ORTAÖĞRETİM

Fizik

11. Sınıf

Ders Kitabı

Yazarlar

Ali İhsan ERDEM

Atilla ÇİFCİ

Doğancan EREN

Hasan BOZKURT

Özlem AKTAŞ

DEVLET KİTAPLARI

Kitabın Basıldığı Matbaa Adı, 2026

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI NO. ..... : 10715
DERS KİTAPLARI DİZİSİ NO. ..... : 2465

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

Editör
Prof. Dr. Ali ÇETİN
Prof. Dr. Eralp BAHÇİVAN
Prof. Dr. Hâkî PEŞMAN

Dil Uzmanı
Abdülhakim KILINÇ

Görsel Tasarımcı
Adem ÜNLÜ
Berkant MUTLU

Çoklu Ortam Tasarımcısı
Gülem Başak AŞIK
Nevzat ÇAPOĞLU
Seyitnur BAŞARAN

Program Geliştirme Uzmanı
Muharrem Hilmi AKBULUT

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Songül DEMİRKAN

Rehberlik Uzmanı
Yunus YILDIZ

Baskı
Baskı Matbaanın Adı ve
Ticaret Unvanı
Tel: (0000) 000 00 00

ISBN 978-975-11-9997-3

Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 13.07.2026 tarih ve 164290651 sayılı yazısı ile eğitim aracı olarak kabul edilmiştir. Kurulca bu kitabın kabul edilmiş olması ders kitabından yayınevi ve yazarın/yazarların sorumluluğunu kaldırmaz.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

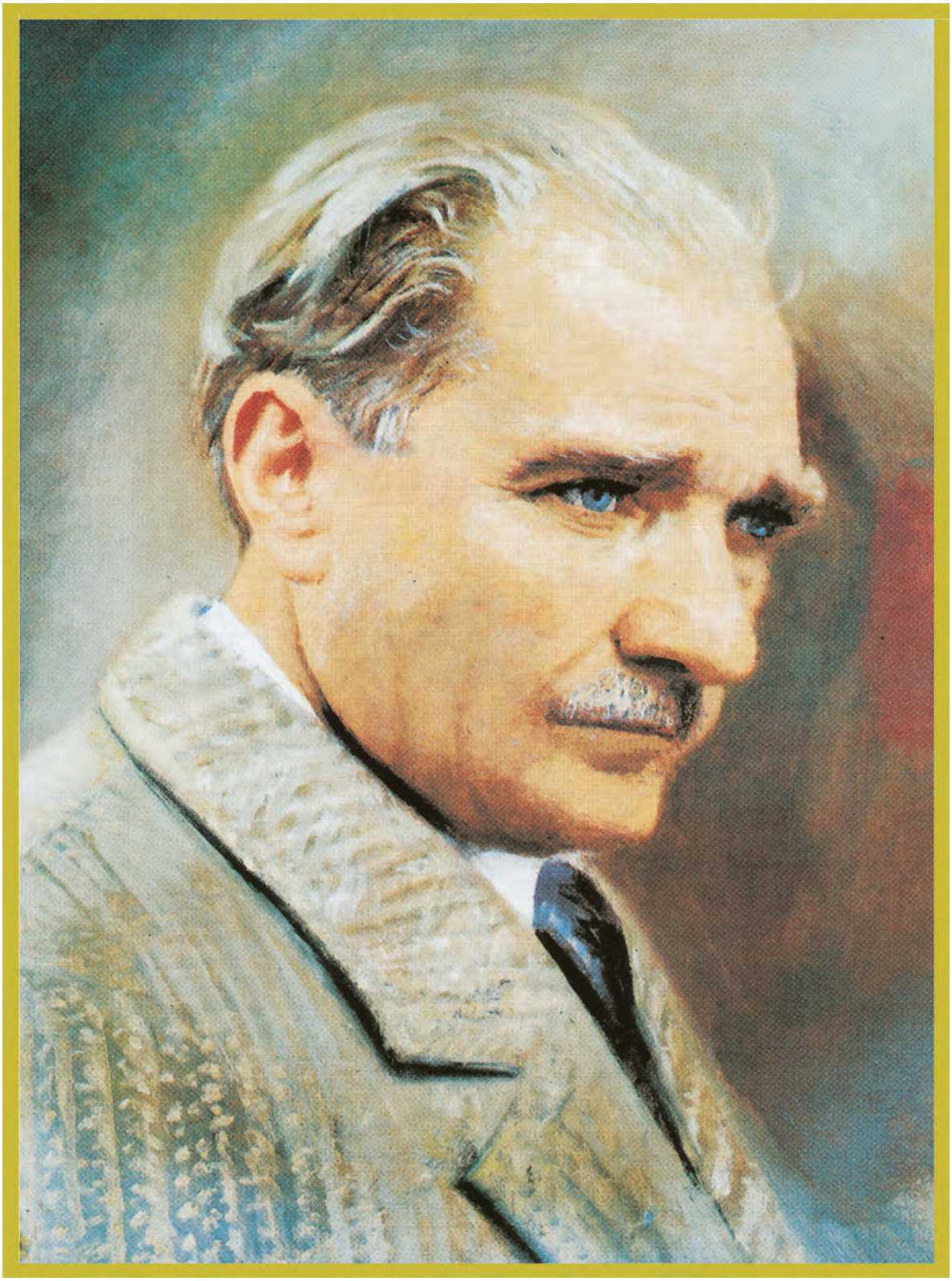
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

Kitabın dijital kopyalarında "İÇİNDEKİLER" sayfasında başlıklar üzerine tıklayarak ilgili sayfalara, iç sayfalarda da ünite isimleri üzerine tıklayarak "İÇİNDEKİLER" sayfasına ulaşabilirsiniz.

İÇİNDEKİLER

KİTABIN TANITIMI 9

TEMEL UYARI VE GÜVENLİK İŞARETLERİ (PİKTOGRAMLARI) 11

LABORATUVAR KURALLARI 11

1. ÜNİTE KUVVET VE HAREKET 12

1.1. SERBEST DÜŞME 16
1.1.1. Serbest Düşen Cisimler 16
1.1.2. Serbest Düşme Hareketi ile İlgili Veriler 20
1.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET 30
1.3. NEWTON'IN HAREKET YASALARI 40
1.3.1. Bileşke Kuvvet ve Hareket Arasındaki İlişki 40
1.3.2. Serbest Cisim Diyagramı 53
1.4. SÜRTÜNME KUVVETİ 65
1.4.1. Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetleri 65
1.4.2. Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler 70
1.5. LİMİT HIZ 86
1.6. DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET 95
1.4.1. Çembersel Harekette Yörünge ve Hız Kavramları 95
1.4.2. Çembersel Hareketin Değişkenleri 101
1. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 120

2. ÜNİTE ELEKTRİK VE MANYETİZMA 150

2.1. ELEKTRİKSEL KUVVET VE ELEKTRİKSEL ALAN 155
2.1.1. Elektriksel Kuvvet 155
2.1.2. Elektriksel Alan 166
2.1.3. Faraday Kafesi 178
2.2. MANYETİK ALAN VE MANYETİK KUVVET 186
2.2.1. Manyetik Alan 186
2.2.2. Üzerinden Akım Geçen Düz İletken Telin Manyetik Alanı 198
2.2.3. Akım Makarasının Manyetik Alanı 207
2.2.4. Elektromıknatısların Kullanım Alanları 213
2.2.5. Manyetik Alanda Üzerinden Akım Geçen Düz Bir Tele Etki Eden Kuvvet 218
2.2.6. Manyetik Alanda Üzerinden Akım Geçen Dikdörtgen Telin Bir Eksen Etrafında Dönmesi 229

2.3. İNDÜKSİYON AKIMI **236**
2.3.1. Manyetik Akı 236
2.3.2. İndüksiyon Gerilimi 242
2.3.3. Alternatif Akım 253
2.4. TRANSFORMATÖRLER **263**
2. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI **274**

3. ÜNİTE OPTİK 298

3.1. IŞIK ŞİDDETİ, IŞIK AKISI VE AYDINLANMA **302**
3.2. DÜZLEM AYNALAR **312**
3.3. KÜRESEL AYNALAR **323**
3.3.1. Küresel Ayna Çeşitleri ve Özellikleri 323
3.3.2. Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu 333
3.4. KIRILMA **343**
3.5. GÖRÜNÜR DERİNLİK **354**
3.6. FİBER OPTİK **361**
3.7. PRİZMALAR **367**
3.8. MERCEKLER **373**
3.8.1. Merceklerin Özellikleri 373
3.8.2. Merceklerde Görüntü Oluşumu 381
3. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI **391**
SÖZLÜK **408**
KAYNAKÇA **413**
CEVAP ANAHTARLARI KAREKODU **414**
GÖRSEL, GENEL AĞ VE E-İÇERİK KAYNAKÇASI KAREKODU **414**
TÜRKİYE'NİN MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ İLE KARA VE DENİZ KOMŞULARI HARİTASI **415**
TÜRK DÜNYASI HARİTASI **416**

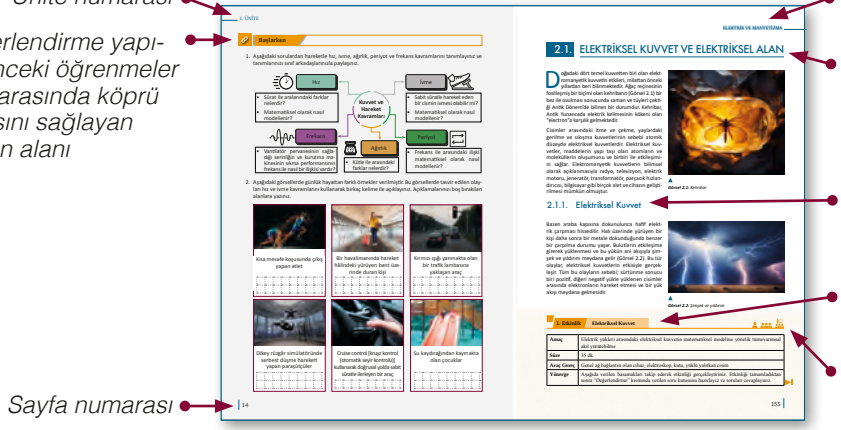
KİTABIN TANITIMI

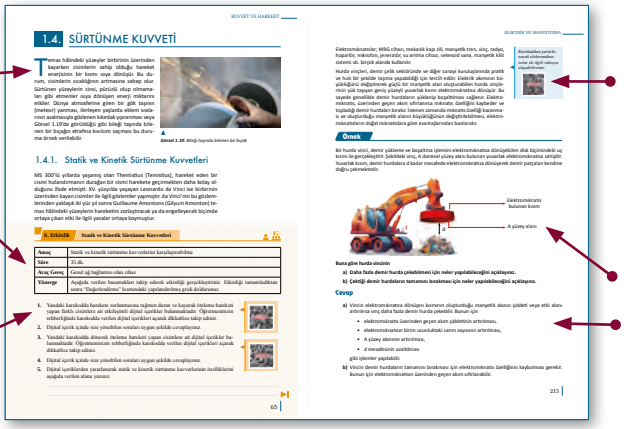
Kitap ünitelerden oluşmaktadır. Her ünitenin başında ünite kapak sayfası yer almaktadır.

Ünite kapaklarında ünitenin adı, alt konu başlıkları, anahtar kavramlar, ünite sürecinde öğrencinin ulaşması beklenen hedefler, ünite içinde öğrenciden yapması beklenen görev ya da sorumluluklar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca ünite ile ilgili sunum ve diğer e-içeriklere yönlendiren karekodlar bulunmaktadır.

Kitap genelinde kullanılan tüm karekodlar akıllı cihazlarla okutulduğunda ya da kitabın dijital kopyalarında karekod üzerine tıklandığında kitaba ait e-içeriklere ulaşılabilmektedir.







SEMBOLLERİN AÇIKLAMASI

Çalışmanın bittiği yer

Önceki sayfadan devam eden çalışma

Sonraki sayfada devam eden çalışma

"Başlarken" alanı

Ders öncesi hazırlık gerektiren çalışma

"Kontrol Noktası" alanı

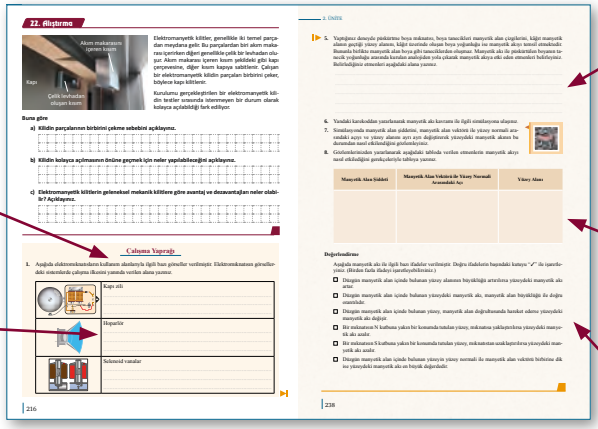
İçeriğin başladığı yer

İçeriğin bittiği yer

Bireysel etkinlik

Grup etkinliği

Rehberli etkinlik



Konuya yönelik "Çalışma Yaprağı"

"Çalışma Yaprağı" cevap alanı

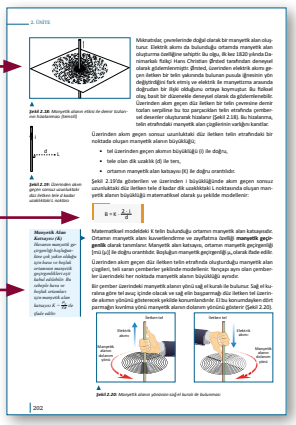
Etkinlik basamaklarına ait cevap alanı

Etkinlik basamaklarına ait tablo şeklindeki cevap alanı

Etkinliğin "Değerlendirme" alanı



Etkinlikte gerçekleştirilen çalışmaların değerlendirilmesi amacıyla kullanılacak formlara ait karekod



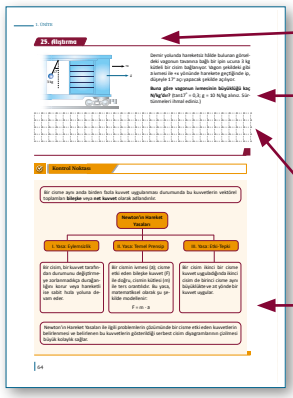
Konuyla ilgili şekil ve şeklin açıklaması

Konu ile ilgili matematiksel modellerin verildiği alan

Konuya yönelik ek açıklamaların veya detaylı bilgilerin sunulduğu açıklama kutusu



Okuma parçası

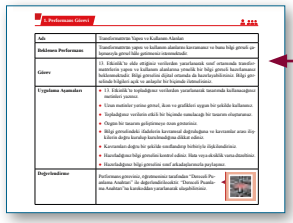


Konuya yönelik alıştırma

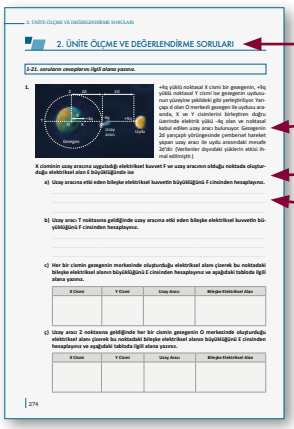
İşlem kolaylığı sağlamak amacıyla sorulardaki trigonometrik değerler yaklaşık olarak verilmiştir.

Alıştırma cevap alanı

Konuya yönelik bilgilerin özetlendiği "Kontrol Noktası" alanı



Ünitelerde öğrenciler tarafından gerçekleştirilmesi beklenen performans görevleri

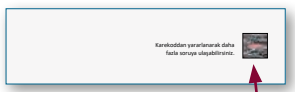


Ünite ölçme ve değerlendirme soruları

Öncüle dayalı soru

Soru alt maddeleri

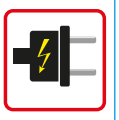
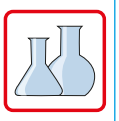
Cevap alanı



Üniteye ait ek ölçme ve değerlendirme sorularına ulaşılabilecek karekod

TEMEL UYARI VE GÜVENLIK İŞARETLERI (PIKTOGRAMLARI)

	**Eldiven Giy:** Kullanılan malzemelerden kaynaklanabilecek zararlı etkilerdenkorunmak için eldiven giyilmesi gerektiğini gösteren uyarı işaretidir.
	**Gözlük Kullan:** Deney esnasında gözleri olası tehlikelerden (çalışma ortamındaki kimyasal ürünler, buhar, toz, şiddetli ışık, yüksek sıcaklık vb.) korumak için gözlük kullanılması gerektiğini gösteren uyarı işaretidir.
	**Koruyucu .elbise Giy:** Kullanılan kimyasal ürünlerin ve malzemelerin sıçraması sonucu elbiselerin aşınmasını önlemek için önlük veya tulum kullanılmasının uygun olduğunu gösteren uyarı işaretidir.
	**Maske Kullan:** Deney esnasında solunum güvenliğini tehlikeye atacak olası durumlara karşı (kimyasal tepkimeler sonucu açığa çıkabilecek zararlı gazlar, toz, duman vb.) maske kullanılması gerektiğini gösteren uyarı işaretidir.
	**Yanıcı ve Parlayıcı Madde:** Yanıcı ve parlayıcı olan, havayla temasında kendiliğinden alev alabilen ve ısıtıldığında yangına neden olan maddelerdir. Ateş, kıvılcım ve ısı kaynaklarından uzak tutulmalıdır.
	**Aşındırıcı (Korozif) Madde:** Canlı doku, kumaş ve metal gibi yüzeylere temas ettiğinde bu yüzeyleri aşındırabilen maddelerdir. Göz ve deriyle teması engellenmeli ve buharı solunmamalıdır. Metallerden uzak tutulmalıdır.
	**Zehirli (Toksik) Madde:** Ağız, deri ve solunum yolu ile zehirlenmelere neden olabilen maddelerdir. Bu maddeler vücuda temas ettirilmemeli, zehirlenme belirtileri görüldüğünde tıbbi yardım alınmalıdır.
	**Tahriş Edici Madde:** Alerjik deri reaksiyonlarına ve gözlerde rahatsızlığa neden olabilecek maddelerdir. Vücut ve gözle teması engellenmeli, buharı solunmamalıdır. Kullanımı esnasında koruyucu giysi kullanılmalıdır.

	**Kesici / Delici Cisim Uyarısı:** Yapılacak işlemlerde kesici / delici araçların kullanıldığını ve işlem sırasında yaralanmaların olabileceğini gösterir.
	**Sıcak Cisim Uyarısı:** Yapılacak işlemlerde bir ısıtıcı ya da sıcak bir yüzeyin olduğunu gösterir. El, ayak ve vücudun diğer kısımlarının yanmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.
	**Elektrik Uyarısı:** Yapılacak işlemlerde elektriği şehir hattından kullanmak gerektiğini ve güç kaynağı kullanırken iletken kısımlara dokunmanın tehlikeli olacağını belirtir.
	**Kırılabilir Cam Uyarısı:** Yapılacak işlemlerde kırılabilecek malzemelerin kullanılacağını gösterir. Cam malzemeler aşırı ısıtılmamalı ve ani sıcaklık değişimlerine maruz bırakılmamalıdır.
	**Yakıcı (Oksitleyici) Madde:** Havasız ortamda bile alev alabilen veya yanabilen maddelerdir. Ateş, kıvılcım ve ısıdan uzak tutulmalıdır. Kullanılırken uygun mesafede durulmalı ve koruyucu giysi giyilmelidir.
	**Çevreye Zararlı (Ekotoksik) Madde:** Doğaya atıldıklarında uzun süre bozulmadan kalabilen, toprak, su ve hava kirliliği oluşturan maddelerdir. Bu maddeler çöpe atılmamalı veya lavaboya dökülmemelidir.
	**Patlayıcı Madde:** Kıvılcım, alev, ısınma, vurma, çarpma ve sürtünmeye maruz kaldığında patlayabilen maddelerdir. Ateş, kıvılcım ve ısıdan uzak tutulmalıdır. Uygun mesafede durulmalıdır
	**Radyoaktif Madde:** Yaydığı radyasyon ile canlı hücrelerde tahribata sebep olan maddelerdir. Canlı dokularda kalıcı hasara sebep olabilecek radyasyon tehlikesini gösterir. Bu işaretin bulunduğu yerlerden uzak durulmalıdır.

LABORATUVAR KURALLARI

- Laboratuvarların bilimsel çalışma yapılan ciddi bir ortam olduğunu aklınızdan hiçbir zaman çıkarmayınız. Bu nedenle laboratuvarlarda düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket etmeyiniz.
- Öğretmeninizin uyarı ve önerilerini dikkate alınız.
- Laboratuvarda çalıştığınız sürece çalışmanın özelliğine göre gözlük, yüz maskesi, önlük, eldiven gibi koruyucu gereçler kullanınız.
- Çalışma masanızı ve çevrenizi her zaman temiz ve düzenli tutunuz. Deney sonunda masanızı temiz ve kuru bırakınız.
- En küçük bir kaza, yaralanma (kesik, yanık vb.) veya malzeme dökülmesi durumunda derhal öğretmeninize haber veriniz.
- Yangın tüpünün, acil durum duşunun ve ilk yardım dolabının yerini öğreniniz. Acil bir durumda nasıl kullanılacakları hakkında bilgi sahibi olunuz.
- Prizlere ıslak elle dokunmayınız.
- Kullanmadığınız elektrikli aletleri kapatınız ve fişini çekiniz.
- Elektrikli aletleri kullanmadan önce kabloları ve fişleri kontrol ediniz. Kablo veya fişleri güvenli olmayan elektrikli aletleri kullanmayınız.
- Isıtıcıları kullanırken dikkatli olunuz ve yanıcı maddelerden uzak tutunuz.
- Sıcak cam malzemeleri (beher, deney tüpü vb.) çıplak elle tutmayınız. Maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.
- Kırık veya çatlak cam malzemeleri kesinlikle kullanmayınız ve derhal öğretmeninize teslim ediniz. Kırık camları özel çöp kutusuna atınız.
- Kimyasal maddelerle çalışırken asla maddeleri koklamayınız, tatmayınız veya cildinize temas ettirmeyiniz.
- Lazer gibi güçlü ışık kaynaklarını asla doğrudan gözünüze veya başka birinin gözüne tutmayınız.
- Deney bittikten sonra kullandığınız tüm malzemeleri temizleyiniz, kurulayınız ve öğretmeninizin gösterdiği yerlere düzenli bir şekilde yerleştiriniz.

