneyin dayandığı ilke

Potometre modeli terleme akısını buhar basıncı açığı ve stoma ile sınır tabakasının seri bağlı iletkenliğinden ($1/g = 1/g_{\text{sınır}} + 1/g_{\text{stoma}}$) hesaplar, kısa süreli su depolaması ihmal edilerek alım terlemeye eşit alınır. Ortam sıcaklığı ve nemi 90 s, stomalar yaklaşık 2 dk zaman sabitiyle hedefe yaklaşır. Cetvel çözünürlüğü 0,5 mm, okuma belirsizliği yaklaşık ±0,3 mm. Yaprak alanı belirsizliği yaklaşık %2'dir. Kereviz boyası ksilem suyundan 2,2 kat yavaş ilerler. Kök basıncı su potansiyeli farkı ve geri basınca, K⁺ alımı Michaelis-Menten tipi taşıma ve O₂'ye bağlıdır. Floem şişmesi sadeleştirilmiş deneysel modeldir. Kohezyon, adhezyon ve gutasyon ayrı modellenmez. Bu nedenle 12.3.2.2 kazanımı yalnız kısmen karşılanır ve kohezyon-gerilim kuramı ayrıca öğretilmelidir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Akrilik ortam kabini, LED panel ve fan	1 set
PAR sensörü, anemometre ve termo-higrometre	1 set
1 mm iç çaplı kılcal borulu potometre ve cetvel	1
Dal A (6 yaprak) ve Dal B (3 yaprak)	2
Vazelin ve kronometre	1'er
Mikroskop ve epidermis preparatı ekranı	1
Saf su ve %10 şeker çözeltisi	2
Kırmızı boyalı su içinde kereviz kabı	3
Kumpaslı iki dal ve halka açma düzeneği	2 dal
Mısır fideleri, manometre ve hava pompası	2 kap
NaCl çözeltileri, K ⁺ probu ve 2,4-DNP modeli	1 set

Öğrenme çıktıları

12.3.2.1

12.3.2.2

12.3.2.3

12.3.2.4

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Elektrikli cihazları (LED panel, fan, ısıtıcı) suyun yakınında ıslak elle kullanma. Cam kılcal boru ve balon kırılabilir, kırık camı kendin toplama. Kumpas ve bıçak gibi keskin araçlarla dikkatli çalış. 2,4-DNP zehirli, gerçekte yalnız öğretmen kullanır. Boyalı su kıyafeti lekeler. Deneyden sonra ellerini yıka.

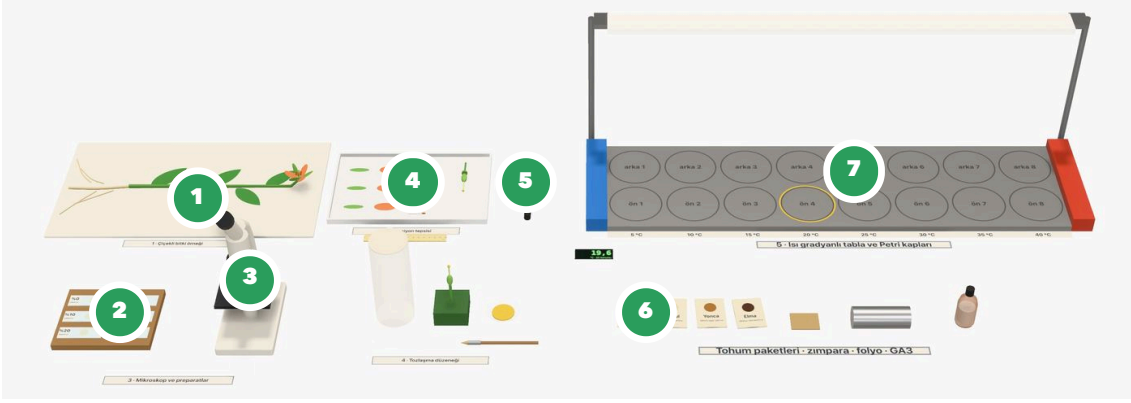
Öğretmene öneriler

- Koşul değişince hemen ölçmeyin. Kabin ve stomaların kararlı işaretini beklemek bu istasyonda deneyin parçasıdır.
- Boyalı suyun yalnız ksilemde görünmesi su yolunu destekler. Floemin boya taşımadığı sonucunu tek başına vermez.
- Halka açma modelinin günler içindeki şişmesi nitel ve sadeleştirilmiştir. Kök deneyinde 2,4-DNP zehirli bir ayrıştırıcıdır (ATP üretimini engeller) ve