1. ÜNİTE

KUVVET VE HAREKET



1.1. SERBEST DÜŞME
1.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET
1.3. NEWTON'IN HAREKET YASALARI
1.4. SÜRTÜNME KUVVETİ
1.5. LİMİT HIZ
1.6. DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

▶ **Anahtar Kavramlar**

- **serbest düşme**
- **eylemsizlik**
- **etki-tepki kuvvetleri**
- **serbest cisim diyagramı**
- **sürtünme kuvveti**
- **statik sürtünme kuvveti**
- **kinetik sürtünme kuvveti**
- **limit hız**
- **düzgün çembersel hareket**
- **çizgisel sürat**
- **açısal hız**
- **çizgisel hız**
- **merkezcil ivme**
- **açısal ivme**
- **merkezcil kuvvet**

▶ Bu ünitede sizlerden

- serbest düşme hareketi ve iki boyutta sabit ivmeli hareket ile ilgili gözlem ve genellemeler yapmanız,
- Newton'ın Hareket Yasalarını açıklamanız,
- bir cisme etki eden kuvvetleri serbest cisim diyagramında göstermeniz,
- statik ve kinetik sürtünme kuvvetinin bağlı olduğu değişkenleri gözlemleyerek sürtünme kuvvetinin matematiksel modelini oluşturmanız,
- limit hızı tanımlamanız ve limit hıza ait değişkenleri belirlemeniz,
- düzgün çembersel hareketin temel kavramları arasındaki ilişkileri matematiksel olarak modellemeniz

beklenmektedir.

Bu ünitede sizlerden ölçme ve değerlendirme sorularını cevaplamanız, konu ile ilgili çıkış kartı, yapılandırılmış grid, kavram haritası ve çalışma yaprağını doldurmanız; bilgi görseli, animasyon veya kısa film hazırlamanız, açık uçlu sorulardan oluşan test çözmeniz istenmektedir.



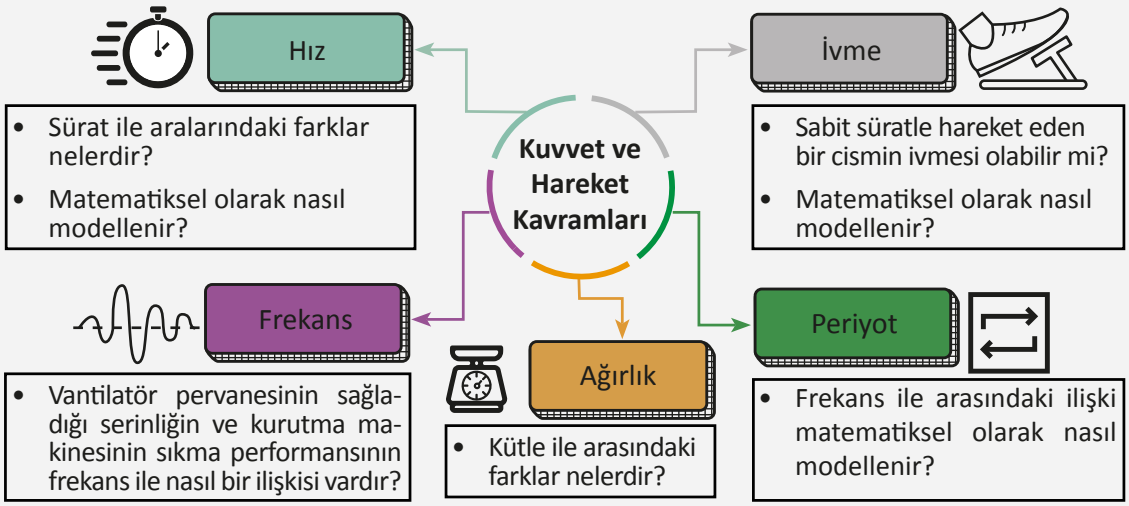
Ünite Karekodu

Ünite Sunusu Karekodu

Astronotları mikro yer çekimli ortama hazırlamak için parabolik uçuş adı verilen bir yöntem kullanılır. Bu yöntemde belli bir yükseklikte yeryüzüne paralel bir şekilde seyretmekte olan uçak, burnunu yukarı kaldırarak yatay eksenle 45°nin üzerinde bir açı yapar ve yaklaşık 24 s boyunca tırmanır. Bu süreçte astronotlar tarafından hissedilen ağırlık, yeryüzündeki ağırlıklarının 1,8 katına kadar ulaşır. Uçak, 6 km kadar yükselir; eğimini ve motorların itiş kuvvetini azaltır. Parabolik bir yay çizmeye başlayan uçak içinde yaklaşık 22 s boyunca mikro yer çekimli bir ortam oluşur. Bu sırada astronotlar kendilerini ağırlıksız hisseder. Bu durum, uçağın burnunu aşağı eğerek inişe geçmesiyle bozulur ve astronotlar tarafından hissedilen ivme değeri 1,8 g'ye çıkar. Astronot eğitimleri sırasında bu olay defalarca tekrar edilir ve astronotların mikro yer çekimi ile ivme değişimlerine verdikleri tepkiler gözlenir.

Başlarken

1. Aşağıdaki sorulardan hareketle hız, ivme, ağırlık, periyot ve frekans kavramlarını tanımlayınız ve tanımlarınızı sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.



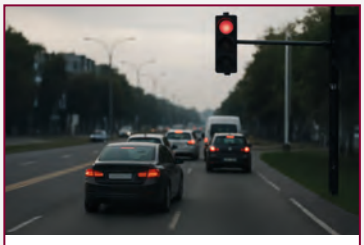
2. Aşağıdaki görsellerde günlük hayattan farklı örnekler verilmiştir. Bu görsellerde tasvir edilen olayları hız ve ivme kavramlarını kullanarak birkaç kelime ile açıklayınız. Açıklamalarınızı boş bırakılan alanlara yazınız.



Kısa mesafe koşusunda çıkış yapan atlet



Bir havalimanında hareket hâlindeki yürüyen bant üzerinde duran kişi



Kırmızı ışığı yanmakta olan bir trafik lambasına yaklaşan araç



Dikey rüzgâr simülatöründe serbest düşme hareketi yapan paraşütçüler

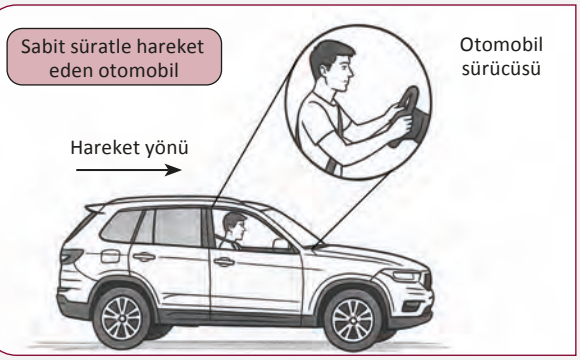


Cruise control [kruyz kontrol (otomatik seyir kontrolü)] kullanarak doğrusal yolda sabit süratle ilerleyen bir araç



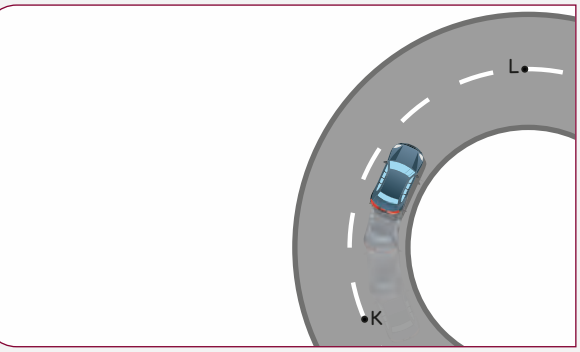
Su kaydırağından kaymakta olan çocuklar

3. Aşağıda verilen görsel ve açıklamalardan yola çıkarak soruları sözlü şekilde cevaplayınız.



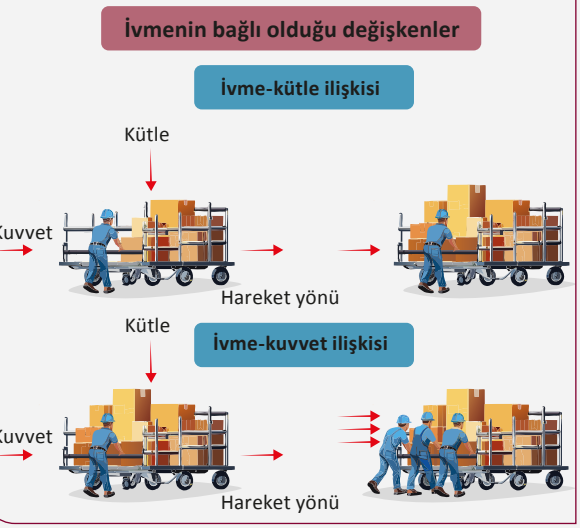
Yandaki görselde sabit süratle ilerlemekte olan bir araç ve sürücüsü verilmiştir.

- Aniden gaz pedalına bastığında sürücünün bu durumdan nasıl etkileneceğini açıklayınız.
- Aniden fren pedalına bastığında sürücünün bu durumdan nasıl etkileneceğini açıklayınız.



Yandaki görselde K noktasından girdiği virajı sabit süratle dönerek L noktasından terk eden bir araç verilmiştir.

- Aracın hareketi ivmeli bir hareket midir? Açıklayınız.
- Sürücüye bu sırada herhangi bir kuvvet etki etmiş midir? Sürücü, dönüş sırasında ne gibi bir değişim yaşamıştır?



Yandaki görsellerde bir yapı markette koli taşıyan işçiler gösterilmektedir.

- İlk görselde toplam kütle artmaktadır. Arabaya uygulanan kuvvet değişmediğinde arabanın hızlanmasında ne gibi bir değişim olacağını açıklayınız.
- İkinci görselde toplam kütle değişmemekte ancak aracı iten kişi sayısı ve araca uygulanan bileşke kuvvet artmaktadır. Bu sırada arabanın hızlanmasında nasıl bir değişim olacağını açıklayınız.



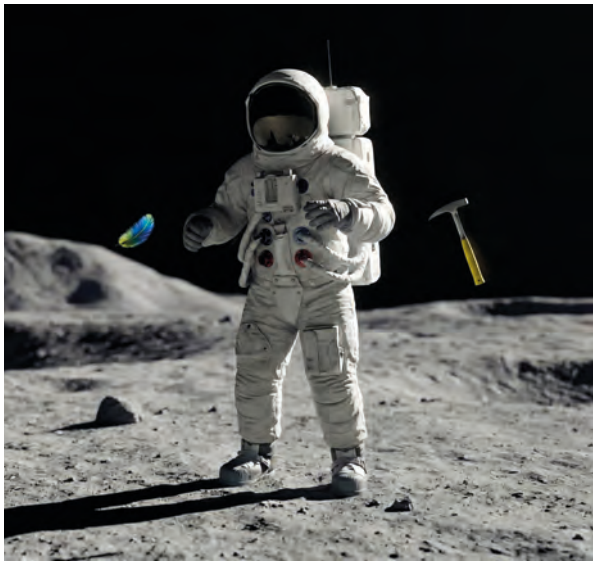
Yandaki görselde futbol topuna vuran bir futbolcu yer almaktadır. Temas sırasında ayağa ve topa etki eden kuvveti görsel üzerinde gösteriniz. Sözlü olarak günlük hayattan buna benzer örnekler veriniz.

1.1. SERBEST DÜŞME

1600'lü yıllara kadar pek çok bilgi türü felsefenin içinde ele alınıyordu. Doğa, toplum, din gibi alanlarda akıl yürütme ilkeleri kullanılarak belli çıkarımlar yapılıyordu. Bu yıllarda akıl yürütme ilkeleri yavaş yavaş deney, ölçüm ve hesaplamalarla desteklenmeye başlandı ve doğanın incelenmesi felsefeden ayrıldı. Böylece fizik, kimya, biyoloji gibi doğa bilimleri ortaya çıkmaya başladı.

1.1.1. Serbest Düşen Cisimler

Galileo Galilei'in (*Galileo Galiley*) fizik alanındaki çalışmaları, deneysel ölçümlerin ve matematiksel hesaplamaların bilim dünyasındaki yerini pekiştirmiştir. Ayrıca Aristoteles'in (Aristoteles) ağır nesnelerin daha hafif olanlardan hızlı düştüğü öğretisi gibi o döneme kadar doğruluğundan şüphe edilmeyen birçok fikrin sorgulanmasının önünü açmıştır. Galileo, cisimlerin şekil ve yoğunluklarının düşme hızlarını etkileyeceğini kabul etmiştir. Bununla birlikte bir yün yumağının ve bir kurşun parçasının havası alınmış bir ortamda aynı hızla yere düşeceğini ileri sürmüştür. Galileo'nun bu hipotezi, önce 1650'li yıllarda vakum pompasının icadının ardından test edilmiş; 2 Ağustos 1971 yılında da bir Ay yürüyüşü sırasında Ay yüzeyindeki astronotlar tarafından 0,03 kg kütleli şahin tüyü ile 1,32 kg kütleli alüminyum jeolog çekicinin aynı yükseklikten bırakılması suretiyle doğrulanmıştır (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: *Çekiç ve tüyü aynı yükseklikten bırakan bir astronot (temsilî)*

1. Etkinlik **Serbest Düşme Hareketi**

Amaç	Serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmesine yönelik tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında istenen posteri hazırlayınız ve "Öz Değerlendirme Formu"nu doldurunuz. Hazırlayacağınız poster, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Yandaki karekoddan yararlanarak serbest düşme hareketi ile ilgili simülasyona ulaşınız.
2. Farklı kütleye sahip basketbol, bovling, futbol, tenis ve golf topları ile cam bilyenin yapmış olduğu serbest düşme hareketini gözlemleyip oluşan veri setini inceleyiniz.

3. Farklı kütleye sahip basketbol, bovling, futbol, tenis ve golf topları ile cam bilyenin ortalama yere düşme sürelerini karşılaştırınız. Süreler arasındaki farklılık veya benzerliklerin nedenlerini sınıf arkadaşlarınızla saygı çerçevesinde tartışarak aşağıdaki alana yazınız.

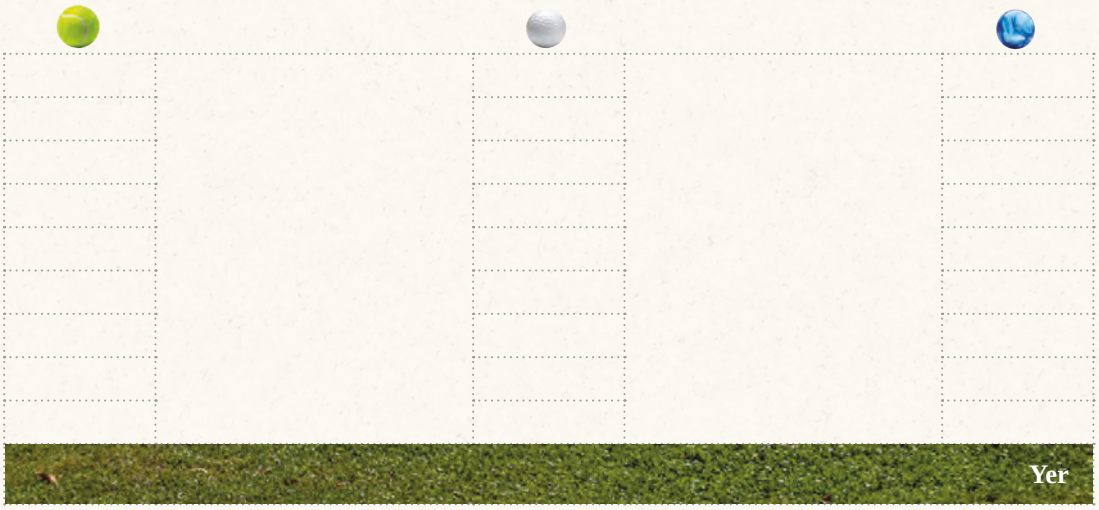
.....

.....

.....

4. Havasız bir ortamda aynı yükseklikten ve aynı anda ilk hızsız olarak serbest bırakılan tenis topu, golf topu ve cam bilyenin t, 2t ve 3t anlarındaki konumlarını aşağıdaki şekil üzerinde gösteriniz. Daha sonra bu anlarda cisimlerin hız büyüklüklerini belirleyerek ilgili konumların yanına yazınız.

Elde ettiğiniz sonuçları cisimlerin kütleleriyle ilişkilendirerek yorumlayınız.



5. Serbest bırakılan cisimlerin ivmeleri ile kütle ve boyutları arasındaki ilişkiye yönelik düşüncelerinizi sınıf ortamında arkadaşlarınızla eleştirel bir bakış açısıyla tartışınız. Tartışma sırasında kendi görüşlerinizi ve bu görüşleri destekleyen gerekçeleri açıkça ifade ediniz. Varsa karşıt görüşleri gerekçeleriyle değerlendiriniz. Tartışma sonucunda ulaştığınız çıkarımları aşağıya yazınız.

.....

.....

.....

.....

6. Yer çekimi ivmesinin cisimlerin hızındaki değişime etkisini sınıf arkadaşlarınızla tartışınız. Değerlendirmeleriniz sonucunda ulaştığınız ortak çıkarımı gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

.....

.....

.....

7. Serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmesi nelere bağlıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

Değerlendirme

Serbest düşme hareketi ile ilgili bir poster hazırlayarak sınıf arkadaşlarınıza sununuz.

Hazırlayacağınız poster öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Aşağıda verilen "Öz Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

Öz Değerlendirme Formu

Öğrencinin

Adı ve Soyadı: Numarası:

Bu form, kendinizi değerlendirmeniz amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmalarınızı en doğru yansıtan seçeneği "✓" ile işaretleyiniz. Bu formda işaretlediğiniz "Kısmen" ve "Hayır" seçeneklerine ait davranışlardaki eksiklerinizi tamamlayınız.

Davranışlar		Dereceler		
		Evet	Kısmen	Hayır
1.	Etkinlik yönergelerini eksiksiz ve doğru bir biçimde izledim.			
2.	Etkinlikte sorulan sorulara doğru cevap verdim.			
3.	Serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmelerine yönelik genellemeler yaptım.			
4.	Etkinlik boyunca zamanı verimli kullandım.			
5.	Arkadaşlarımın fikirlerine saygı gösterdim.			
6.	Etkinlikte öğrendiklerimi günlük hayatta kullanabilirim.			

Etkinlikte gerçekleştirdiğiniz çalışmaları dikkate alarak görüşlerinizi aşağıda verilen alanlara yazınız.

1. Bu etkinlikten öğrendiklerim

.....

.....

.....

2. Bu etkinlik sırasında en iyi yaptıklarım

.....

.....

.....

3. Bu etkinlik sırasında en çok zorlandıklarım

.....

.....

.....

Bir boyutta sabit ivmeli hareketin belirgin örneklerinden biri, hava sürtünmesinin ihmal edildiği bir durumda Dünya yüzeyine yakın bir konumdan serbest düşmeye bırakılan cismin yapmış olduğu harekettir. Örneğin bir bozuk para ile buruşturulmuş bir kâğıt parçası aynı anda aynı yükseklikten serbest bırakıldığında bu iki cisim, çok fazla hava direncinin etkisinde kalmayacak ve hemen hemen aynı anda yere düşecektir (Görsel 1.2). Bu deney tamamen havası alınmış bir ortamda yapılmış olsaydı hava direnci olmayacağından kâğıt parçası, buruşturulmadan atılsa dahi bozuk para ile aynı ivmeye sahip olacak ve aynı anda yere düşecekti.



Görsel 1.2: *Aynı yükseklikten bırakılan ve aynı ivme ile hareket eden iki cisim*

Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda Dünya yüzeyine yakın bir konumda bulunan tüm nesneler aynı sabit ivme ile düşer. Bu durumu gözlemlemek isteyen Galileo'nun Pisa şehrinin eğikliğiyle meşhur kulesinden farklı boyutlarda ve kütlelerde taşlar bıraktığı söylenir (Görsel 1.3). Serbest düşme hareketi yapan bir cismin ivmesi Dünya'nın yüzeyindeki kütle çekim kuvvetinden kaynaklanır ve yer çekimi ivmesi olarak adlandırılır. Yönü Dünya'nın merkezine doğru olan yer çekimi ivmesi "g" ile gösterilir. Yer çekimi ivmesinin yer yüzeyinde değeri yaklaşık 9,8 m/s^2 dir. Yer çekimi ivmesinin değeri; yüksekliğe, enlem ve boylama bağlı olarak biraz değişir. Bu değişimin ihmal edilebilecek kadar küçük olması nedeniyle yer çekimi ivmesi (g) sabit kabul edilir.



Görsel 1.3: *Dünya yüzeyine yakın bir konumdan sabit ivme ile düşmekte olan bir cisim (temsilî)*

Bir gezegenin çekim ivmesi, o gezegenin kütlesine ve boyutlarına bağlı olarak farklı değerler alır.

Örnek

İki hava dalgıcı, aynı düşey çizgide kalacak şekilde birkaç saniye arayla bir helikopterden atlıyor. (Hava sürtünmesini ihmal ediniz.)

Buna göre hava dalgıçlarının

a) İvmelerini karşılaştırınız.

b) Hız büyüklükleri arasındaki fark düşüş sürecinde değişir mi? Açıklayınız.

c) Aralarındaki düşey mesafe düşüş süreci boyunca değişir mi? Açıklayınız.