43

Çiçek, Döllenme ve Çimlenme

12. sınıf · Bitki Biyolojisi (2018 programı)



1 Herbarium kartı ve zambak benzeri çiçek

2 Hazır polen preparatları

3 Işık mikroskobu

4 Diseksiyon tepsisi

5 El merceği

6 Tohum paketleri

7 5-40 °C ısı gradyanlı tabla

İstasyon beş bölümden oluşur. Çiçek bölümünde bitki ve çiçek parçaları tanınır, yumurtalığın göz ve ovül sayıları ile boyu ölçülür. Polen bölümünde altı sakaroz derişimindeki preparat 100× ve 400× incelenir. Çimlenme yüzdesi ile tüp uzunluğu ölçülür. Döllenme bölümü iki sperm çekirdeğinin yumurta ve kutup çekirdekleriyle birleşmesini modeller. Meyve deneyinde kastre çiçeğe farklı miktarda polen verilir. Çimlenme bölümünde su, sıcaklık, ışık, oksijen, zımparalama, GA3 ve soğuk katlama etkileri tekrar kaplarıyla sınanır.

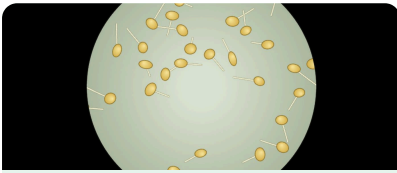
Bu deneyde neler öğrenilir?

- ✓ Çiçeğin temel parçalarını görevleriyle eşleştirip saymak ve ölçmek
- ✓ Sakaroz derişiminin polen çimlenmesi ve tüp büyümesine etkisini karşılaştırmak
- ✓ Çift döllenmede 2n zigot ve 3n endosperm oluşumunu açıklamak
- ✓ Ovülün tohumu, yumurtalığın meyveye dönüşümünü ilişkilendirmek
- ✓ Polen miktarı, ovül sayısı ve tohum sayısı arasındaki sınırı yorumlamak
- ✓ Su, sıcaklık ve oksijenin çimlenmeye etkisini tek değişkenli tekrarlarla araştırmak
- ✓ Dormansiye ölü tohumdan ayırıp zımpara, ışık, GA3 ve soğuk katlamayı karşılaştırmak

Sınıf
12. sınıfSüre
40 dk (öneri)Çalışma
İkili. Sayım ve ölçüm görevleri paylaşılırZorluk
OrtaÖn bilgi
Çiçek yapısı, mayoz, döllenme ve çimlenme

Deneyin yapılışı

- 1 Çiçek bölümünde parçaları tıklayıp adlandırın. Çanak, taç ve başçık sayıları ile yumurtalık göz/ovül sayısını okuyup kaydedin.
- 2 Polen preparatlarında süreyi ilerletin, 100× büyütmede alandaki bütün taneleri çimlenmiş/çimlenmemiş işaretleyin.
- 3 400× büyütmede en az üç tüpü iki noktayla ölçün. Kayıttan önce 100× büyütme döñün.
- 4 Döllenmede iki sperm çekirdeğinin hedeflerini, kromozom sayılarını ve ovül-tohum/yumurtalık-meyve dönüşümlerini tamamlayın.
- 5 Meyve deneyinde polensiz kontrol ile az, orta ve çok polen uygulamalarını aynı gün ve benzer başlangıç boyunda karşılaştırın.
- 6 Çimlenmede yalnız bir koşulu değiştirip ön ve arka sırada tekrar kapları kurun. Kökçüğü en az 2 mm olanları sayın.
- 7 Elverişli koşulda çimlenmeyen marul, yonca ve elmaya uygun dormansi giderme uygulamasını kontrolle karşılaştırın.



%10 sakarozlu polen preparatı 100× görünümde. Aynı alandaki bütün taneler sayılır, tüpü tane çapından uzun olanlar çimlenmiş kabul edilir.



Çimlenme tablasında sıcaklık sütunları ve ön-arka tekrar kapları. Kökçüğü 2 mm'ye ulaşan tohumlar çimlenmiş sayılır.

Örnek ölçüm sonuçları

Deney	Koşullar	Süre	Sayım	Ölçüm	Sonuç (hesaplanan)	Not
Tozlaşma ve meyve	Kontrol (polensiz), torbalı	14 gün	tohum 0, meyve oluşmadı	yumurtalık sarardı ve döküldü	tohum / ovül = %0	döllenme olmadı

Tabloda yalnız polensiz kontrol çiçeği kaydedilmiştir. Polen, meyve ve tohum sonuçları çiçek ve kap başına değişen sözde rastgele örneklerden üretilir. Polen sayımı ve çimlenme sayımı öğrencinin gözlemine bağlıdır.

Deneyin dayandığı ilke

Polen modeli zambak benzeri tane için %10 sakarozda en yüksek çimlenme ve yaklaşık 8 µm/dk tüp büyümesi varsayar. Saf suda patlama, yüksek derişimde ozmotik baskı vardır. İki noktalı düz ölçüm eğri tüpü biraz kısa verir. Döllenmede her tüp en çok bir ovülü döller. Zigot $2n = 24$, endosperm $3n = 36$ 'dır, bunlar ders kitabındaki tipik çift döllenme modeline göre, gerçek zambakta endosperm ploidi farklı olabilir. Meyve büyümesi tohum/ovül oranına bağlı S eğrisidir. Partenokarpi ve kendine uyumsuzluk yoktur. Çimlenme tohum başına hidrotermal zaman modeliyle hesaplanır. Tohumların %4'ü ölüdür. Marul ışığa, yonca sert kabuğa, elma soğuk katlamaya duyarlıdır. Her kap farklı rasgele tohumlar içerir, sıcaklık okuması anma değerinden sapabilir.

Simülasyondaki araç-gereçler

Herbaryum kartı ve zambak benzeri çiçek	1'er
Diseksiyon tepsisi, penset ve bisturi	1 set
El merceği ve milimetrik cetvel	1'er
Işık mikroskobu	1
Hazır polen preparatı	6
Kastre çiçek, polen kabı, fırça ve kağıt torba	1 set
90 mm Petri kabı ve süzgeç kağıdı	16 konum
5-40 °C ısı gradyanlı tabla ve LED panel	1 set
Fasulye, marul, yonca ve elma tohumu	4 tür
Zımpara, folyo, GA3 ve 4 °C soğuk katlama düzeneği	1 set
Dijital termometre	1

Öğrenme çıktıları

12.3.1.1	12.3.3.1	12.3.3.2
12.3.3.3	12.3.3.4	

Gerçek laboratuvarında güvenlik

Bisturi ve penset keskindir, tepsi üzerinde kendinden uzağa doğru çalış. Lam, lamel ve Petri kapları camdır, kırılabilir. GA3 çözeltisi ve zımpara tozunu ağzına, gözüne götürme. Mikroskopta objektifi preparata değdirmeme. Polen alerjisi olanlar çiçek ve polenlerle çalışırken maske takmalı. Tohumları yeme, çalışma sonunda ellerini yıka.

Öğretmene öneriler

- Polen sayımında 100× alanın tamamını, 400× ise tüp ölçümünü sağlar. Kayıt öncesi bütün tanelerin işaretlenmesini ve 100×'e dönüşü zorunlu tutun.
- Meyveleri yalnız aynı gelişim gününde ve benzer başlangıç yumurtalık boyunda karşılaştırın. Tohum sayısını ovül sayısından bağımsız düşünmeyin.
- Elverişli koşulda çimlenmeyen tohum ölü olmak zorunda değildir. Kontrol ile zımpara, ışık, GA3 ya da soğuk katlama



Çalışma alanları

Deneyel yüksek enerji fiziği
(CERN CMS Deneyi)

Parçacık hızlandırıcıları

Parçacık dedektörleri ve
kalorimetreler

Kuantum renk dinamiği (QCD) jet
ölçümleri ve egzotik parçacık
aramaları

Fizikte yapay öğrenme ve derin
öğrenme uygulamaları

İletişim

Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen-
Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü
bora.isildak@yildiz.edu.tr
avsis.yildiz.edu.tr/17406

Hazırlayan

Prof. Dr. Bora Işıldak

Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

Bora Işıldak, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde profesördür. Lisans (2005) ve doktora (2011) derecelerini Boğaziçi Üniversitesi Fizik Bölümü'nden aldı. Doktorasını yüksek enerji deneysel parçacık fiziği alanında tamamladı ve son iki yılını (2009-2011) CERN'deki CMS (Compact Muon Solenoid) Deneyi'nde geçirdi.