Cevap

a) Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamlarda cisimlerin ivmeleri yer çekimi ivmesine eşittir. Bundan dolayı her iki dalgıcın ivmesi birbirine eşit olur.

b) İlk hava dalgıcının sürati daha fazla olmasına rağmen her iki dalgıcın ivmesi eşit olduğundan düşüş süreci boyunca süratleri arasındaki fark sabit kalır.

c) Düşüş süreci boyunca ilk hava dalgıcının sürati, ikinci hava dalgıcının süratinden daima daha fazla olur. Bu yüzden ilk hava dalgıcı aynı zaman aralığında daha fazla mesafe kat eder ve iki dalgıç arasındaki düşey mesafe giderek artar.

1. Alıştırma



Bir ağacın dalına tünemiş olan kuş, üst dallardan kopan 50 g kütleli bir kozalak yanından geçerken ağzındaki 5 g kütleli yemi düşürüyor. (Hava direncini ihmal ediniz.)

Buna göre

a) Hareketin herhangi bir anında kozalak ve yeme etki eden net kuvvetleri karşılaştırınız.

b) Kozalak ve yem arasındaki düşey uzaklık zamanla değişir mi? Açıklayınız.

c) Bu olay yer çekimi ivmesinin daha büyük olduğu bir ortamda gerçekleşseydi kozalağın yere çarpma hızı ve süresi değişir miydi? Açıklayınız.

2. Alıştırma

Fatma, kâğıttan bir bardağın tabanına kurşun kalemini kullanarak bir delik açıyor. Daha sonra deliği eliyle kapatıyor ve bardağı su ile dolduruyor. Fatma, tabanında delik bulunan içi su dolu kâğıttan bardağı, belli bir yükseklikten serbest bırakıyor ve arkadaşı Ayşe'den bardaktaki suyun akıp akmadığını gözlemlemesini istiyor.

Buna göre Ayşe'nin Fatma'ya vereceği cevabı sebepleri ile yazınız.

1.1.2. Serbest Düşme Hareketi ile İlgili Veriler

Serbest düşme terimi; sadece belli bir yükseklikten ve durgun hâlden serbest bırakılan cisimler için değil, başlangıçtaki hareketi ne olursa olsun sadece yer çekimi etkisi ile düşen tüm cisimler için kullanılır. Yukarı veya aşağı doğru atılan cisimler ile durgun hâlden bırakılan cisimlerin tamamı, harekete başladıkları andan itibaren serbest düşen cisimlerdir. Aşağıya doğru inmekte olan veya yukarıya doğru çıkmakta olan her cisim, başlangıçtaki hareketi ne olursa olsun aşağıya doğru bir ivmenin etkisinde kalır.

2. Etkinlik Serbest Düşme Hareketi ile İlgili Veri Setleri

Amaç	Serbest düşme hareketi ile ilgili kanıt kullanabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında istenen raporu hazırlayınız. Hazırlayacağınız rapor, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Yandaki karekoddan yararlanarak "Düşey Eksende Serbest Düşen Cisimlerin Hareketi" isimli simülasyona ulaşınız.
2. Ekranın solunda yer alan ok işaretini yukarı doğru çekerek topun yüksekliğini artırınız.
3. Ekranın sağ kısmında yer alan namlu aşağı butonuna tıklayarak namluyu yere dik olacak konuma getiriniz.
4. Topun konumunu değiştirerek hız, ivme, yer değiştirme ve zaman değişkenleri ile ilgili veri setleri oluşturunuz.

Veri Seti	I. Veri	II. Veri	III. Veri
Yükseklik (m)			
Başlangıç hızı (m/s)			
Yere düşme süresi (s)			
Yere çarpma hızı (m/s)			
Yer çekimi ivmesi (m/s^2)			

5. İvmeli hareket grafiklerini dikkate alarak oluşturduğunuz veri setleri üzerinden hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerini aşağıdaki alana çiziniz.

6. Simülasyon ekranının sol alt köşesinde yer alan oku kullanarak topun yere inmesini sağlayınız.

7. Ekranın sağ kısmında yer alan namlu yukarı butonuna tıklayarak namluyu yere dik olacak konuma getiriniz.

8. Cismin başlangıç hızını değiştirerek ivme, yer değiştirme ve zaman değişkenleri ile ilgili veri setleri oluşturunuz.

Veri Seti	I. Veri	II. Veri	III. Veri
Yükseklik (m)			
Başlangıç hızı (m/s)			
Yere düşme süresi (s)			
Yere çarpma hızı (m/s)			
Yer çekimi ivmesi (m/s^2)			

9. İvmeli hareket grafiklerini dikkate alarak oluşturduğunuz veri setleri üzerinden hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerini aşağıdaki alana çiziniz.

10. Elde ettiğiniz verilerden ve çizmiş olduğunuz grafiklerden yararlanarak düşey doğrultuda serbest düşen bir cismin hareketini açıklayınız. Açıklamalarınızı aşağıda verilen alana yazınız. Açıklamalarınızı yaparken serbest düşmenin sadece yer çekimi etkisindeki hareketlerin ortak adı olduğunu unutmayınız.

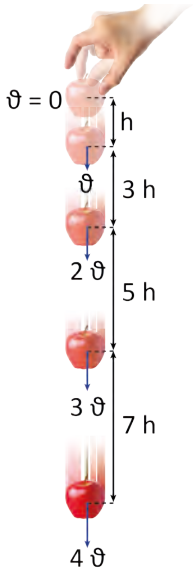
Değerlendirme

Düşey düzlemde ilk hızı sıfır ve ilk hızı sıfırdan farklı serbest düşen cisimlerin hareketini açıklayan kısa bir rapor hazırlayınız.

Hazırladığınız rapor, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Sürtünmesiz ortamda yalnızca yer çekimi kuvvetinin etkisi altında hareket eden cisimlerin yaptığı harekete **serbest düşme hareketi** denir (Görsel 1.4). Dünya yüzeyine yakın konumlarda yer çekimi ivmesi (g) değerinin değişmediği varsayılacak olursa serbest düşen bir cismin hareketi, sabit ivmeli bir boyutta harekete özdeştir. Bu durumda sabit ivmeli hareket için geliştirilen matematiksel modeller geçerli olur. Matematiksel modellerin yatay x doğrultusu için değil, düşey y doğrultusu için geçerli olduğu bilinmeli ve matematiksel modeller, ivme (a) yerine aşağıya doğru yönelmiş yer çekimi ivmesi (g) kullanılacak şekilde yenilenmelidir.

	Bir Boyutta Sabit İvmeli Harekete Ait Matematiksel Modeller	Serbest Düşme Hareketine Ait Matematiksel Modeller
Yer değiştirmenin zamana bağlı ifadesi	$\triangle x = \vartheta_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$	$h = \vartheta_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
Hızın zamana bağlı ifadesi	$\vartheta = \vartheta_0 \pm a \cdot t$	$\vartheta = \vartheta_0 \pm g \cdot t$
Hızın yer değiştirmeye bağlı ifadesi	$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 \pm 2 \cdot a \cdot \triangle x$	$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 \pm 2 \cdot g \cdot h$



Görsel 1.4: *Serbest düşen bir cismin eşit zaman aralıklarında konumu*

Örnek

Fizik Gazetesi Sayı 101 19 Mayıs 2026

Yer Çekimi İvmesi

Dünya üzerinde herhangi bir bölgenin yer çekimi ivmesi, o bölgenin topografik (yükseklik, enlem, boylam vb.) ve jeolojik (toprağın yapısı) özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Bu ivme değeri, laboratuvar ortamında veri setleri kullanılarak hesaplanabilir. Veri setlerinin oluşturulmasında ve ölçümlerin yapılmasında gerekli hassasiyet gösterilirse o bölgenin yer çekimi ivmesi, gerçek değerine çok yakın bir şekilde belirlenebilir.



Özgü, fizik dersi için yaptığı araştırmalar sırasında yandaki gazete küpürüne ulaşıyor. Bu küpürde yer alan bilgilerden yola çıkarak bulunduğu şehrin yer çekimi ivmesini hesaplamak istiyor. Özgü, bu amaçla çalışma grubundaki arkadaşlarıyla okul laboratuvarında hava direncinin etkisini ihmal edilebilir seviyeye düşürüyor. Daha sonra küçük metal bir topu farklı yüksekliklerden serbest bırakarak topun düşme süresini ölçüyor.

Buna göre

a) Özgü ve arkadaşları topun 1 m'lik mesafeyi 0,447 s'de katettiğini ölçüyor.

Buna göre Özgü ve arkadaşları yer çekimi ivmesinin büyüklüğünü kaç m/s² olarak hesaplamıştır?

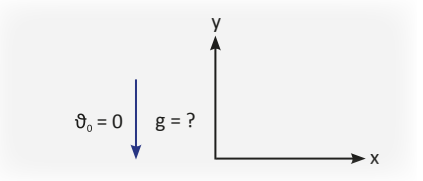
b) Özgü ve arkadaşlarının laboratuvarda yaptıkları ölçümler sonucunda ortaya çıkan yandaki veri setinden yararlanarak topun gerçekleştirdiği serbest düşme hareketine ait konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çiziniz.



y (m)	ϑ (m/s)	t (s)
0	0	0
- 0,05	-1	0,1
- 0,20	-2	0,2
- 0,45	-3	0,3
- 0,80	-4	0,4
- 1,25	-5	0,5

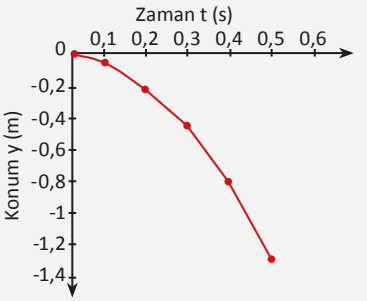
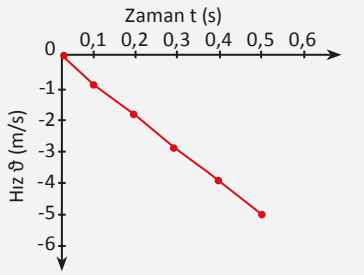
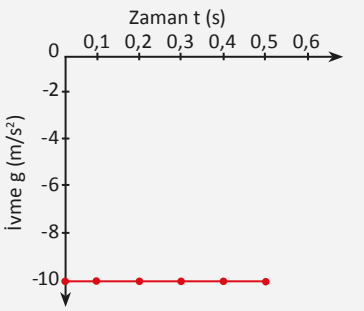
Cevap

a) Sabit ivmeli hareketler için geliştirilen $x = \vartheta_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ matematiksel modeli, bu durum için $h = \vartheta_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ şeklinde düzenlenebilir. Topun ilk hızsız serbest bırakıldığı göz önüne alındığında matematiksel model, $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow g = \frac{2 \cdot h}{t^2}$ şeklini alır. Top bir metrelik mesafeyi 0,447 s'de düştüğünden h = 1 m, t = 0,447 s değerleri yukarıdaki matematiksel modelde yerine yerleştirilir ve $g = \frac{2 \cdot 1}{0,447^2} \approx 10\ m/s^2$ sonucuna ulaşılır.



Özgü ve arkadaşları, yer çekimi ivmesinin değerini yaklaşık 10 m/s^2 olarak hesaplamıştır.

b)

Serbest düşmekte olan metal topun konum-zaman grafiği	
Veri setlerindeki konum (m) ve zaman (s) değerleri grafiği yandaki şekilde çizilir.	
Serbest düşmekte olan metal topun hız-zaman grafiği	
Veri setlerindeki hız (m/s) ve zaman (s) değerleri grafiği yandaki şekilde çizilir.	
Serbest düşmekte olan metal topun ivme-zaman grafiği	
Veri setinde yer alan birim zamandaki hız değişim değerlerinden yararlanılarak ivme-zaman grafiği yandaki şekilde çizilir.	

3. Alıştırma



Ballıkayalar Kanyonu'nda tırmanış yapan bir dağcı yerden 180 m yüksekteyken dağcının bulunduğu noktada bir kaya parçası kopuyor ve düşey doğrultuda serbest düşme hareketi yapıyor.

Hava direncini ihmal ederek

a) Kaya parçasının kopma anından 2 s sonraki yerden yüksekliğini hesaplayınız. (g = 10 m/s^2 alınız.)

b) Yere ulaştığı anda kaya parçasının hız büyüklüğünü hesaplayınız.

c) Kaya parçasının hareketine ait konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

4. Alıştırma

Yer çekimi ivmesinin 10 m/s^2 kabul edildiği ve hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda bir taş, derinliği bilinmeyen bir su kuyusunun ağzından ilk hızsız bir şekilde serbest bırakılıyor. Taşın su yüzeyine çarpma sesi, taşın bırakılma anından 3,15 s sonra duyuluyor. Sesin havadaki yayılma hızının büyüklüğü 300 m/s kabul edildiğine göre su yüzeyinin kuyunun ağzına olan düşey uzaklığını hesaplayınız.

Örnek

Öykü, üst katta oturan kardeşine evinin penceresinden düşey doğrultuda yukarı doğru 10 m/s'lik bir başlangıç hızıyla bir anahtarlık fırlatıyor. Kız kardeşi anahtarlığa temas edemiyor ve anahtarlık aynı doğrultuda serbest düşme hareketi yaparak belli bir süre sonra yere düşüyor.

(Hava direncinden kaynaklanan sürtünmeleri ihmal ediniz. $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

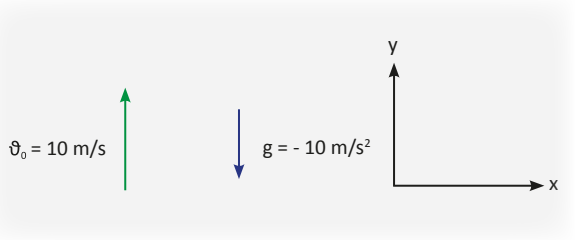
Buna göre anahtarlığın

a) Atıldıktan 1 s, 2 s ve 3 s sonraki konum ve hız değerlerini içeren bir veri seti oluşturunuz.

b) İlk hızı sıfırdan farklı serbest düşme hareketine ait konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

Cevap

a) Anahtarlık düşey yönde tek boyutlu serbest düşme hareketi yapmaktadır. Sabit ivmeli hareket için geliştirilen $x = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ ve $\vartheta = \vartheta_0 - a \cdot t$ matematiksel modelleri, ilk hızı sıfırdan farklı olan serbest düşme hareketine uyarlanarak $h = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ ve $\vartheta = \vartheta_0 - g \cdot t$ şeklinde düzenlenir.



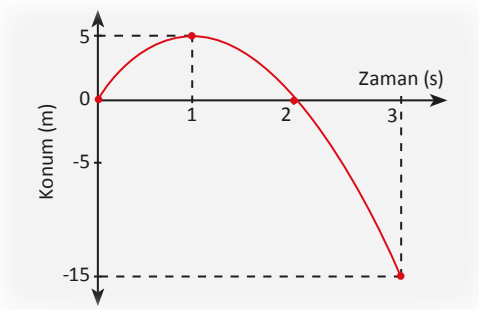
$\vartheta_0 = 10\ m/s$, $g = 10\ m/s^2$, $t = 1\ s$ değerleri yerine yazılarak anahtarlığın atılış anından 1 s sonraki konumu ve hızı $h = 10 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1^2 = 5\ m$ ve $\vartheta = 10 - 10 \cdot 1 = 0\ m/s$ bulunur. Aynı işlemler $t = 2\ s$ ve $t = 3\ s$ için yapılacak olursa $y = 10 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 = 0\ m$ ve $\vartheta = 10 - 10 \cdot 2 = -10\ m/s$

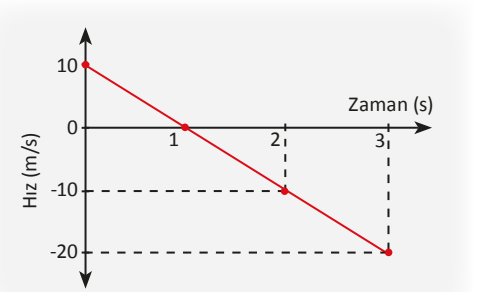
$h = 10 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2 = -15\ m$ ve $\vartheta = 10 - 10 \cdot 3 = -20\ m/s$ değerlerine ulaşılır.

Buradan hareketle veri seti şu şekilde hazırlanır:

Zaman (t)	Konum (x)	Hız (ϑ)	İvme (g)
0 s	0 m	10 m/s	$-10\ m/s^2$
1 s	5 m	0 m/s	$-10\ m/s^2$
2 s	0 m	-10 m/s	$-10\ m/s^2$
3 s	-15 m	-20 m/s	$-10\ m/s^2$

b) Cisim için hazırlanan veri seti incelenerek konum-zaman ve hız-zaman grafikleri şu şekilde çizilir:





5. Alıştırma



Nurcan, elindeki topu 20 m/s'lik bir başlangıç hızıyla hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda düşey doğrultuda yukarı doğru fırlatıyor. Top bir süre yükseldikten sonra aynı doğrultuda hareket ederek Nurcan'ın eline düşüyor. ($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Buna göre

a) Topun havada kalma süresini hesaplayarak belli zaman aralıkları için zaman, konum ve hız değerlerini içeren bir veri seti oluşturunuz.

b) Topun ilk hızı sıfırdan farklı serbest düşme hareketine ait konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

c) Nurcan, maksimum yüksekliğe ulaştığı anda topun ivmesinin sıfır olduğunu ifade ediyor.

Bu görüşe katılıyor musunuz? Gerekçeleriyle açıklayınız?

ç) Topun Nurcan'ın elinden 5 m yukarıdaki bir noktadan geçiş hızını hesaplayınız.

6. Alıştırma



Bir binanın çatısından yukarı doğru düşey olarak 30 m/s'lik başlangıç hızıyla bir taş atılıyor. Taş düşerken 80 m yüksekliğindeki bir binanın çatısını sıyırarak geçiyor. (Hava direncinden kaynaklanan sürtünmeleri ihmal ediniz. g = 10 m/s^2 alınız.)

Buna göre taşın

a) Maksimum yüksekliğe ulaşma süresini hesaplayınız.

b) Yerden maksimum yüksekliğini hesaplayınız.

c) Atıldığı noktaya dönme süresini hesaplayınız.

ç) Atıldıktan 7 s sonraki hızını ve yerden yüksekliğini hesaplayınız.

d) Yere çarpma süresini hesaplayınız.

e) Hareketi boyunca konum-zaman grafiğini çiziniz.

f) Hareketi boyunca hız-zaman grafiğini çiziniz.

7. Alıştırma

Yer çekimi ivmesinin 10 m/s^2 alındığı ve hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda bir tenis topu 1,8 m yükseklikten serbest bırakılıyor. Top, sert zemine çarptıktan sonra aynı doğrultuda hareket ederek 1,25 m yükseliyor.

Buna göre

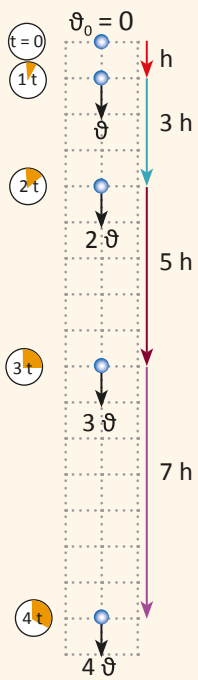
a) Topun yere çarpma anındaki hızını hesaplayınız.

b) Topun yukarı çıkarken yerden ayrıldıktan hemen sonraki hızını hesaplayınız.

c) Topun zeminle teması 11 ms (11 · 10^{-3} s) sürdüğüne göre zeminle temas sırasındaki ivmesini hesaplayınız.

ç) Zeminin tamamen sert olduğu varsayıldığında topun zeminle teması sırasındaki sıkışma miktarını hesaplayınız.

Kontrol Noktası



- Sürtünmesiz ortamda yalnızca yer çekimi kuvvetinin etkisi altında hareket eden cisimlerin yaptığı harekete **serbest düşme hareketi** denir.
- Yer çekiminin bulunduğu ortamda serbest düşen bir cisim, yerin merkezine doğru yönelmiş yer çekimi ivmesinin etkisinde kalır. Hava sürtünmesi ihmal edilirse ve hareketin yüksekliği yerin yarıçapına oranla küçükse yer çekimi ivmesinin ($\vec{g}$) hareketin menzili içinde sabit olduğu kabul edilebilir.

Serbest Düşme Hareketi İçin Matematiksel Modeller ($\vec{a} = \vec{g}$)		
$\vartheta_0 = 0$ ise	$\vartheta_0 \neq 0$ ise	Zamana bağlı olmayan
$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$	$h = \vartheta_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$	$\vartheta^2 = 2 \cdot g \cdot h$
$\vartheta = g \cdot t$	$\vartheta = \vartheta_0 \pm g \cdot t$	$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 \pm 2 \cdot g \cdot h$

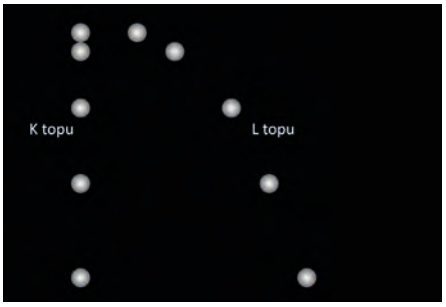
1.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

Potaya doğru süzülen bir basketbol topu, Dünya'nın etrafında dolanan bir uydu, virajı dönen bir bisiklet, tramplenden havuza atlayan bir sporcu, hortumun delik kısmından fışkıran su (Görsel 1.5), kuyruğunu yakalamaya çalışan bir yavru köpek eğrisel yörüngede hareket eden nesnelerden birkaçıdır.

Aslında doğada gözlenen birçok hareket doğrusal yörüngelere değil, eğrisel yörüngelere sahiptir. Eğrisel yörüngelerde gerçekleşen bu tip hareketler iki boyutlu hareketlerdir ve matematiksel olarak modellenirken iki boyutun ayrı ayrı düşünülmesi gerekir. İki boyutlu hareketin yatay ve düşey bileşenleri birbirinden bağımsızdır. Önce bir yöne, daha sonra başka bir yöne yürümek gibi basit bir senaryo da aynı anda iki yönde hareket içeren daha karmaşık senaryolar da iki boyutlu hareket olarak adlandırılabilir. Örneğin duruştan düşey doğrultuda harekete geçen K topunun doğrusal yörüngesi ile aynı yükseklikten yatay doğrultuda fırlatılan L topunun kavisli yörüngesi incelendiğinde tek boyutlu hareket ile iki boyutlu hareketin farkı daha iyi anlaşılabilir. Görsel 1.6 incelendiğinde bu iki topun eşit zaman aralıklarında düşey konumlarının aynı olduğu görülmektedir. Bu durumda yatay doğrultuda fırlatılan topun düşey doğrultuda ilk hızsız bırakılan top ile aynı anda yere ulaşacağı sonucuna varılabilir.



Görsel 1.5: *Eğrisel yörünge izleyen su*



Görsel 1.6: *h yüksekliğinden ilk hızsız bırakılan K topu ile aynı noktadan yatay doğrultuda fırlatılan L topunun izlediği yörünge*

3. Etkinlik İki Boyutta Sabit İvmeli Hareket

Amaç	İki boyutta sabit ivmeli hareket ile ilgili tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, kalem
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki matematiksel hesaplamalar ve grafikler içeren soruları cevaplayınız. Sorulara vereceğiniz cevaplar öğretmeniniz tarafından değerlendirilecektir.

1. Karekoddan yararlanarak iki boyutta sabit ivmeyle hareket eden bir basketbol topunun hareketlerini içeren animasyonu izleyiniz.
2. Öğretmeninizin rehberliğinde dörder kişilik gruplar oluşturunuz.
3. Yandaki karekoddan yararlanarak "İki Boyutta Sabit İvmeli Hareket" isimli simülasyona ulaşınız.
4. Simülasyonda başlangıç cismin hız büyüklüğü ve yatay eksenle yaptığı açı değerlerini değiştirerek veriler toplayınız. Grup arkadaşlarınızla iletişim kurarak hareketin bileşenlerini yatay ve düşey eksende ayrı ayrı ele alınız. Topladığınız verileri aşağıdaki tabloya yazınız.

Veriler	I.	II.	III.	IV.	V.
Başlangıç hız büyüklüğü ϑ_0 (m/s)					
Fırlatma açısı α					
Yatay hız büyüklüğü ϑ_{0x} (m/s)					
Düşey hız büyüklüğü ϑ_{0y} (m/s)					
Uçuş süresi $t_{uçuş}$ (s)					
Yatay menzil uzaklığı x_{menzil} (m)					
Maksimum yükseklik h_{max} (m)					

5. Başlangıç hız değerini değiştirdiğinizde hızın yatay ve düşey bileşenlerinin de değiştiğine ve bu bileşenlerin trigonometrik hesaplamalar sonucunda bulunabileceğine dikkat ediniz.

6. Topladığınız verilerden yararlanarak yalnızca yer çekimi etkisi altında iki boyutta hareket eden nesnelerin hareket bileşenlerini eksenlerine göre sabit hızlı ve sabit ivmeli hareketle ilişkilendiriniz ve bu ilişkiyi aşağıda verilen alana yazınız.

Yatay bileşen: .....

Düşey bileşen: .....

7. Grubunuzdan seçeceğiniz bir temsilci aracılığı ile grubunuzun "iki boyutta sabit ivmeyle hareket eden cisimlerin hareketi "ne yönelik iddialarını ve gerekçelerini diğer gruplarla paylaşınız. Sizin ve diğer grup temsilcilerinin hareketin farklı boyutlardaki hız, ivme ve yer değiştirme değişkenlerine yönelik iddialarını ve gerekçelerini dinleyiniz.

8. Varsa akranlarınızın karşıt iddialarına yönelik çürütücü fikirlerinizi etki altında kalmadan saygılı, ön yargısız ve kararlı bir şekilde dile getiriniz. Büyük grup tartışması neticesinde iki boyutta sabit ivmeli hareket eden cisimlerin hareketi ile ilgili genellemelere ulaşınız.

9. Ortaya koyduğunuz iddia ve gerekçelerinizi; karşıt iddia, çürütücü fikir ve genellemelerinizi aşağıdaki formda ilgili alanlara yazınız.



İddialar! Karşıt İddialar!

Yalnızca yer çekimi ivmesi etkisi altında iki boyutta sabit ivmeyle hareket eden cisimlerin hareketi hakkındaki gözlemlerinizi ve iddialarınızı ifade ediniz. Karşıt iddiaları ele alırken kanıtlara dayanmaya ve ikna edici bir yaklaşım geliştirmeye özen gösteriniz.



İki Boyutta Sabit İvmeli Hareket

Hareketin farklı boyutlardaki hız, ivme ve yer değiştirme değişkenlerine ilişkin iddia ve gerekçelerinizi aşağıdaki alanlara yazınız.

İddianızı açıkça belirtiniz.
.....
.....

Karşıt iddia ve çürütücüler
.....
.....

Karşıt iddia ve çürütücüler
Bakış açınızın karşısında yer alan karşıt iddiayı burada ele alınız.

Neden
İddianızı destekleyen neden veya nedenler sununuz.

Neden
.....
.....

Neden
.....
.....

Sonuç

Büyük grup tartışması neticesinde iki boyutta sabit ivmeli hareket eden cisimlerin hareketi ile ilgili genellemeler yapınız.

.....
.....
.....

Değerlendirme

İki boyutta sabit ivmeli harekete yönelik matematiksel hesaplamalar ve grafikler içeren aşağıdaki soruları cevaplayınız. Cevaplarınızı soruların altında boş bırakılan alanlara yazınız. (Tüm sorularda hava direncini ihmal ediniz).

Ad ve Soyadı: Sınıf ve Numara:

1. Yer çekimi ivme büyüklüğünün 10 m/s^2 kabul edildiği bir ortamda bir kaplan 4 m/s büyüklüğünde bir hızla 5 m yükseklikteki bir kayadan yere paralel olacak şekilde sıçrıyor. Kaplanın kaya tabanından ne kadar uzağa düşeceğini hesaplayarak hız-zaman ve konum-zaman grafiklerini çiziniz.

2. Uzun atlama dalında yarışan bir atlet, atlayışını gerçekleştirirken yatayla 37^{o}lik açı yapacak şekilde pistten ayrılıyor ve 9,6 m'lik bir atlayış gerçekleştirerek dünya rekoru kırıyor. Atletin pistten ayrılma hızının büyüklüğünü hesaplayınız. Hız büyüklüğü %10 oranında artırılırsa atlayış uzunluğu kaç metreye çıkar? (g = 10 m/s^2 alınız. sin37^o = 0,6; cos37^o = 0,8)

3. Bir top, yer çekimi ivme büyüklüğünün 10 m/s^2 kabul edildiği bir ortamda ilk hızının düşey bileşeninin büyüklüğü 30 m/s, yatay bileşeninin büyüklüğü 20 m/s olacak şekilde yatay düzlemle θ açısı yapacak şekilde fırlatılıyor. Topun havada kalma süresini, 3 s sonraki hızını ve yere düştüğü noktanın fırlatılma noktasına uzaklığını bulunuz.

4. Bir cankurtaran uçağı, zor durumdaki bir grup dağcıya acil durum yardım paketi atıyor. Uçak yerden 125 m yüksekte 50 m/s hız büyüklüğü ile yere paralel olarak yol alıyorsa yardım paketinin düştüğü noktayı ve bu noktadaki hız büyüklüğünü hesaplayınız. (g = 10 m/s^2 alınız.)

5. Bir gezegen keşif görevindeki bir astronot, bu gezegende ilk hız büyüklüğü $10\sqrt{2}$ m/s iken maksimum 40 m'lik yatay bir uzaklığa sıçrayabilmektedir. Buna göre gezegenin çekim ivmesini hesaplayınız (sin45^o = cos45^o = $\sqrt{2}/2$).

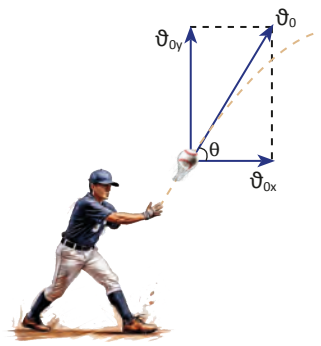
Yer çekimi olmayan bir ortamda yatayla belli bir açıda gökyüzüne doğru fırlatılan bir taş doğrusal bir yol izleyebilir. Bununla birlikte yer çekimi, bu taşın eğrisel bir yol izlemesine neden olur. Fırlatılan ya da sopayla vurulan bir beyzbol topu (Görsel 1.7) veya ayakla vurulan bir futbol topu, uzun atlama yapan bir atlet, ateşlenen bir top mermisi, kaynak işlemi sırasında ortaya çıkan kıvılcımların hareketi (Görsel 1.8) bu duruma örnek gösterilebilir. Bu hareket karmaşıkmış gibi gözükse de cismin atılma hızının yatay ve düşey bileşenleri alınarak hareket iki boyutta ayrı ayrı incelenecek olursa hareketi analiz etmek son derece basit bir hâl alır.

Hava direncinin etkisi ihmal edilir ve hareket süresince yer çekimi ivmesi sabit kabul edilirse hızın yatay bileşeni ile düşey bileşeninin tamamen bağımsız olduğu ortaya çıkar.

Sabit yatay hız, yer çekimi kuvvetinden bağımsızdır ve $\vartheta_{0x} = \vartheta_0 \cdot \cos\theta$ biçiminde ifade edilir. Bu bileşen, topun yatay menzili ile ilgilidir. Bu eksende top eşit zaman aralıklarında eşit mesafeler kateder.

Düşey bileşen ise yer çekimi ivmesinden etkilenir ve topun eşit zaman aralıklarında katettiği mesafe giderek artar. Topun düşey hız bileşeni $\vartheta_{0y} = \vartheta_0 \cdot \sin\theta$ şeklinde ifade edilir.

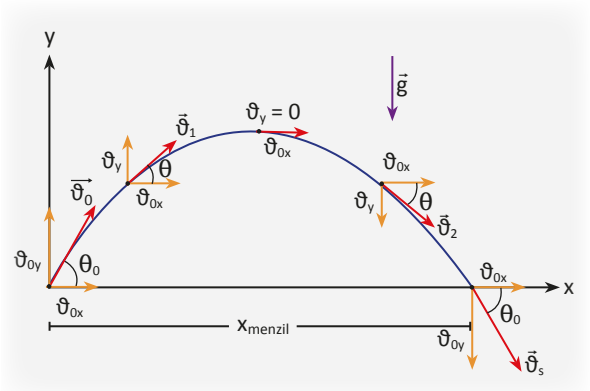
Şekil 1.1'de görüldüğü gibi yer çekimi ivmesinin yönünden dolayı cismin ilk hızının düşey bileşeni (ϑ_{0y}), cisim yörüngesi üzerindeki en yüksek noktaya ulaşıncaya kadar azalır ve en yüksek noktada sıfıra düşerek $\vartheta_y = 0$ olur. Ardından cisim aşağı doğru hareket eder ve cismin hız değeri tekrar artmaya başlar. Hızın yatay bileşeni (ϑ_{0x}) tüm hareket boyunca sabit kalır. İki boyutta sabit ivmeli hareket yapmakta olan bir cismin yatay eksende zamana bağlı, düşey eksende zamana bağlı ve zamandan bağımsız matematiksel modelleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.



Görsel 1.7: *Yatayla θ açısı yapacak şekilde atılan bir top*



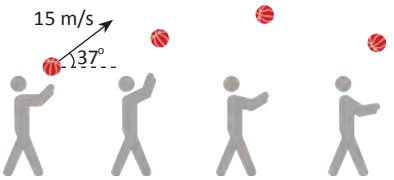
Görsel 1.8: *Kaynak işlemi sırasında oluşan kıvılcımlar*



Şekil 1.1: *Yatayla θ_0 açısı yapacak şekilde atılan bir cisim*

Yatay Eksen ($a_x = 0$, ϑ_x = sabit)	Düşey Eksen ($a_y = -g$ = sabit)
$\vartheta_x = \vartheta_{0x}$	$\vartheta_y = \vartheta_{0y} - g \cdot t$
$x_{menzil} = \vartheta_{0x} \cdot t$	$h = \vartheta_{0y} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
	$\vartheta_y^2 = \vartheta_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot h$

ÖRNEK



Bir voleybolcu, elindeki topu yere göre 15 m/s'lik bir hız büyüklüğü ile ve yatayla 37° açı yapacak şekilde atıyor.

Bu voleybolcu, topu yere düşmeden attığı pozisyonda yakaladığına göre voleybolcunun topu atma ve tutma anları arasındaki ortalama hız büyüklüğü kaç m/s'dir?

(Hava sürtünmesini ihmal ediniz. $g = 10\ m/s^2$ alınız. $\sin37^\circ = 0,6$; $\cos37^\circ = 0,8$)

CEVAP

Voleybolcu topu attığı pozisyonda yakaladığına göre voleybolcunun ortalama hız büyüklüğü topun yatay hız büyüklüğüne eşittir. Topun yatay hız bileşeni, $\vartheta_x = \vartheta_{0x} = \vartheta_0 \cdot \cos\theta = 15 \cdot \cos37^\circ = 15 \cdot 0,8 = 12$ m/s olarak bulunur. Bu değer, aynı zamanda voleybolcunun ortalama hız büyüklüğünü verir.

ÖRNEK

Bir su parkında düzenlenen özel bir gösteride bir makine, yere göre 50 m/s hız büyüklüğüyle ve yatayla 53° açı yapacak şekilde bir su balonu fırlatıyor. Balon, yörüngesinin en yüksek noktasına ulaştığı anda patlayarak izleyicilerin serinlemesini sağlıyor.

Hava direnci ihmal edildiğine ve yer çekimi ivmesinin büyüklüğü 10 m/s^2 kabul edildiğine göre

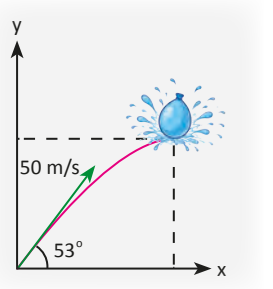
a) Su balonunun patlama anında yerden yüksekliği kaç metredir?

b) Su balonunun fırlatılması ile patlaması arasında geçen süreyi hesaplayınız.

c) Balonun izleyicilerin tam üzerinde patlayabilmesi için fırlatma makinesi ile izleyiciler arasındaki yatay uzaklık kaç metre olmalıdır?

CEVAP

a) Balon en yüksek noktaya ulaştığında patladığına göre patlama anında balonun düşey hız büyüklüğü sıfır olur ($\vartheta_y = 0$). Balonun düşey doğrultuda ilk ve son hızı bilindiğine göre $\vartheta_y^2 = \vartheta_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot h$ matematiksel modeli kullanılarak tepe noktasının yerden yüksekliği hesaplanabilir.



$0 = \vartheta_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot h$ denkleminde balonun yerden yüksekliği (h),

$h = \dfrac{\vartheta_{0y}^2}{2 \cdot g}$ şeklinde ifade edilebilir. Hızın düşey bileşeninin büyüklüğü,

$\vartheta_{0y} = \vartheta_0 \cdot \sin53^\circ = 50 \cdot \sin53^\circ = 50 \cdot 0,8 = 40$ m/s bulunur.

Balonun patlama anında yüksekliği $h = \dfrac{40^2}{2 \cdot 10} = 80$ m olarak bulunur.

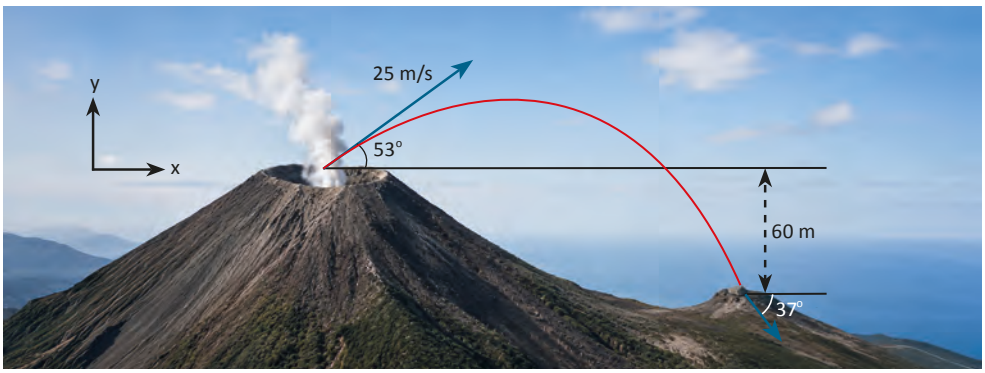
b) Balonun maksimum yüksekliğe ulaşma süresi, $\vartheta_y = \vartheta_{0y} - g \cdot t$ modeli kullanılarak hesaplanabilir. Cismin maksimum yükseklikteki düşey hız bileşeninin sıfır olduğu göz önüne alınarak

$t = \dfrac{\vartheta_{0y}}{g} = \dfrac{40}{10} = 4$ s değerine ulaşılır.

c) Hava direncinin olmadığı bir durumda cisim yatay eksende sabit hızla hareket etmektedir. Bu yüzden $x = \vartheta_{0x} \cdot t$ matematiksel modeli kullanılarak balonun yatay eksende yaptığı yer değiştirme hesaplanabilir. Balonun hızının yatay bileşeni, $\vartheta_{0x} = \vartheta_0 \cdot \cos53^\circ = 50 \cdot \cos53^\circ = 50 \cdot 0,6 = 30$ m/s bulunur. Bu değer ve cismin maksimum yüksekliğe ulaşma süresi kullanılarak yatay doğrultuda yer değiştirme miktarı $x = 30 \cdot 4 = 120$ m olarak hesaplanır.

8. Alıştırma

İzlanda, dünyadaki aktif yanardağların incelenmesi için uygun ülkelerden biridir. Bu ülkede yapılan araştırmalarda çok aktif olan yanardağların sıcak kayalar ve lavlar püskürttüğü tespit edilmiştir.



2010 yılında İzlanda'da meydana gelen bir yanardağ patlamasında büyük bir kayanın yanardağdan 25 m/s'lik bir hız büyüklüğü ile ve yatayla 53^o açı yapacak şekilde fırladığı ve şekildeki gibi çıkış noktasından 60 m daha aşağıda yanardağın eteğine çarptığı tespit ediliyor.

(Hava direncini ihmal ediniz. g = 10 m/s^2 alınız. sin53^o = 0,8; cos53^o = 0,6)

Buna göre

a) Kayanın fırlaması ile yanardağın eteğine çarpma anı arasında geçen süreyi hesaplayınız.

b) Kayanın yanardağın eteğine çarpma anındaki düşey hız büyüklüğünü hesaplayınız.

9. Alıştırma

K ve L topları, yerden havaya doğru yatay düzlemle farklı açılar yapacak şekilde fırlatılıyor. Her iki topun maksimum yükselme miktarları eşittir. Ayrıca K topu, L topuna göre daha büyük bir açıyla fırlatılmıştır.

Buna göre K ve L toplarının havada kalma sürelerini karşılaştırınız. (Hava direncini ihmal ediniz. Yer çekimi ivmesi sabittir.)

10. Alıştırma



Ayşe, bir bilim fuarı için tasarladığı su roketini şekilde görüldüğü gibi yatayla 45° açı yapacak şekilde ve $20\sqrt{2}$ m/s'lik ilk hızla fırlatıyor. Roket, yalnızca yer çekimi kuvvetinin etkisi ile iki boyutta sabit ivmeli hareket yapıyor.

(Hava sürtünmesini ihmal ediniz. $g = 10\ m/s^2$ alınız. $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \sqrt{2}/2$)

Buna göre roketin

a) Havada kalma süresini hesaplayınız.

b) Maksimum yüksekliğini hesaplayınız.

c) Yatay eksende yer değiştirme miktarını hesaplayınız.

ç) Maksimum yükseklikteki hız ve ivme büyüklüğünü bulunuz.

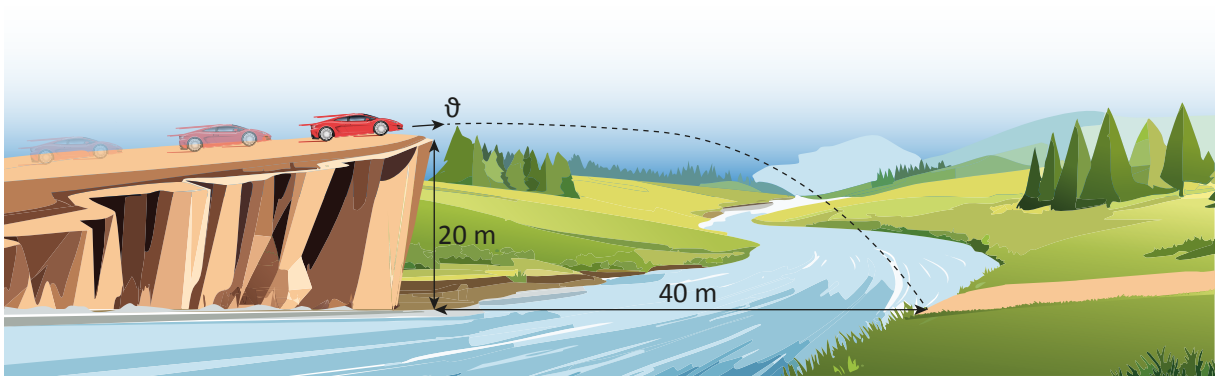
d) Yatay ve düşey eksende hız-zaman grafiklerini çiziniz.

e) Yatay ve düşey eksende konum-zaman grafiklerini çiziniz.

f) Yatayla yaptığı açı azaltılarak 30° veya artırılarak 60° yapıldığında yatay doğrultuda yer değiştirme miktarının nasıl değişeceğini bulunuz.