2023 yılına kadar Özyeğin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak çalıştı. 2023'ten bu yana Yıldız Teknik Üniversitesi'ndedir. CMS Deneyi'nde proton-proton çarpışmalarında jet üretimi ölçümleri, egzotik parçacık aramaları ve yapay öğrenme tekniklerinin yüksek enerji fiziğindeki uygulamaları üzerine çalışmaktadır.



Lise fizik, kimya ve biyoloji dersleri için üç boyutlu deney istasyonları

- | | | | | |
|---|--|--|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 Kaldırma Kuvveti ve Sıvı Basıncı | 2 Ohm Yasası ve Dirençler | 3 Optik Sıra: Kırılma, Ayna ve Mercek | 4 Basit Sarkaç ve Yay Sarkacı | |
| 5 Buhar Basıncı ve Kaynama | 6 Gazların Difüzyonu ve Efüzyonu | 7 Tepkime Hızı | 8 Asit-Baz Titrasyonu | 9 Enzim Aktivitesi: Katalaz |
| 10 Difüzyon ve Osmoz | 11 Fotosentez Hızı | 12 Bitkilerde Yönelme Hareketleri | 13 Girişim, Kırınım ve Doppler | |
| 14 Fotoelektrik Olayı ve Modern Fizik Modelleri | 15 Spektrum Tüpleri ve Geiger Sayacı | 16 Gaz Yasaları ve Mol | | |
| 17 Galvanik Pil, Elektroliz ve Korozyon | 18 Elektrik Alan ve Manyetik Alan | 19 Elektromanyetik İndüksiyon ve Transformatör | | |
| 20 Çembersel Hareket ve Dönme | 21 İş, Güç ve Mekanik Enerji | 22 Kuvvet Masası ve Hareket Türleri | 23 Düzgün ve İvmeli Hareket Rayı | |
| 24 Dalga Leğeni ve Yay Dalgaları | 25 Isı, Öz Isı ve Isıl Denge | 26 Fiziğin Alt Dalları ve Kariyer Haritası | 27 LED, Güneş Pili ve Lazer | |
| 28 Newton Yasaları ve Sürtünme | 29 Çözünürlük ve Koligatif Özellikler | 30 Alev Testi ve Etkileşimli Periyodik Tablo | | |
| 31 Hibritleşme ve Molekül Modeli | 32 Serbest Düşme, İki Boyutta Hareket ve Limit Hız | 33 Eysel Atıktan Metal Nanoparçacık | | |
| 34 Mikro Ölçekli Asit Yağmuru Deneyi | 35 Yeşil Kimya: Biyohidrojen ve Mikroplastik | 36 Fonksiyonel Grup Testleri | | |
| 37 Enerji Kaynakları ve Emisyonlar | 38 Ekosistem Şişesi ve Madde Döngüleri | 39 Yapay Seçilim ve Doğal Seçilim | | |
| 40 Genden Proteine: Model Panosu | 41 Egzersiz ve Homeostazi | 42 Bitkilerde Terleme ve Taşıma | 43 Çiçek, Döllenme ve Çimlenme | |

Görsel ve ölçüm yer tutucuları B aşamasında uygulamadan alınan görüntüler ve ölçümlerle tamamlanacaktır. Simülasyondaki değerler fizik ve kimya yasalarına dayanan modellerle hesaplanır. Modelin varsayımları her deneyin "Deneyin dayandığı ilke" bölümünde belirtilmiştir. MEB ve Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli adları yalnızca öğretim programına uyumu belirtmek için kullanılmıştır. Lumo MEB tarafından hazırlanmamıştır.