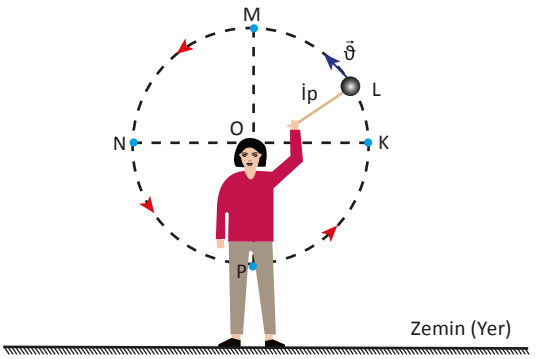
11. Alıştırma

Bir film çekimi sırasında bir dublör, görseldeki gibi araçla yatay doğrultuda hızlandıktan sonra 20 m'lik bir uçurumun kenarından uçarak 40 m genişliğinde bir ırmağın üzerinden geçiyor.



Dublör nehre düşmeden başarılı bir şekilde inişini tamamladığına göre aracın uçurumdan ayrılma hızı <u>en az</u> kaç m/s büyüklüğündedir? (Hava sürtünmesini ihmal ediniz. g = 10 m/s^2 alınız.)

12. Alıştırma



Özgü, hava direncinin ihmal edildiği ve yer çekimi ivmesinin sabit kabul edildiği bir ortamda ipin ucuna bağladığı bir taşı, düşey düzlemde r yarıçaplı çembersel bir yörüngede sabit büyüklükte ϑ hızı ile döndürüyor.

Buna göre Özgü,

a) İpin ucunu taş hangi noktalardan geçerken bırakırsa taş, tek boyutta sabit ivmeli hareket yapar?

b) İpin ucunu taş hangi noktalardan geçerken bırakırsa taş, iki boyutta sabit ivmeli hareket yapar?

c) İpin ucunu taş K noktasından geçerken bırakırsa taşın yere çarptığı ana kadar geçen süre için konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

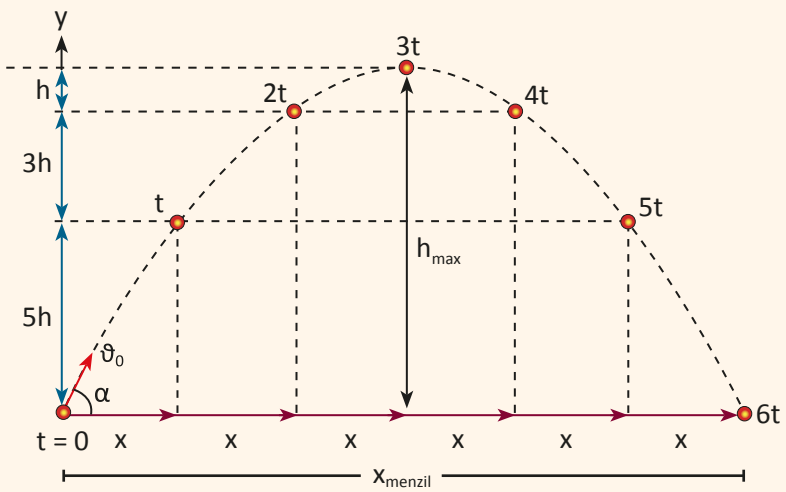
ç) İpin ucunu taş L noktasından geçerken bırakırsa taşın yere çarptığı ana kadar geçen süre için hız vektörü ile ivme vektörü arasındaki açının değişimini yorumlayınız.

d) Taş M noktasından geçerken ipin ucunu bırakırsa taşın havada kaldığı süre için konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

e) Taş N noktasından geçerken ipin ucunu bırakırsa taşın havada kaldığı süre için konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

Kontrol Noktası

Bir cisim yatayla α açısı yapacak şekilde atıldığı andan itibaren 6t süre sonunda yere çarptığına göre cismin iki boyutta serbest düşme hareketine ait şekil aşağıdaki gibi olur:



Tabloda iki boyutta sabit ivmeli hareket yapan cismin yatay ve düşey doğrultulardaki hareketine ait matematiksel modeller verilmiştir:

Yatay Doğrultuda Hareket (Sabit Hızlı Hareket)		**Düşey Doğrultuda Hareket (Sabit İvmeli Hareket)**	
(0-3t) Zaman Aralığı	**(3t-6t) Zaman Aralığı**	**(0-3t) Zaman Aralığı** (ilk hızı sıfırdan farklı olarak yukarı yönlü serbest düşme)	**(3t-6t) Zaman Aralığı** (ilk hızı sıfır olan aşağı yönlü serbest düşme)
$x = \vartheta_x \cdot t$ $x_{menzil} = \vartheta_x \cdot t_{uçuş}$		$h = \vartheta_y \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ $\vartheta_{y1} = \vartheta_y - g \cdot t$ $\vartheta^2 = \vartheta_y^2 - 2 \cdot g \cdot h$	$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ $\vartheta = g \cdot t$ $\vartheta^2 = 2 \cdot g \cdot h$

1.3. NEWTON'IN HAREKET YASALARI

Mekanik, günlük hayatta karşılaşılan nesnelerin hareketi ile bu nesnelerin üzerine etki eden kuvvetler arasındaki ilişkiyi açıklamayı amaçlar. Sırıkla atlayan bir atletin (Görsel 1.9), denizde sıçrayan bir yunusun, uçan bir kuşun veya yörüngesinde dolanan bir uydunun yaptığı hareketin daha iyi anlaşılabilmesi için bu hareketlerin temelinde yatan kuvvetlerin analiz edilmesi gerekir. Bu analiz sayesinde nesne ile çevresi arasındaki etkileşim kapsamlı olarak ortaya konmuş olur.



Görsel 1.9: *Sırıkla atlayan millî atletimiz Ersu Şaşma*

1.3.1. Bileşke Kuvvet ve Hareket Arasındaki İlişki

İbni Sina'dan (Görsel 1.10) Johannes Kepler'e (Yohanes Kepler), Galileo Galilei'den Isaac Newton'a (Ayzek Nivtın) kadar birçok bilim insanı; nesnelere etki eden kuvvetler ve bu kuvvetlerin o cisimler üzerinde meydana getirdiği değişikliklerle ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar, kapalı bir kaptaki gazın kabın çeperlerine ve yürümekte olan bir kişinin zemine temas ederek uyguladığı kuvvetleri açıklamış; Dünya ve Ay arasındaki kuvvete benzer şekilde herhangi bir fiziksel temas olmadan ortaya çıkan kuvvetlerin de anlaşılmasında önemli rol oynamıştır. Ayrıca bu bilim insanlarının çalışmaları ve ortaya koymuş olduğu fikirler, kuvvet ve hareket arasındaki ilişkiye ışık tutmuş ve günümüzde de geçerliliğini koruyan pek çok fizik yasasının temelini oluşturmuştur. Bugün roket teknolojisinden köprü inşaatına, uçak tasarımından gezegen hareketlerinin hesaplanmasına kadar pek çok alanda bu temel yasalardan yararlanılmaktadır.



Görsel 1.10: *İbni Sina (temsilî)*

4. Etkinlik **Kuvvet-Hareket İlişkisi**

Amaç	Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 + 35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki "Çıkış Kartı"nı doldurunuz. "Çıkış Kartı", öğretmeniniz tarafından "Bütüncül Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. İbni Sina'nın mekanik alanında yaptığı çalışmaları konu alan aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

İbni Sina ve Kasrî Meyil Kuramı

Hareketin doğasını anlama çabası, bilim tarihinin temel tartışma konularından biri olmuştur. Özellikle Aristoteles fiziğinde fırlatılan bir cismin (örneğin yaydan çıkan bir okun), fırlatıcı kaynakla teması kesildikten sonra havada nasıl ilerlemeye devam ettiği büyük bir kuramsal problem olarak ele alınmıştır. Aristoteles, cismin etrafındaki havanın onu sürükleyerek hareketin devamlılığını sağladığını öne sürmüştür. Bu açıklama, doğa gözlemleriyle tam olarak örtüşmediğinden Orta Çağ boyunca bilimsel eleştirilere maruz kalmıştır.

İbni Sina, Aristoteles'in hava direncinin hareketi desteklediği yönündeki fikrini kesin bir dille reddetmiştir. Aksine havanın aslında fırlatılan cisme karşı duran ve onu yavaşlatan bir dış direnç oluşturduğunu belirtmiştir. Fırlatılan cisimlerin hareketlerine havada devam edebilmelerini ise klasik fiziğe yön verecek olan "kasrî meyil" (zorunlu eğilim) kavramı ile açıklamıştır.

İbni Sina'nın kuramına göre kasrî meyil, hareket ettiren kaynağın cisme aktardığı ve cismin fırlatıldıktan sonra da hareket etmesini sağlayan içsel ve kalıcı bir etkidir. Cisim, kaynaktan ayrıldıktan sonra bile bu etkiyi bünyesinde barındırarak yoluna devam eder. Bu meyil, doğası gereği kendi kendine tükenmez veya zayıflamaz ancak havanın veya ortamın gösterdiği sürtünme gibi dış engeller sebebiyle zamanla azalarak sönümlenir.

İbni Sina'nın mekanik alanındaki katkılarından biri de dirençsiz ortam (boşluk) varsayımı üzerine yaptığı akıl yürütmelerdir. O dönemde boşluğun varlığı felsefi olarak tartışmalı olsa da İbni Sina, eğer bir cisim hiçbir direncin olmadığı mutlak bir boşlukta hareket etseydi sahip olduğu kasrî meylin asla tükenmeyeceğini öne sürmüştür. Bu durumda hareket eden cisim sonsuza dek ilerlemeye devam edecektir. Bu çıkarım, modern mekanik yasalarında eylemsizlik ilkesi olarak bilinen kuralın erken bir habercisidir.

İbni Sina, bir cismin taşıyabileceği kasrî meyil miktarının cismin kütlesi ve sahip olduğu hız ile doğru orantılı olduğunu ileri sürmüştür. Ağır bir cisim, aynı hızla ilerlemekte olan hafif bir cisme kıyasla kendisine aktarılan bu etkiyi daha çok depolayabilir, dış dirençlere karşı daha uzun süre direnebilir ve dolayısıyla daha uzağa gidebilir.

İbni Sina'nın mekanik alanında öne sürdüğü görüş, sonraki yüzyıllarda Avrupa bilim dünyasına ulaşmış, Latinceye "inclinatio violenta" (inklinatsiyo viyolenta) ve daha sonra "impetus" (impetus) olarak çevrilmiştir. Onun geliştirdiği bu model, Jean Buridan (Jan Büridan) ve sonrasında Galileo Galilei gibi isimlere ilham vererek modern mekaniğin temellerinin atılmasında önemli bir rol oynamıştır.

- Aristoteles ve İbni Sina'nın fırlatılan bir cismin havada nasıl ilerlemeye devam ettiğine dair öne sürdükleri görüşler arasındaki temel fark nedir? Havanın bu hareketteki rolünü iki düşünürün bakış açısıyla karşılaştırarak açıklayınız.

.....

.....

- İbni Sina'nın mutlak boşluk (dirençsiz ortam) varsayımı üzerinden yaptığı akıl yürütme, modern fiziğin temel yasalarından hangisine zemin hazırlamıştır? İbni Sina'nın bu çıkarımını "kasrî meyil" kavramı üzerinden gerekçelendirerek yazınız.

.....

.....

.....

- Günümüz fizik dünyasında İbni Sina'nın hangi fikirlerinden yararlanılıyor olabilir?

.....

.....

2. Karekoddan yararlanarak "Kuvvet ve Hareket: Temel Prensipler" adlı simülasyona ulaşınız.

3. Açılan sayfadan "Halat Çekme Oyunu"nu seçerek sağ üst köşede yer alan "net kuvvet", "kuvvetlerin büyüklüklerini göster" ve "hız" ifadelerinin yanındaki kutuları işaretleyiniz.

4. Mavi ve kırmızı takımı oluşturan insan figürlerini kullanarak durmakta olan vagona farklı büyüklüklerde kuvvetler uygulayınız.

5. Uyguladığınız kuvvet değerlerini ve bileşke (net) kuvvet değerini aşağıdaki tabloya yazınız. "Başla" butonunu kullanarak harekete geçirdiğiniz vagonu gözlemleyiniz.

Mavi Takımın Uyguladığı Kuvvet (N)	Kırmızı Takımın Uyguladığı Kuvvet (N)	Bileşke Kuvvet (N)	Vagonun Hareket Yönü

6. Gözlemlerinizi tartışma yöntemi ile yorumlayarak bileşke kuvvet ve hareket arasında ilişki kurunuz. Kurduğunuz ilişkiyi bir cümle ile ifade ediniz.

.....

.....

7. Ana sayfada yer alan "hareket" bölümünü seçerek sağ üst köşedeki "kuvvet", "kuvvetlerin büyüklüklerini göster", "kütleleri göster", "hız" ve "stopwatch [stapvoç (süreölçer)]" ifadelerinin yanındaki kutuları işaretleyiniz.

8. İnsan figürlerini kullanarak buzdolabı, sandık, çöp kovası, hediye paketi gibi cisimlere farklı kuvvet değerleri uygulayınız. Bu sırada hız göstergesi ve zaman sayacından yararlanarak cisimlerin farklı zaman aralıklarındaki hız değişimlerini inceleyiniz. Önceki öğrenmelerinizden yararlanarak cismin ivmesini hesaplayınız. Ulaştığınız sonuçları aşağıdaki tabloya yazınız.

Uygulanan Kuvvet (N)	Kütle (kg)	$\frac{\text{Hız Değişimi (m/s)}}{\text{Zaman (s)}}$	İvme (m/s^2)

9. İnsan figürü vasıtası ile kuvvet uygulayarak harekete geçmesini sağladığınız cisimlerin üzerine uygulanan bileşke kuvvet değerini sıfırlayınız. Bileşke kuvvetin sıfır olduğu andan itibaren cismin hareketini ve hız büyüklüğünün değişip değişmediğini gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi tartışma yöntemi ile yorumlayarak cisme etki eden bileşke kuvvetin sıfır olduğu bu durum için bir sonuç cümlesi yazınız.

.....

.....

.....

10. İnsan figürlerini kullanarak vagona kuvvet uyguladığınız sırada vagon da insan figürlerine bir kuvvet uygulamış mıdır? Düşüncelerinizi gerekçeleriyle aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

11. Ana sayfada yer alan "ivme" bölümünü seçerek sağ üst köşede bulunan "kuvvetler", "net kuvvet", "kuvvetlerin büyüklüklerini göster", "kütleleri göster", "hız" ve "ivme" ifadelerinin yanındaki kutuları işaretleyiniz. Sürtünme kuvvetini "az" değerini gösterecek şekilde ayarlayınız.

12. Farklı kuvvet ve kütle değerleri için ivmeölçerin gösterdiği ivme değerlerini gözlemleyiniz. Ulaştığınız sonuçları aşağıdaki tabloya yazınız.

Uygulanan Kuvvet (N)	Kütle (kg)	Bileşke Kuvvet (N) / Kütle (kg)	İvme (N/kg)

13. Gözlemleriniz ve oluşturduğunuz tablolardan yararlanarak cismin ivmesi ile bileşke kuvvet ve kütle arasındaki ilişkiyi ortaya koyunuz. Bu ilişkiyi bir cümle veya matematiksel model şeklinde aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

14. Simülasyon sonunda elde ettiğiniz verileri sınıf arkadaşlarınızla tartışınız. Tartışma sürecinde fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşarak iddialarınızı ve destekleyicilerinizi ortaya koyunuz. Arkadaşlarınızın karşıt iddiaları ile ilgili çürütücülerinizi saygı çerçevesinde belirtiniz. Tartışma ortamında keşfettiğiniz ilişkiler üzerinden Newton'ın Hareket Yasalarına yönelik genellemeler yapınız. Genelleme ve çıkarımlarınıza dayanarak boş bırakılan alanları doldurunuz.

Bileşke Kuvvet ile Cisimlerin Hareketi Arasındaki İlişki

Üzerine etki eden bileşke kuvvet değerinin sıfır olması durumunda cismin hareketini yorumlayınız.

.....

.....

Hareket yönünde bileşke kuvvete maruz kalan cismin hareketini yorumlayınız.

.....

.....



Hareket yönü ile aynı doğrultuda ancak zıt yönde bir kuvvete maruz kalan cismin hareketini yorumlayınız.

.....

.....

Cismi itmekte olan bir kişinin cisme uyguladığı kuvvet ile cismin kişiye uyguladığı kuvveti karşılaştırınız.

.....

.....

İddialar ve Destekleyiciler	Karşıt İddialar ve Çürütücüler
.....	.....
.....	.....

Değerlendirme

Aşağıda verilen "Çıkış Kartı"nı kendi ifadelerinizle doldurunuz. İfadelerinizi günlük hayattan farklı örneklerle destekleyiniz.

ÇIKIŞ KARTI

İsim:	**Tarih:**
Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili üç bilgi	
• • •	Değerlendirme için karekoddan yararlanınız.
Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili iki soru	
• •	
Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili bir örnek	
•	



Görsel 1.11: *Uygulanan kuvvet sonucu esneyen bir yay*

Düzgün doğrusal hareket yapan bir cismin hızındaki değişime ancak dışarıdan uygulanan bir kuvvet sebep olabilir. **Dinamik**; nesnelerin ve sistemlerin hareket etmesini sağlayan, cisimleri ivmelendiren bu kuvvetleri inceler.

Bir cisme aynı anda birden fazla kuvvet uygulanması durumunda bu kuvvetlerin vektörel toplamları **bileşke kuvvet** veya **net kuvvet** olarak adlandırılır. Cisme uygulanan bileşke kuvvet sıfır ise cisim dengededir. Bu durumda cisim duruyorsa durmaya, hareket hâlinde ise sabit hızla hareketine devam eder.

Çekilen bir yayın esnemesi (Görsel 1.11), ayakla vurulan bir futbol topunun kısa bir süre şekil değiştirdikten sonra harekete geçmesi veya itilen bir çocuk arabasının ilerlemesi temas kuvvetlerinin etkisi ile meydana gelir. Güneş ile Dünya, mıknatıs ile demir parçası veya yüklü iki cisim arasındaki temas gerektirmeyen kuvvetler ise **alan kuvvetleri** olarak adlandırılır.

Newton'ın I. Hareket Yasası: Eylemsizlik Yasası

Bir cisim, bir kuvvet tarafından durumunu değiştirmeye zorlanmadıkça durağanlığını korur veya hareketli ise sabit hızla yoluna devam eder. Bileşke kuvvetin sıfır olduğu bu gibi durumlarda cismin ivmesi de sıfırdır. Dengelenmiş kuvvetlerin etkisinde kalan cismin hızı da değişmeyecektir. Cismin, hızında meydana gelecek değişmeye direnme eğilimi **eylemsizlik** olarak adlandırılır. Ani fren yapan bir okul servisinin içindeki öğrencilerin ve zemindeki çantalarının hareketine devam etme isteği eylemsizliğin bir sonucudur.

Örnek

Aşağıdaki olayları Newton'ın I. Hareket Yasası ile ilişkilendirerek açıklayınız. Açıklamalarınızı boş bırakılan alanlara yazınız.



a) Otomobillerin güvenlik kapasitelerini belirlemek amacıyla yapılan NCAP [The European New Car Assessment Programme (Dı Yuropiyın Niv Kar Esesmınt Progrem) Avrupa Yeni Otomobil Değerlendirme Programı] çarpışma testlerinde araçların çarpıştırılması

.....

.....

.....



b) Lunapark hız trenlerinin yüksek bir noktadan aşağı doğru hızlanarak inmesi

.....

.....

.....

.....

.....



c) Yüksek tonajlı bir geminin kıyıdan kilometrelerce önce motorlarını durdurması

.....

.....

.....

Cevap

a) Avrupa pazarındaki otomobillerin güvenlik performanslarının değerlendirilmesi amacıyla uygulanan çarpışma testlerinde otomobiller, farklı hız değerleri ile farklı bariyerlere veya farklı araçlara çarptırılır. Daha sonra otomobillerin ne kadar hasar aldığı tespit edilir. Ayrıca otomobilin içinde bulunan cansız mankenlerin (test mankenleri) eylemsizlik gereği çarpışma sırasındaki davranışları incelenir.

b) Lunaparktaki hız trenlerinin hız değişimleri sırasında insanlar, net kuvvete karşı durumlarını veya konumlarını koruma eğilimindedir. Hız treni aşağı doğru inerken eylemsizlik kişinin kendini hafiflemiş hissetmesine neden olur.

c) Büyük kütleli durgun cisimleri harekete geçirmek veya hareket ederken durdurmak zordur. Bunun sebebi, kütlesi büyük olan cisimlerin eylemsizliklerinin fazla olmasıdır. Gemilerin yüklü olmaları, hızlanma veya yavaşlama durumları üzerinde etkili olur. Bu yüzden deniz taşımacılığında kullanılan büyük bir yük gemisi kıyıdan kilometrelerce önce motorlarını durdurur.

13. Alıştırma

Alper ve Aras'ın madenî paralar, kâğıt ve su dolu bir bardakla yaptığı deneyler aşağıdaki gibidir.



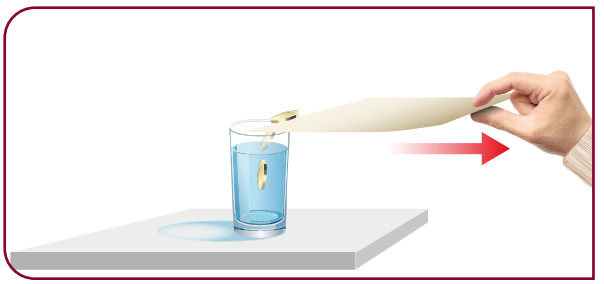
1. Olay

Alper, bir kâğıdın üzerine madenî paraları üst üste yerleştirerek küçük bir kule yapıyor. Daha sonra paraların altındaki kâğıdı hızlıca çekiyor. Alper ve Aras, madenî para kulesinin devrilmediğini gözlemliyor.



2. Olay

Aras, masanın üzerinde madenî paraları üst üste dizerek daha küçük bir kule yapıyor. Alper ise diğerleriyle aynı boyutta başka bir madenî parayı kuleye doğru hızlıca gönderiyor. Alper ve Aras, sadece en alttaki paranın yerinden ayrıldığını, kulenin ise devrilmediğini görüyor.



3. Olay

Alper, bir bardağın ağzını ince bir kartonla kapatıp üzerine bir madenî para koyuyor. Aras ise bu kartonu hızlıca çekiyor. Alper ve Aras, madenî paranın kartonla beraber gelmediğini ve bardağın içine düştüğünü gözlemliyor.

Alper ve Aras, gözlemledikleri olayları bilimsel olarak açıklamak istiyor.

Alper ve Aras'a bu olayların sebebini açıklayınız.

Newton'ın II. Hareket Yasası: Dinamiğin Temel Yasası

Newton'ın I. Hareket Yasası; bir cisme bir dış kuvvet etki etmedikçe cisim durgun ise durgun kalacağını, hareketli ise sabit hızla hareketine devam edeceğini ifade eder. Newton'ın II. Hareket Yasası ise bileşke kuvvetin sıfırdan farklı olduğu (dengelenmemiş kuvvetler) durumları analiz eder.

m kütleli bir alışveriş arabası, sürtünmelerin ihmal edilebileceği bir ortamda yatay doğrultuda F büyüklüğünde bir kuvvetle itildiğinde a (Görsel 1.12), 2F büyüklüğünde bir kuvvetle itildiğinde ise 2a büyüklüğünde (Görsel 1.13) bir ivme kazanır. Bu arabanın ivmesi, arabaya etki eden kuvvetle doğru orantılı olur.



Görsel 1.12: *m kütleli alışveriş arabasına yatay $\vec{F}$ kuvveti uygulayan çocuk*



Görsel 1.13: *m kütleli alışveriş arabasına yatay $2\vec{F}$ kuvveti uygulayan adam*

Alışveriş tamamlandığında içine konan malzemeler nedeniyle alışveriş arabasının toplam kütlesi 2 katına çıkar ve bunun sonucunda F büyüklüğündeki yatay kuvvet, bu araca a/2 büyüklüğünde bir ivme kazandırır (Görsel 1.14). Bu durum, sabit kuvvet etkisi altında arabanın ivmesinin, kütlesi ile ters orantılı olduğunu gösterir.



Görsel 1.14: *2m kütleli alışveriş arabasına yatay $\vec{F}$ kuvveti uygulayan çocuk*

Bu gözlemler, Newton'ın II. Hareket Yasası'nda şu şekilde ifade edilir:

Bir cismin ivmesi ($\vec{a}$); cisme etki eden bileşke kuvvet ($\vec{F}$) ile doğru, cismin kütlesi (m) ile ters orantılıdır. Bu yasa, matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

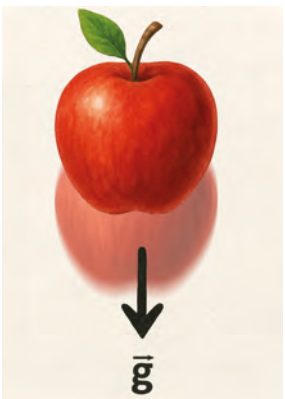
$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

SI'da kuvvetin birimi "newton"dır (N). 1 kg'lık cisim üzerine 1 N'lık kuvvet uygulandığında cisim 1 N/kg'lık ivme kazanır.

Tüm cisimler birbirine kütle çekim kuvveti uygular. Yerkürenin cisimlere uyguladığı kütle çekim kuvveti ise cismin ağırlığı olarak adlandırılır ve "$\vec{G}$" ile gösterilir. Bu kuvvetin yönü yerin merkezine doğrudur. Yeryüzüne yakın yerlerde serbest düşme hareketi yapan tüm cisimlerin eşit $\vec{g}$ ivmesine sahip olduğu söylenebilir (Görsel 1.15). Newton'ın II. Hareket Yasası serbest düşen m kütleli bir cisme uygulanacak olursa cismin ağırlığını veren

$$\vec{G} = m \cdot \vec{g}$$

matematiksel modeli elde edilir.



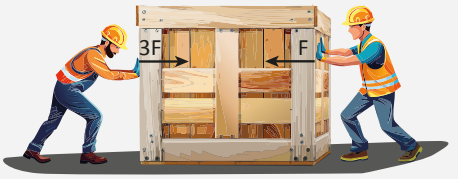
Görsel 1.15: *Serbest düşme hareketi yapan elma*

Örnek

Yatay bir zemin üzerinde Şekil I'deki gibi durmakta olan m kütleli bir sandığa iki kişi yatay düzleme paralel kuvvetler uyguluyor.



Şekil I



Şekil II



Şekil III

Sandık; Şekil II'deki gibi karşılıklı 3F ve F büyüklüğündeki kuvvetlerle zıt yönlerde itildiğinde a_1, Şekil III'teki gibi aynı yönde itildiğinde ise a_2 ivme büyüklüğü ile harekete geçiyor.

Buna göre a_1 / a_2 büyüklükleri oranını hesaplayarak sandığın her iki durumda hareket yönünü gösteriniz. (Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Cevap

İki kuvvet zıt yönlü uygulandığında $3F - F = m \cdot a_1$, aynı yönlü uygulandığında ise $3F + F = m \cdot a_2$ matematiksel modeli yazılır. Buradan cismin her iki durumdaki ivme büyüklükleri oranı $a_1 / a_2 = 1/2$ bulunur. Şekil II'deki cisim +x, Şekil III'teki cisim -x yönünde harekete geçecektir.

14. Alıştırma



Dünya kış oyunlarının ilgi çekici alanlarından biri de kızakla kayma [bobsledding (bobsleding)] müsabakasıdır. Bu müsabakada dört sporcu, kızağı aynı anda iterek hızlandırır ve dışarıda sporcu kalmayana kadar teker teker şekildeki gibi kızağın içine atlar.

Sürtünmesi ihmal edilen yatay zeminde her biri m kütleli dört sporcu, 2m kütleli durgun kızağa eşit büyüklükte yatay F kuvvetleri uygulayarak kızağı harekete geçiriyor.

Kızağın ivmesi boşken a_0, birinci sporcu bindikten sonra a_1, ikinci sporcu bindikten sonra a_2, üçüncü sporcu bindikten sonra a_3 ve son sporcu bindikten sonra a_4 olduğuna göre bu ivmelerin büyüklüklerini hesaplayarak büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

15. Alıştırma

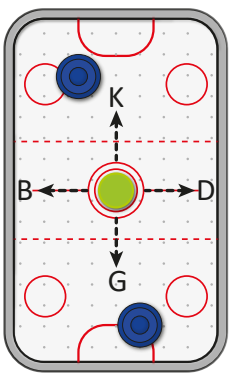
150 ton kütleli durgun bir yük treni, trenin lokomotifi tarafından 30 000 N'lık bir kuvvet uygulanarak harekete geçiriliyor. (Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Buna göre trenin

a) 72 km/h'lik hıza ulaşması için gereken sürenin kaç s olduğunu bulunuz.

b) Bu süreçte aldığı yolun kaç m olduğunu bulunuz.

16. Alıştırma

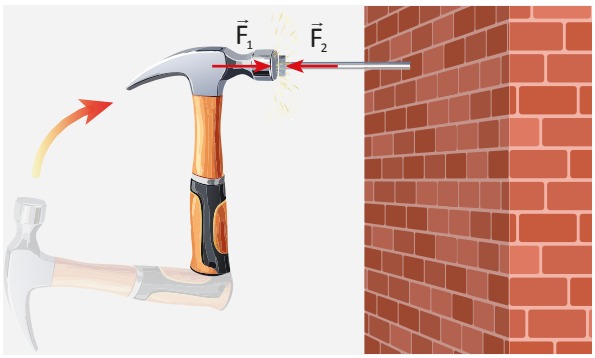


Hava hokeyi, oyuncuların düşük sürtünmeli bir masa üzerinde el diskleri (iticiler) yardımı ile hafif bir diske kuvvet uygulayarak gol atmayı amaçladıkları bir oyundur. Sürtünmelerin ihmal edildiği hava hokeyi masası üzerindeki 500 g kütleli durgun diske kuzeydoğu yönünde $10\sqrt{2}$ N, batı yönünde 6 N, güney yönünde 7 N büyüklüğünde üç kuvvet aynı anda uygulanıyor.

Bu kuvvetleri şekildeki disk üzerinde göstererek diskin kaç N/kg'lık bir ivmeyle hangi yöne doğru harekete geçeceğini hesaplayınız. ($\sin45^\circ = \cos45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$ alınız.)

Newton'ın III. Hareket Yasası: Etki-Tepki Yasası

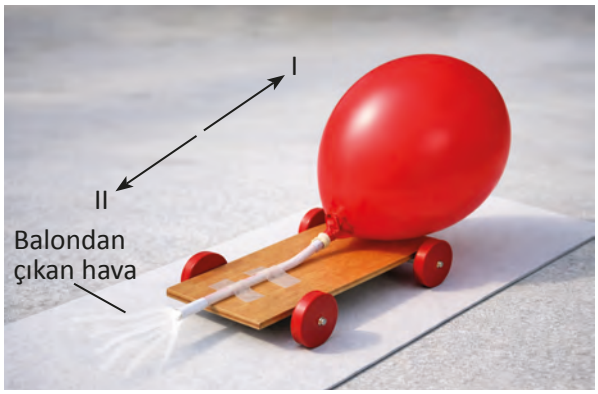
Newton'ın II. Hareket Yasası, itme veya çekme şeklinde uygulanan bir kuvvetin cismin hareketine olan etkisini inceler. Bununla birlikte hiç bir kuvvet tek başına ortaya çıkmaz. Örneğin bir çekiç çiviyi $\vec{F}_1$ kuvveti ile iterken çivi de çekici aynı büyüklükteki $\vec{F}_2$ kuvveti ile iter (Görsel 1.16). Bir mıknatıs metal ataşı çekerken ataş da mıknatısı çeker. Masanın köşesine bastıran bir kişinin elinde masanın uyguladığı kuvvetten dolayı geçici de olsa bir şekil değişikliği meydana gelir. Bu ve buna benzer birçok örnekten yola çıkıldığında kuvvetlerin her zaman çiftler hâlinde var olduğu sonucuna ulaşılır.



Görsel 1.16: *Çekiç ve çivi arasında oluşan etki-tepki kuvvet çifti*

Newton'ın III. Hareket Yasası, bir cisim ikinci bir cisme kuvvet uyguladığında ikinci cismin de birinci cisme aynı büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uyguladığını söyler. Bu yasa, "Her etkiye karşı eşit ve zıt yönlü bir tepki vardır." şeklinde de ifade edilebilir. Bu kuvvet çifti etki-tepki kuvvetleri olarak adlandırılır. Burada etki ve tepki kuvvetlerinin farklı cisimler üzerine uygulandığı unutulmamalıdır. Aynı cisim üzerine etki eden iki dış kuvvet; büyüklükleri eşit, yönleri zıt olsa bile etki-tepki kuvvet çifti değildir.

Örnek



Bir öğrenci, sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda bir balonu şişirerek yatay düzlemdeki arabaya görseldeki gibi yapıştırıyor. Daha sonra pipeti balonun ağzına sıkıca bağlayarak hava çıkışına engel oluyor. Düzenekteki pipetten hava çıkışı sağlandığında duran araba hareket etmeye başlıyor. Balondan çıkan hava miktarı zamanla azalıyor ve bir süre sonra balonun içindeki hava tamamen bitiyor.

Newton'ın III. Hareket Yasası'nı kullanarak hava çıkış süreci boyunca arabanın hareketini yorumlayınız.

Cevap

Balondan hava çıkışı devam ettiği sürece balon ve hava arasında etki-tepki kuvvet çifti oluşacaktır. II yönündeki hava çıkışının etkisi ile başlangıçta duran araba I yönünde harekete geçecektir. Arabanın hızı zamanla artacak ancak balondan çıkan hava miktarı azaldığı için arabanın ivmesi azalacaktır. Balondan hava çıkış süreci tamamlandıktan sonra araba sabit hızla yoluna devam edecek ve I yönünde düzgün doğrusal hareket yapacaktır.

17. Alıştırma



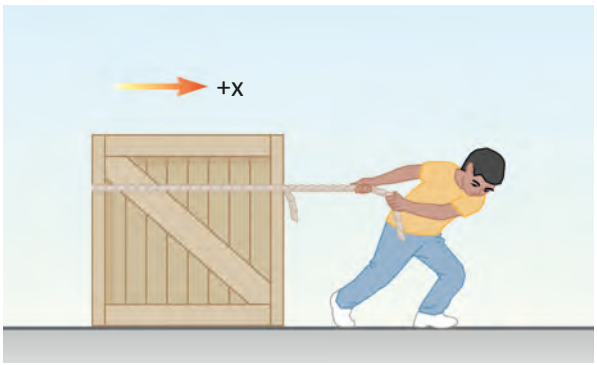
Sürtünmesi ihmal edilen yatay buz zemin üzerinde görseldeki gibi yüz yüze ayakta duran anne ve küçük kızı, ellerini zemine paralel bir şekilde birleştiriyor. Daha sonra anne ve kız birbirini hafifçe iterek hareket geçiriyor.

Buna göre

a) Görsel üzerinde etki-tepki kuvvetlerini gösteriniz.

b) Anne ve kız birbirini ittikten sonra kimin daha hızlı hareket edeceğini Newton'ın II ve III. Hareket Yasalarını kullanarak açıklayınız.

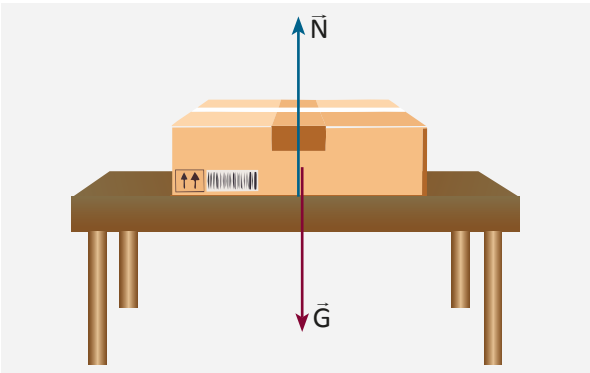
18. Alıştırma



Ahmet, sürtünmeli yatay zemin üzerinde durmakta olan şekildeki sandığı çekmeye çalışıyor. Sandığa +x yönünde kuvvet uyguladığında sandığın da kendine aynı büyüklükte ve zıt yönlü bir tepki kuvveti uyguladığını düşünüyor. Uygulanan kuvvet değeri ne olursa olsun bileşke kuvvet değerinin daima sıfır olacağını ve sandığı çekmenin mümkün olamayacağını ileri sürüyor.

Bu durumda Ahmet'in sandığı harekete geçirmesi mümkün müdür? Ahmet'in görüşlerini değerlendirerek varsa hatalı noktaları düzeltiniz.

Newton'ın II. Hareket Yasası'na göre duran bir cisme etki eden net kuvvet sıfır olmalıdır. Bundan dolayı Görsel 1.17'deki gibi masa üzerinde durmakta olan cisme etki eden yer çekimi kuvveti ($\vec{G}$), masa tarafından yukarı yönde uygulanan bir kuvvet ($\vec{N}$) ile dengelenmek zorundadır. İki cismin teması sırasında cismin altı masayı hafifçe bastırır ve masanın esnekliğinden kaynaklanan bir kuvvet cismi yukarı doğru iter. Bu kuvvet, **normal kuvvet** ($\vec{N}$) olarak adlandırılır. Ağırlık ($\vec{G}$) ve normal kuvvet ($\vec{N}$), eşit büyükte ve zıt yönlü olmalarına rağmen etki-tepki kuvvet çifti değildir. Bunun sebebi, bu iki kuvvetin aynı cisim üzerine etki etmesidir.



Görsel 1.17: *Masa üzerinde duran bir cisim*

19. Alıştırma

Bir fizik dersinde öğretmen, öğrencilerinden Newton'ın III. Hareket Yasası olan etki-tepki prensibine günlük hayattan örnekler vermelerini istiyor.

Yunus: Cama atılan bir futbol topunun camı kırmasının nedeni, cama uygulanan kuvvetin topa uygulanan kuvvetten daha büyük olmasıdır.

Emre: Düşey tahta bir zemine çivi çakılırken çekicin çiviye uyguladığı kuvvet çivinin tahta zemine girmesini sağlarken çekicin geri sekmesinin nedeni çivinin çekice uyguladığı tepki kuvvetidir.

Özgü: Hızla hareket eden bir aracın rüzgâr koruyucusuna çarpan bir sinek arabaya küçük bir kuvvet, araba ise sineğe büyük bir kuvvet uygular.

Öğretmenin bu örneklerle ilgili geri bildirimleri ne şekilde olmalıdır? Açıklayınız. Hatalı noktalar varsa düzeltiniz.

20. Alıştırma

Aşağıda verilen görselleri ve açıklamalarını Newton'ın III. Hareket Yasası'nı göz önünde bulundurarak inceleyiniz. Olaylarda sözü edilen kuvvetlerin etki-tepki kuvvet çifti olup olmadığını gerekçeleriyle açıklayınız.



Havuz içinde dönüş gerçekleştirirken ayakları ile havuz duvarına kuvvet uygulayan bir yüzücü ile duvarın yüzücüye uyguladığı kuvvet

.....

.....

.....



Yatay bir masa üzerinde duran vazonun ağırlığı ile masa yüzeyinin vazoya uyguladığı kuvvet

.....

.....

.....



Roket motorunun gazları aşağı doğru iterken uyguladığı kuvvet ile gazların rokete yukarı doğru uyguladığı kuvvet

.....

.....

.....



Ayağıyla zemini geriye doğru iterken zeminin ayağını ileriye doğru itmesi sonucu harekete geçen kadın

.....

.....

.....



Dünya ve Ay arasında oluşan kütle çekim kuvveti

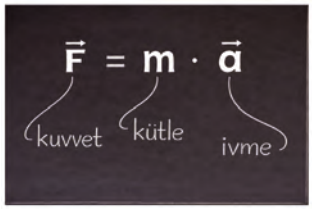
.....

.....

.....

1.3.2. Serbest Cisim Diyagramı

Matematiksel modeli Görsel 1.18'de verilen Newton'ın II. Hareket Yasası, cisim üzerine etki eden net kuvvetin cismin ivmesi ile doğru orantılı olduğunu ifade eder. Bir cismin hareketi analiz edilirken, Newton'ın Hareket Yasalarından yararlanılarak harekete neden olan dış kuvvetler incelenir ve cismin bir parçacık gibi davrandığı kabul edilir. Özellikle Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili matematiksel problemlerin çözümünde cisim üzerine etki eden tüm kuvvetleri içeren ve serbest cisim diyagramı olarak adlandırılan bir diyagram çizimi yapılması büyük önem arz eder.

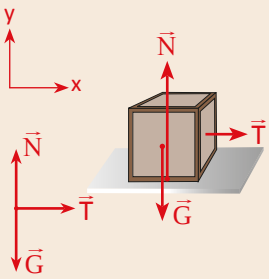


Görsel 1.18: *Newton'ın II. Hareket Yasası'nın matematiksel modeli*

5. Etkinlik Serbest Cisim Diyagramı

Amaç	Newton'ın Hareket Yasalarını serbest cisim diyagramını kullanarak yorumlayabilme
Süre	35 + 35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki "Çalışma Yaprağı"nda yer alan soruları cevaplayınız. "Çalışma Yaprağı", öğretmeniniz tarafından "Bütüncül Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Aşağıda verilen görselleri inceleyiniz. Örnekten yararlanarak diğer görselleri yorumlayınız ve cisimlere etki eden tüm kuvvetleri belirleyiniz. Belirlediğiniz kuvvetleri serbest cisim diyagramını kullanarak gösteriniz.

Görseller (Sürtünmeler ihmal edilmiştir.)	**Açıklama**	**Cisimlere Etki Eden Kuvvetler**	**Cisimlerin Serbest Cisim Diyagramları**
	Düzgün yatay bir zemin üzerinde yere paralel bir ip yardımı ile +x yönünde çekilen bir blok	$\vec{T}$: Bloka ip boyunca uygulanan yatay kuvvet (ipteki gerilme kuvveti) $\vec{G}$: Blokun ağırlığı $\vec{N}$: Normal kuvvet	
			

Görseller (Sürtünmeler ihmal edilmiştir.)	**Açıklama**	**Cisimlere Etki Eden Kuvvetler**	**Cisimlerin Serbest Cisim Diyagramları**
			
			
			
			
			

2. Aşağıdaki soruları Newton'ın Hareket Yasalarından yararlanarak cevaplayınız.

- Bir kişi tekneden rıhtıma atladığında tekne bu durumdan nasıl etkilenir?
  .....
  .....
- Dengelenmiş kuvvetlerin etkisinde kalan bir cismin hareketini yorumlayınız.
  .....
  .....
- Sabit hızla doğu yönünde 10 m/s hızla ilerleyen 2 kg kütleli bir araca kaç N bileşke kuvvetin etki ettiğini bulunuz.
  .....
  .....
- Yukarıya doğru fırlatılan bir top, maksimum yüksekliğe çıktığı an herhangi bir kuvvetin etkisinde kalır mı? Açıklayınız.
  .....
  .....
- Yukarı yönde düzgün hızlanarak ilerleyen bir asansörün içinde ağırlığınızda bir değişim hisseder misiniz? Açıklayınız.
  .....
  .....
- Sürtünmesi ihmal edilen, hareketsiz bir kamyonet kasasında bir kutu duruyor. Daha sonra araç durgun hâlden harekete geçiyor. Kutunun araç harekete geçtiği andaki hareketini yorumlayınız.
  .....
  .....
- Yangın hortumundan tazyikli su sıkmaya başlayan bir itfaiye eri bu durumdan nasıl etkilenir?
  .....
  .....
- Yatay düzleme paralel bir kuvvetölçerin (dinamometre) iki ucuna bağlanmış esnemeyen ipleri iki kişi uçlarından tutarak yatay düzleme paralel ve zıt yönlerde F kuvvetiyle çektiğinde kuvvetölçer kaç F değerini gösterir?
  .....
  .....

3. Birinci adımda çizdiğiniz serbest cisim diyagramlarından ve ikinci adımdaki sorulara verdiğiniz cevaplardan yola çıkarak Newton'ın Hareket Yasalarını kendi cümlelerinizle ifade ediniz.

.....

.....

4. Serbest cisim diyagramının bir cisme etki eden net kuvveti hesaplamaya yönelik matematiksel problemlerin çözümündeki rolünü arkadaşlarınızla tartışınız.

Değerlendirme

Aşağıda serbest cisim diyagramları hakkında farklı soru türleri içeren bir "Çalışma Yaprağı" verilmiştir. Bu "Çalışma Yaprağı"nı etkinlik sırasında yapmış olduğunuz çıkarımlardan yararlanarak doldurunuz.

Çalışma Yaprağı

1. Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

- Serbest cisim diyagramı nedir?

.....

.....

- Problem çözümünde serbest cisim diyagramı kullanmanın ne gibi avantajları vardır?

.....

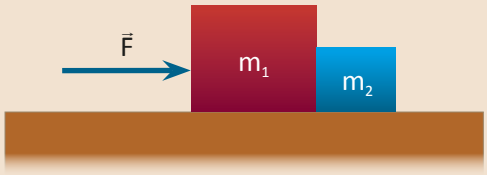
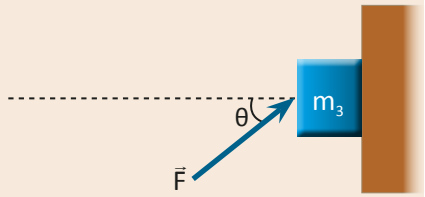
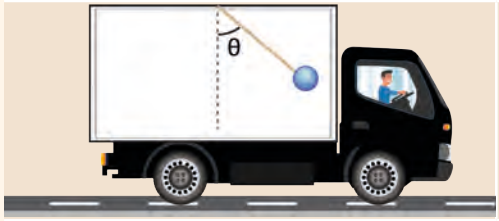
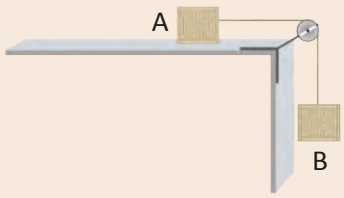
.....

- Serbest cisim diyagramı çiziminde hangi hususlara dikkat edilmelidir?

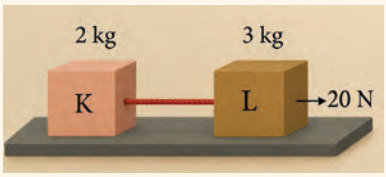
.....

.....

2. Aşağıda verilen görsellerdeki cisimlerin serbest cisim diyagramını çizerek cisimlerin olası hareketlerini yorumlayınız. Yorumlarınızı boş bırakılan alanlara kısaca yazınız.

Görseller (Sürtünmeler ihmal edilmiştir.)	**Serbest Cisim Diyagramı**
	
	
	
	
	

3.



Ağırlıksız ve esnemeyen bir iple birbirine bağlı 2 kg kütleli K kutusu ile 3 kg kütleli L kutusu, sürtünmesi ihmal edilen yatay bir düzlemde durmaktadır. L kutusu üzerine şekildeki gibi 20 N büyüklüğünde yatay bir F kuvveti uygulanmaktadır.

Buna göre

a) K ve L kutularının ayrı ayrı serbest cisim diyagramlarını çiziniz.

b) K ve L kutularının ivmesinin kaç N/kg olacağını bulunuz.

.....

.....

.....

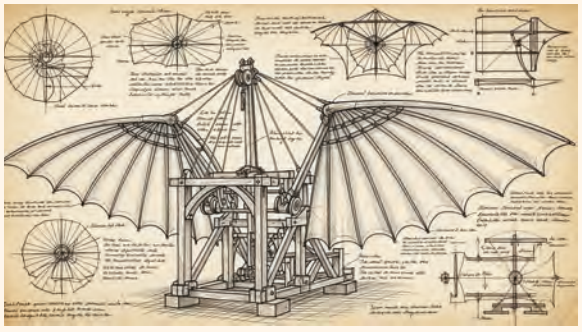
c) Kutuları birbirine bağlayan ip üzerindeki gerilme kuvvetinin kaç N olacağını bulunuz.

.....

.....

.....

4.



Leonardo da Vinci (Leonardo da Vinçi), Rönesans Dönemi'nin önde gelen isimlerindendir. Gözlem ve deneyin öneminin arttığı bu dönemde da Vinci de çalışmalarını dikkatli gözlemler yaparak geliştirmiştir. Örneğin kuşların kanatlarını, kuyruklarını nasıl kullandıklarını gözlemlemiş ve görseldeki detaylı kanat çizimlerini yapmıştır. Bu incelemeleri sonucunda elde ettiği verilerden yararlanarak döneminin oldukça ilerisinde pek çok tasarıma imza atmıştır.

Buna göre da Vinci'nin gözlemlerini çizimlere dönüştürmesinin sebepleri neler olabilir? Aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

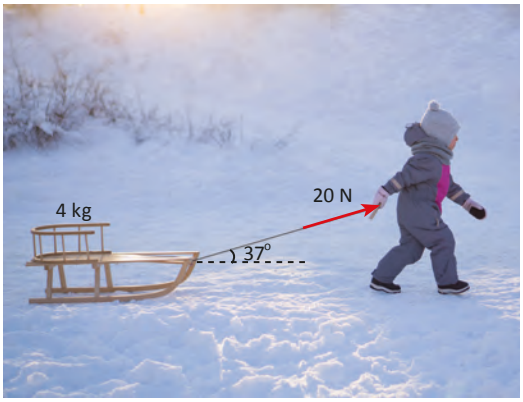
.....

"Çalışma Yaprağı" öğretmeniniz tarafından "Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili problemlerin çözümünde bir cisme etki eden kuvvetlerin belirlenmesi ve belirlenen bu kuvvetlerin gösterildiği serbest cisim diyagramlarının çizilmesi büyük kolaylık sağlar. Serbest cisim diyagramı kullanılarak problem çözülürken

- Sistemin basit ve anlaşılır bir taslak çizimi yapılır.
- Hareketi incelenen cisim diğer cisimlerden ayrılır ve cisme etki eden tüm dış kuvvetler gösterilir.
- Birden fazla cisim içeren sistemlerde her bir cisim için bu gösterim ayrı ayrı yapılır.
- Her cisim için uygun koordinat eksenleri yerleştirilir ve bu eksenler yardımı ile kuvvet bileşenleri bulunur.
- Newton'ın II. Hareket Yasası, her bir kuvvet bileşeni için ayrı ayrı uygulanır.

Örnek



Sürtünmesi ihmal edilen yatay kaygan bir zemin üzerinde duran 4 kg kütleli bir kızak, yatay zeminle 37° açı yapacak şekilde 20 N büyüklüğünde bir kuvvet uygulanarak çekiliyor.

Buna göre

a) Serbest cisim diyagramını çizerek kızağın hareketini yorumlayınız.

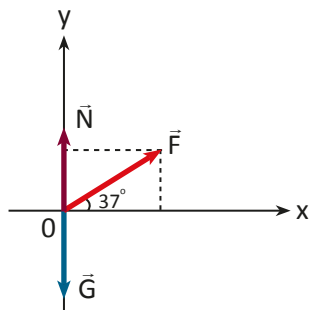
b) Buzlu zeminin kızağa uyguladığı normal kuvvetin kaç N olduğunu hesaplayınız.

($\sin 37^\circ = 0{,}6$; $\cos 37^\circ = 0{,}8$; $g = 10$ N/kg alınız.)

c) Kızağın ivmesinin kaç N/kg olduğunu hesaplayınız.

Cevap

a)



Kızağa uygulanan kuvvetler serbest cisim diyagramı çizilerek yandaki gibi gösterilir. Bu diyagramda yer tarafından kızağa uygulanan kütle çekim kuvveti, ip tarafından kızağa uygulanan çekme kuvveti (ipteki gerilme kuvveti) ve buzlu zemin tarafından kızağa uygulanan normal kuvvet yer alır. Vektörler çizilirken kuvvet büyüklükleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çizimler yapıldıktan sonra kızağın +x yönünde düzgün hızlanan hareket yaptığı söylenebilir.

b) Kızağa uygulanan 20 N büyüklüğündeki kuvvetin düşey bileşeni hesaplanır.

$F_y = F \cdot \sin 37^\circ = 20 \cdot 0{,}6 = 12$ N

Düşey eksendeki kuvvetler için Newton'ın II. Hareket Yasası kullanılarak zemin tarafından cisme uygulanan normal kuvvet hesaplanır.

$G = N + F_y$

$40 = N + 12$ ve buradan $N = 28$ N olur.

Kızak düşey yönde hareket etmeyeceğinden y ekseninde bir ivme söz konusu değildir.

c) Kızağa uygulanan 20 N'lık kuvvetin yatay bileşeni hesaplanır.

$F_x = F \cdot \cos37^\circ = 20 \cdot 0{,}8 = 16$ N

İvmeyi bulmak için Newton'ın II. Hareket Yasası kullanılır.

$F_x = m \cdot a_x$

$16 = 4 \cdot a_x$

$a_x = 4$ N/kg bulunur.

21. Alıştırma



Elif, sürtünmesi ihmal edilen karlı yatay zemin üzerinde duran kızakta oturuyor. Emre, Elif'i şekildeki gibi yatay eksenle 37° açı yapacak şekilde omuzlarından 100 N büyüklüğünde bir kuvvetle itiyor. Elif ve kızak birlikte harekete başlıyor.

Elif'in kızakla birlikte toplam kütlesi 60 kg olduğuna göre

a) Elif ve kızaktan oluşan sistemin serbest cisim diyagramını çizerek sistemin hareketini yorumlayınız.

b) Karlı zeminin kızağa uyguladığı normal kuvveti hesaplayınız. ($\sin37^\circ = 0{,}6$; $\cos37^\circ = 0{,}8$; $g = 10$ N/kg alınız.)

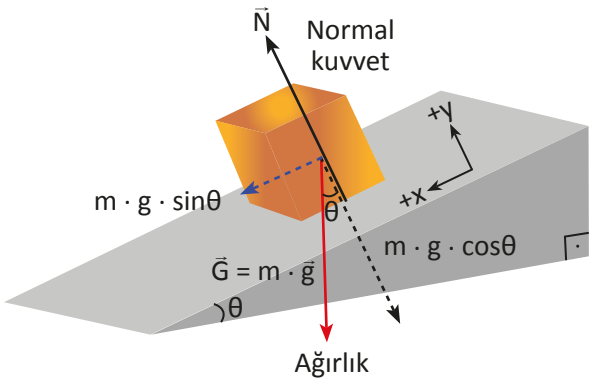
c) Elif'in ivmesinin kaç N/kg olacağını hesaplayınız.

ç) 37°'lik açının artırılması durumunda karlı zeminin kızağa uyguladığı normal kuvvetin ve kızağın ivme büyüklüğünün nasıl değişeceğini açıklayınız.

Örnek

θ eğim açılı bir eğik düzlem üzerinde serbest bırakılan m kütleli cismin serbest cisim diyagramını çiziniz, ivmesini veren matematiksel modeli ortaya koyarak yorumlayınız. (Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Cevap



Sürtünmesi ihmal edilen eğik düzlem üzerindeki F_g ağırlıklı cismin ağırlığının eğik düzleme paralel bileşeni $m \cdot g \cdot \sin\theta$, dik olan bileşeni ise $m \cdot g \cdot \cos\theta$ büyüklüğüne sahiptir. $m \cdot g \cdot \cos\theta$ bileşeni zemine dik olduğu için bu kuvvete eşit büyüklükte ve zıt yönlü bir normal kuvvet oluşur ancak bu kuvvetin harekete bir etkisi yoktur.

$m \cdot g \cdot \sin\theta$ kuvvetinin büyüklüğü net kuvvet değerini verir ve cisim bu kuvvetin etkisi ile harekete başlar.

Newton'ın II. Hareket Yasası cisim için uygulanarak cismin ivme büyüklüğünü veren

$F_{net} = m \cdot a$

$m \cdot g \cdot \sin\theta = m \cdot a$

$a = g \cdot \sin\theta$

matematiksel modeline ulaşılmış olur. Bu modele göre sürtünmesi ihmal edilen eğik düzlem üzerinde hareket eden cismin ivmesinin büyüklüğü, cismin kütlesinden bağımsızdır.

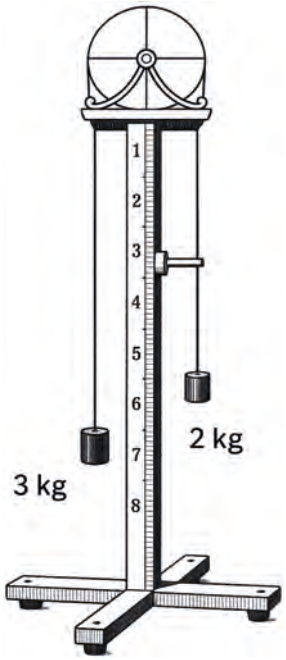
22. Alıştırma



30 kg kütleli bir çocuk ile 60 kg kütleli bir yetişkin, yatayla 37°lik açı yapan sürtünmesi ihmal edilen sabit eğimli bir su kaydırağının tepesinden aynı anda kaymaya başlıyor.

Çocuk ve yetişkinin ivmesini hesaplayarak kimin daha önce kaydırağın uç noktasına ulaşacağını bulunuz. ($\sin37^\circ = 0{,}6$; $\cos37^\circ = 0{,}8$; $g = 10$ N/kg alınız.)

Örnek



Henüz hareket sensörlerinin ve hassas süreölçerlerin (kronometre) olmadığı 1784 yılında George Atwood (Corc Etvud), bir makaradan geçen ipin uçlarına farklı kütleli iki blok bağlayarak ivmelenen cisimlerin hareketlerine ait verilere ulaşmıştır. Görselde verilen bu sistem, günümüzde Atwood makinesi olarak adlandırılmaktadır. (Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Buna göre

a) Atwood ipin uçlarına 2 kg ve 3 kg kütleli A ve B cisimlerini bağladığında cisimlerin 1,96 N/kg'lık ivmelerle hareket ettiği varsayılıyor.

Bu durumda ortamın yer çekimi ivmesinin büyüklüğü kaç N/kg olur?

b) İpteki gerilme kuvveti büyüklüğünün kaç N olacağını hesaplayınız.

c) Atwood, cisimler harekete geçtikten belli bir süre sonra cisimlerin arasındaki ipin koptuğunu gözlemliyor.

Bu andan itibaren A ve B cisimlerinin hareketini yorumlayınız.

Cevap

a) 2 kg kütleli A cismi, 3 kg kütleli B cismi ve ağırlıksız ipler ile oluşturulan şekildeki sürtünmesi ihmal edilen düzenek serbest bırakıldığında düzeneğe cisimlerin ağırlıklarının farkı kadar net kuvvet etki eder. Newton'ın II. Hareket Yasası düzeneğe uygulanacak olursa ortamın çekim ivmesinin büyüklüğü,

$\vec{F}_{net} = m \cdot \vec{a}$

$3 \cdot g - 2 \cdot g = (3 + 2) \cdot 1{,}96$

$g = 9{,}8$ N/kg

olarak bulunur.

b)



3 kg kütleli B cismi için serbest cisim diyagramı çizilerek ipteki gerilme kuvveti bulunur. $m \cdot g > T$ olduğu göz önüne alınarak Newton'ın II. Hareket Yasası uygulanacak olursa

$\vec{F}_{net} = m \cdot \vec{a}$

$3 \cdot g - T = 3 \cdot a$

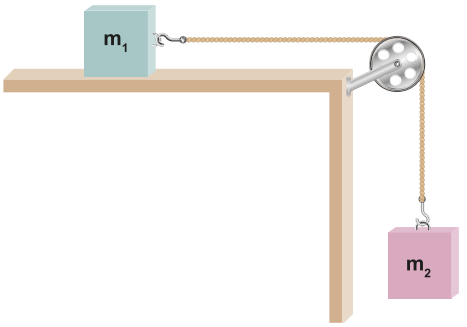
$3 \cdot 9{,}8 - T = 3 \cdot 1{,}96$

$\vec{T} = 25{,}48$ N

bulunur.

c) Cisimlerin kütlesi göz önünde bulunduruluğunda 3 kg kütleli cismin aşağı, 2 kg kütleli cismin ise yukarı yönlü harekete başlayacağı öngörülür. İp koptuktan sonra B cismi yere ulaşana kadar 9,8 N/kg'lık bir ivmeyle hızlanacaktır. Yukarıya doğru hareket etmekte olan A cismi ise yine aynı ivme ile önce yavaşlayacak, bir an için duracak, daha sonra B cismi gibi aşağı doğru hızlanacaktır.

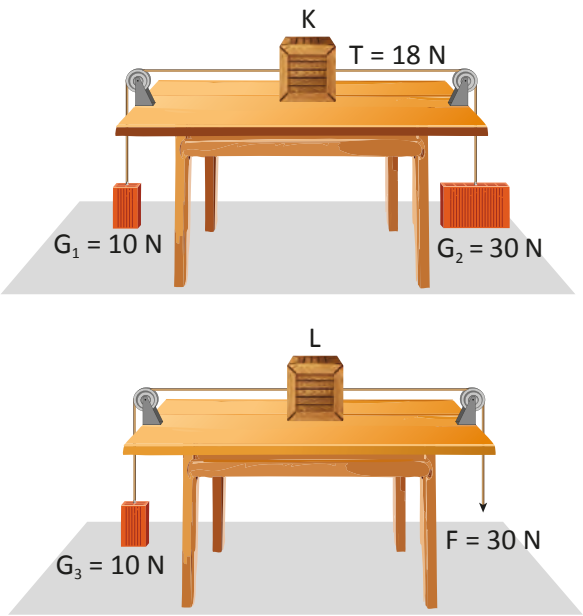
23. Alıştırma



Yandaki şekilde verilen iki bloktan biri pürüzsüz yatay zemin üzerinde durmaktayken diğer blok zeminden aşağı sarkıtılmıştır. Bu iki blok, ağırlığı ihmal edilen bir ip ile şekildeki gibi birbirine bağlanmıştır.

Buna göre blokların ivmesini ve ipteki gerilme kuvvetini m_1, m_2 ve g niceliklerini kullanarak matematiksel olarak modelleyiniz. (Yer çekimi ivmesini $\vec{g}$ alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

24. Alıştırma



Özdeş K ve L sandıkları; yatay düzleme paralel, esnemeyen iplerle şekillerdeki gibi sabit, özdeş ve ağırlıksız makaralar yardımıyla çekiliyor. K sandığı G_1 ve G_2 ağırlıklı tuğlalar kullanılarak, L sandığı ise F kuvveti ve G_3 ağırlıklı tuğladan yararlanılarak hareket ettiriliyor.

K sandığı ile 30 N ağırlığındaki tuğlayı birbirine bağlayan ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü 18 N ise L sandığının ivmesinin büyüklüğü kaç N/kg'dır? (g = 10 N/kg alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Örnek



Yer çekimi ivmesinin 10 m/s^2 olduğu ortamda duran bir aracın aynasında sürücünün görüş alanını kapatmayacak şekilde yere dik olarak asılmış küçük bir araba kokusu bulunuyor.

Buna göre

a) Araç 7,5 m/s^2 lik sabit bir ivme ile hızlanmaya başladıktan bir süre sonra araç kokusu düşey eksenle sabit bir açı yaparak araca göre hareketsiz kalıyor.

Araç kokusunun bu konumdayken düşey eksenle yaptığı açının kaç derece olduğunu hesaplayınız. (sin37° = 0,6; sin53° = 0,8 alınız.)

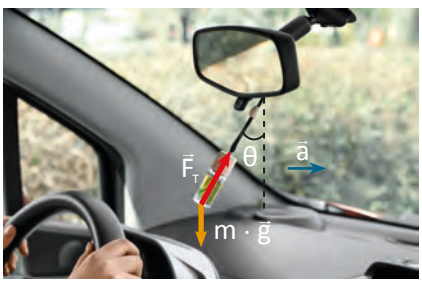
b) Araç daha büyük bir ivme ile düzgün hızlandığında ipin düşey eksenle yaptığı açı nasıl değişir?

c) Araç kokusunun kütlesi, ipin düşey eksenle yaptığı açıyı etkiler mi? Açıklayınız.

ç) Araç 72 km/h büyüklüğünde sabit bir hızla giderse ipin düşey eksenle yaptığı açı kaç derece olur?

Cevap

a)



Araç kokusunun araca göre hareketsiz kaldığı ve düşeyle bir açı yaptığı durumda serbest cisim diyagramı yandaki görselde olduğu gibi çizilebilir. Cisme aşağı doğru m · $\vec{g}$ kuvveti etki ederken ipteki gerilme kuvveti $\vec{F}_T$ dir. Araç yatay eksende sabit $\vec{a}$ ivmesi ile hareket ederken düşey eksende hareket etmediğinden araç kokusunun bu eksende ivmesi sıfırdır.

Yatay bileşen için Newton'ın II. Hareket Yasası uygulanarak

$m \cdot a = F_T \cdot \sin\theta$

eşitliği yazılır. Düşey bileşen için ise

$0 = F_T \cdot \cos\theta - m \cdot g$

eşitliği bulunur. Bu iki eşitliğin oranından

$$\tan\theta = \frac{F_T \cdot \sin\theta}{F_T \cdot \cos\theta} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{a}{g}$$

matematiksel modeline ulaşılır. Ulaşılan bu matematiksel model kullanılarak ipin düşey eksenle yaptığı açı,

$$\tan\theta = \frac{7,5}{10} = \frac{3}{4}$$

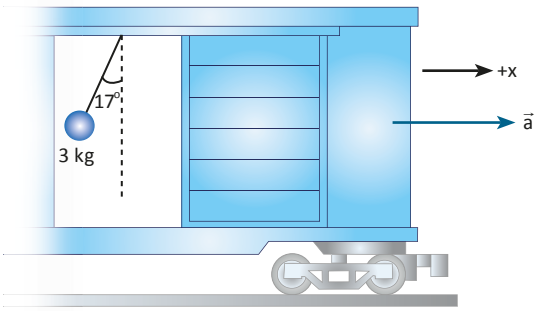
$\theta = 37^\circ$ şeklinde bulunur.

b) Araç daha büyük bir ivmeyle hareket edecek olursa ipin düşey eksenle yaptığı θ açısı da artacaktır.

c) Araç kokusunun kütlesi düşeyle yaptığı açıyı etkilemez. Yukarıda ortaya konan matematiksel modelden de anlaşılacağı üzere açı değeri, aracın ivmesine ve ortamın çekim ivmesine bağlı olarak değişmektedir.

ç) Araç sabit hızla yoluna devam ederse ivme büyüklüğü sıfır olur. Bu nedenle ipin düşeyle yaptığı açı değeri de $\theta = 0^\circ$ olur.

25. Alıştırma



Demir yolunda hareketsiz hâlde bulunan görseldeki vagonun tavanına bağlı bir ipin ucuna 3 kg kütleli bir cisim bağlanıyor. Vagon şekildeki gibi $\vec{a}$ ivmesi ile +x yönünde harekete geçtiğinde ip, düşeyle 17° açı yapacak şekilde açılıyor.

Buna göre vagonun ivmesinin büyüklüğü kaç N/kg'dır? ($\tan 17^\circ = 0{,}3$; g = 10 N/kg alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Kontrol Noktası

Bir cisme aynı anda birden fazla kuvvet uygulanması durumunda bu kuvvetlerin vektörel toplamları **bileşke** veya **net kuvvet** olarak adlandırılır.

Newton'ın Hareket Yasaları

I. Yasa: Eylemsizlik

Bir cisim, bir kuvvet tarafından durumunu değiştirmeye zorlanmadıkça durağanlığını korur veya hareketli ise sabit hızla yoluna devam eder.

II. Yasa: Temel Prensip

Bir cismin ivmesi ($\vec{a}$); cisme etki eden bileşke kuvvet ($\vec{F}$) ile doğru, cismin kütlesi (m) ile ters orantılıdır. Bu yasa, matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

III. Yasa: Etki-Tepki

Bir cisim ikinci bir cisme kuvvet uyguladığında ikinci cisim de birinci cisme aynı büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uygular.

Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili problemlerin çözümünde bir cisme etki eden kuvvetlerin belirlenmesi ve belirlenen bu kuvvetlerin gösterildiği serbest cisim diyagramlarının çizilmesi büyük kolaylık sağlar.

1.4. SÜRTÜNME KUVVETİ

Temas hâlindeki yüzeyler birbirinin üzerinden kayarken cisimlerin sahip olduğu hareket enerjisinin bir kısmı ısıya dönüşür. Bu durum, cisimlerin sıcaklığının artmasına sebep olur. Sürtünen yüzeylerin cinsi, pürüzlü olup olmamaları gibi etmenler ısıya dönüşen enerji miktarını etkiler. Dünya atmosferine giren bir gök taşının (meteor) yanması, ilerleyen yaşlarda eklem sıvılarının azalmasıyla gözlenen kıkırdak yıpranması veya Görsel 1.19'da görüldüğü gibi bileği taşında bilenen bir bıçağın etrafına kıvılcım saçması bu duruma örnek verilebilir.



Görsel 1.19: *Bileği taşında bilenen bir bıçak*

1.4.1. Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetleri

MS 300'lü yıllarda yaşamış olan Themistius (Temistius), hareket eden bir cismi hızlandırmanın durağan bir cismi harekete geçirmekten daha kolay olduğunu ifade etmişti. XV. yüzyılda yaşayan Leonardo da Vinci ise birbirinin üzerinden kayan cisimler ile ilgili gözlemler yapmıştır. da Vinci'nin bu gözlemlerinden yaklaşık iki yüz yıl sonra Guillaume Amontons (Gilyum Amonton) temas hâlindeki yüzeylerin hareketini zorlaştıracak ya da engelleyecek biçimde ortaya çıkan etki ile ilgili yasalar ortaya koymuştur.

6. Etkinlik Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetleri

Amaç	Statik ve kinetik sürtünme kuvvetlerini karşılaştırabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki yapılandırılmış gridi doldurunuz.

1. Yandaki karekodda harekete zorlanmasına rağmen duran ve kayarak öteleme hareketi yapan farklı cisimlere ait etkileşimli dijital içerikler bulunmaktadır. Öğretmeninizin rehberliğinde karekodda verilen dijital içerikleri açarak dikkatlice takip ediniz.
2. Dijital içerik içinde size yöneltilen soruları uygun şekilde cevaplayınız.
3. Yandaki karekodda dönerek öteleme hareketi yapan cisimlere ait dijital içerikler bulunmaktadır. Öğretmeninizin rehberliğinde karekodda verilen dijital içerikleri açarak dikkatlice takip ediniz.
4. Dijital içerik içinde size yöneltilen soruları uygun şekilde cevaplayınız.
5. Dijital içeriklerden yararlanarak statik ve kinetik sürtünme kuvvetlerinin özelliklerini aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

6. Dijital içeriklerdeki gözlemleriniz ve sorulara verdiğiniz cevaplardan yola çıkarak sürtünme kuvvetinin temel bileşenlerini, statik ve kinetik sürtünme kuvvetinin benzerlik ve farklılıklarını aşağıdaki karşılaştırma tablosu üzerinde listeleyiniz.

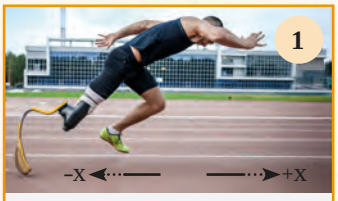
Sürtünme Kuvveti

Statik		Kinetik
	I	
	II	
	III	
	IV	

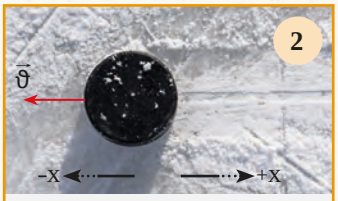
Değerlendirme

İçinde görsel ve açıklaması bulunan aşağıdaki kutuların numaralarını kullanarak soruları cevaplayınız. Aynı kutu numarasını birden fazla soruya cevap vermek için kullanabilirsiniz.

Yapılandırılmış Grid



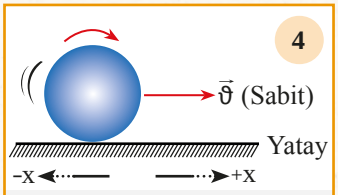
Kısa mesafe koşusunda hızlanmakta olan bir atlet



-x yönünde kayarak ilerleyen bir buz hokeyi diski



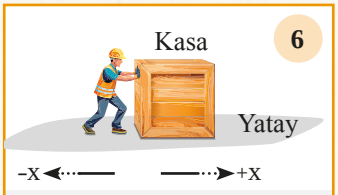
Yatay buz zemin üzerinde yavaşlayan bir sporcu



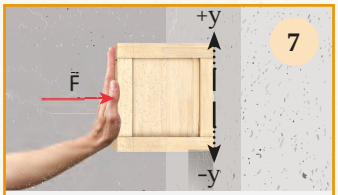
Yatay sürtünmeli zeminde sabit hızla kaymadan dönerek ilerleyen silindir



Yatay sürtünmeli zeminde dönerek ilerlerken yavaşlayan bisiklet tekerleği



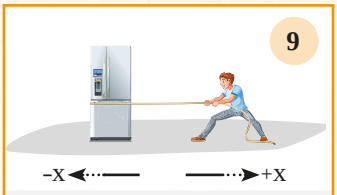
Kuvvet uygulanmasına rağmen yatay zemin üzerinde hareket etmeyen kasa



Üzerine bir kuvvet uygulanarak pürüzlü düşey zeminde hareketsiz tutulan bir kutu



Yatayla belli bir açı yapacak şekilde düşey duvara yaslanmış bir merdiven



Bir ip yardımı ile çekilmesine rağmen harekete geçmeyen bir buzdolabı

Buna göre kutulardan hangilerinde cisme

I. Uygulanan sürtünme kuvveti +x yönündedir? (……)

II. Uygulanan sürtünme kuvveti -x yönündedir? (……)

III. Uygulanan sürtünme kuvveti +y yönündedir? (……)

IV. Sürtünme kuvveti uygulanmamıştır? (……)

V. Kinetik sürtünme kuvveti etki etmektedir? (……)

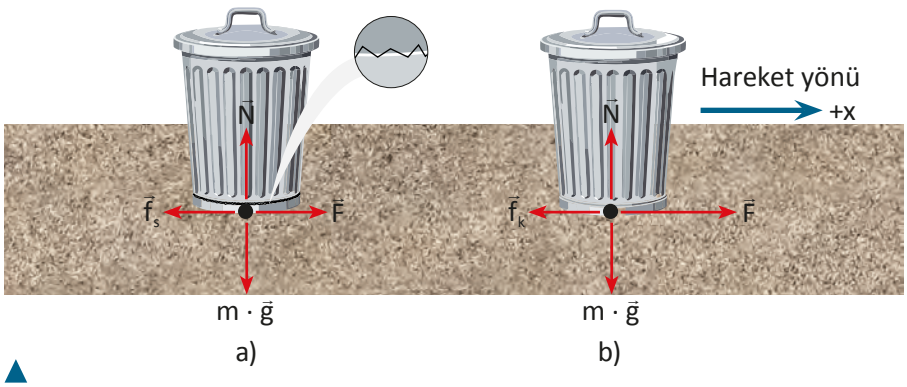
VI. Statik sürtünme kuvveti etki etmektedir? (……)

Pürüzlü bir yüzeyde veya hava, su gibi akışkan bir ortamda hareket eden bir cisme çevresi ile etkileşiminden dolayı bir direnç kuvveti etki eder. Bu kuvvet **sürtünme kuvveti** olarak adlandırılır. Sürtünme kuvveti, günlük hayatta önemli roller üstlenir. Bu kuvvet; araba sürmeyi, kalem tutmayı, yazı yazmayı, yürümeyi, koşmayı mümkün kılar.

Pürüzlü yatay zeminde durmakta olan bir masaya uygulanan kuvvetin büyüklüğü yavaş yavaş artırıldığında ve uygulanan kuvvet belirli bir değere ulaştığında masanın aniden harekete geçtiği ve sonrasında hareketine daha kolay devam ettiği görülür. Burada masayı harekete geçirmek için gereken kuvvet, masa kaymaya başladıktan sonra hareketi sabit hızla devam ettirmek için gereken kuvvetten daha büyüktür.

Bahçede yatay zeminde duran Şekil 1.2: a'daki çöp kovası +x yönünde bir $\vec{F}$ kuvveti ile harekete geçirilmek istendiğinde kuvvetin büyüklüğü belli bir değere ulaşana kadar bu mümkün olmaz. Çöp kovası hareket etmediği sürece sürtünme kuvveti kovaya uygulanan $\vec{F}$ kuvveti ile eşit büyüklükte ve zıt yönde olur. Hareketsiz olduğu bu süreçte kovaya etki eden sürtünme kuvveti **statik sürtünme kuvveti** olarak adlandırılır ve $\vec{f}_s$ olarak gösterilir. Sürtünen yüzeyler çoğu zaman pürüzsüz görünmelerine rağmen mikroskobik boyutlarda pürüzlü yapılara sahiptir. Sürtünme kuvvetinin ortaya çıkış nedeni de bu pürüzlü yapıdır.

Şekil 1.2: b'deki kovaya uygulanan $\vec{F}$ kuvvetinin büyüklüğü artırılır ve statik sürtünme kuvvetinin en büyük değerine ulaşacak olursa kova kaymaya başlar. Zamanla $\vec{F}$ kuvveti $\vec{f}_s$ nin maksimum değerini aşacak ve çöp kovası +x yönünde ivmeli hareket yapacaktır. Bu andan sonra sürtünme kuvveti azalarak daha küçük bir değer alır. Kovanın harekete başladığı andan itibaren maruz kaldığı sürtünme kuvveti, **kinetik sürtünme kuvveti** olarak adlandırılır ve $\vec{f}_k$ ile gösterilir.



Şekil 1.2: *a) Harekete zorlanmasına rağmen hareketsiz kalan kova b) Harekete başlayan kova*

Örnek

Bisikleti ile durgun hâlden harekete geçerek hızlanan bir bisikletli, bir süre sabit hızla gittikten sonra fren yapıp yavaşlıyor.



Her üç durum için de bisikletin arka tekerleğine etki eden sürtünme kuvvetini şekil üzerinde gösteriniz.

(Sporcunun ve bisikletin ağırlığından dolayı tekerlek ve zeminde meydana gelebilecek deformasyonları ve hava direncini ihmal ediniz.)

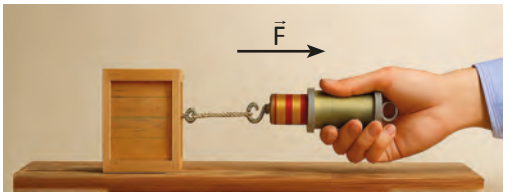
Cevap

Bisikletli durgun hâlden pedalları çevirip harekete başladığında pedalların dönüş yönü arka tekerleğin dönüş yönünü belirler. Bisikletli pedalları çevirmeye başladığı an sürtünme kuvveti, arka tekerleğin dönüş yönünün aksi yönünde bisikleti ileri doğru itecek ve bisikletin harekete geçmesini sağlayacaktır. Bu nedenle kalkış aşamasında arka tekerleğe etki eden sürtünme kuvveti, bisikletin hareket yönü ile aynı yönlü olacaktır. Bisikletli belirli bir hıza ulaşıp pedal çevirmeyi bıraktığında arka tekerleğe herhangi bir kuvvet uygulanmayacak ve bisiklet sabit hızla yoluna devam edecektir. Bisikletli fren yaptığında sürtünme kuvveti, bisikleti yavaşlatacak şekilde yön değiştirecek ve -x yönünde olacaktır.



26. Alıştırma

Elif, yatay düzlemde duran tahta bloka bir ip yardımıyla kuvvetölçer bağlıyor. Daha sonra kuvvetölçeri çekerek bloka kuvvet ($\vec{F}$) uyguluyor ve etki eden sürtünme kuvvetinin cinsi ile büyüklüğünü tespit etmeye çalışıyor. Bu amaçla bloka uyguladığı kuvveti yavaş yavaş artıran Elif, kuvvetölçer 41 N'lık kuvvet değerini gösterdiği an cismin harekete geçtiğini gözlemliyor. Bu andan itibaren 35 N büyüklüğündeki kuvvetin hareketin devamı için yeterli olduğunu ve cismin bu kuvvet değerinde sabit hızla hareket ettiğini görüyor.



Elif'in tahta blok üzerine uyguladığı kuvvet değerlerinden bazıları aşağıdaki tabloda sırası ile verilmiştir.

Buna göre tabloyu uygun değerlerle doldurunuz.

Uygulanan Kuvvet (N)	0	15	30	40	45	35	15	5
Sürtünme Kuvveti (N)								
Sürtünme Kuvvetinin Türü (Statik/Kinetik)								

27. Alıştırma



Ev temizliğine yardım eden Ali, parke zemin üzerinde duran kanepeyi şekildeki konumdan fayans zemin üzerindeki dolabın yanına götürmek istiyor. Parke zeminde duran kanepeyi harekete geçirmek için uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğünü artırıyor ve bu kuvvet belirli bir değere ulaştığında kanepenin harekete başladığını görüyor. Ali, bu andan itibaren kanepeyi daha küçük bir kuvvetle itebildiğini fark ediyor. Kanepe parke zeminden fayans zemine geçtiği anda çok daha az bir kuvvetle kanepeyi itebilen Ali'yi gören annesi, Ali'ye yardım etmek için kanepenin üzerindeki eşyaları alıyor.

Buna göre kanepe

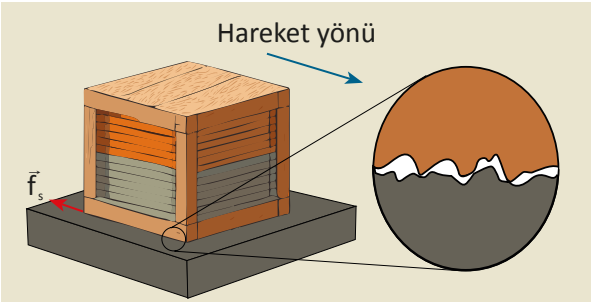
a) Harekete geçene kadarki süreç için kanepenin serbest cisim diyagramını çiziniz.

b) Harekete başladıktan sonra kanepeye hangi tür sürtünme kuvveti etki eder? Neden?

c) Parke zeminden fayans zemine geçtiğinde kanepenin daha rahat hareket ettirilmesinin sebebini gerekçeleriyle açıklayınız.

ç) Üzerinden eşyaların alınmasının kanepeye etki eden sürtünme kuvvetini nasıl etkileyeceği ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

1.4.2. Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler



Görsel 1.20: *Temas hâlinde olan iki yüzey arasında mikro ölçekteki pürüzler*

Temas hâlinde olan yüzeyler makro ölçekte ne kadar düzgün görünürse görünsün mikro ölçekte pürüzlüdür. Bir cisim yatay bir zemin üzerinde hareket zorlandığında yüzeyler üzerindeki tümsekler cismin hareket etmesini zorlaştırır (Görsel 1.20). Bundan dolayı sürtünme kuvveti, kısmen yüzeylerdeki bu tümseklerin birbirini fiziksel olarak engellemesinden kısmen de yüzeyler arasındaki kimyasal bağlardan kaynaklanır. Atomik seviyelerde sürtünmenin detayları oldukça karışık olmasına rağmen bu kuvvetin atom ve moleküller arasındaki elektriksel etkileşimleri içerdiği söylenebilir.

7. Etkinlik Sürtünme Kuvvetinin Matematiksel Modeli

Amaç	Sürtünme kuvvetinin bağlı olduğu değişkenler arasındaki ilişkiyi keşfederek matematiksel modeline ulaşabilme
Süre	35 + 35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında verilen soruları cevaplayınız.

1. Karekoddan yararlanarak "Kuvvet ve Hareket: Temel Prensipler" isimli simülasyona ulaşınız.
2. Ana sayfada yer alan "Sürtünme Kuvveti" kısmına tıklayınız.
3. Sayfanın sağ üst köşesinde yer alan kutulara "✓" işareti koyunuz.
4. İnsan figürünü kullanarak kütlesi 50 kg olan sandığa kuvvet uygulamaya başlayınız.
5. Uyguladığınız kuvvetin büyüklüğünü sandık harekete geçene kadar artırınız.
6. Gözlemlerinize uygun şekilde aşağıdaki soruları cevaplayınız.
   - Cismi harekete geçirmek için kaç N büyüklüğünde bir kuvvet uygulamanız gerekti?

     .....
   - Cisim harekete geçtiği an sürtünme kuvvetinin büyüklüğünde nasıl bir değişiklik oldu?

     .....
   - Harekete geçen cismin sabit hızla hareketine devam etmesi için cisme kaç N'lık bir kuvvet uygulamanız gerekti?

     .....

     .....
   - Statik sürtünme kuvvetinin en büyük değeri nedir?

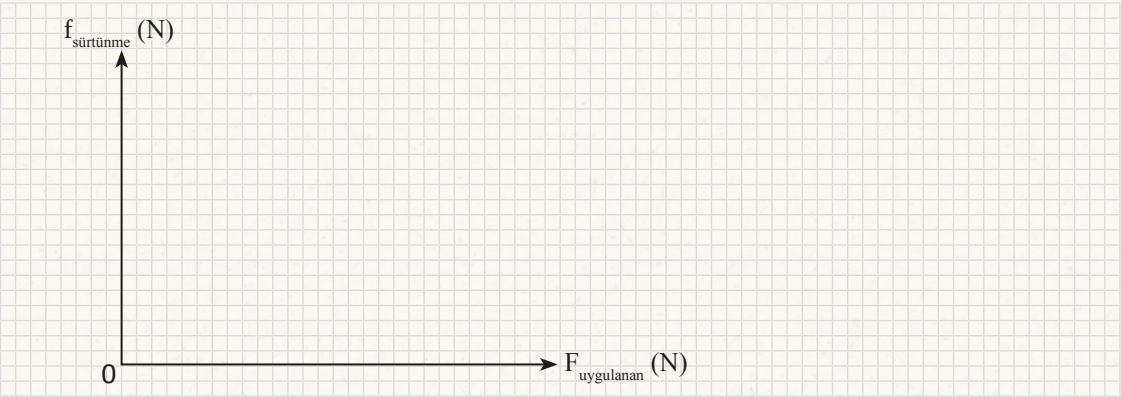
     .....
   - Kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğü kaç N'dır?

     .....

7. Gözlemlerinizden ve sorulara verdiğiniz cevaplardan yola çıkarak aşağıdaki tabloyu uygun verilerle doldurunuz.

Uygulanan Kuvvet (N)	50	100	120	125	130	150	170
Sürtünme Kuvveti (N)							
Net Kuvvet (N)							

8. Tablodaki verileri kullanarak sürtünme kuvveti-uygulanan kuvvet grafiğini çiziniz.



9. Simülasyonda 50 kg kütleli sandığın üzerine ekranın sağ alt köşesinde yer alan 40 kg kütleli çocuk figürünü koyunuz.

10. Uyguladığınız kuvvetin büyüklüğünü yavaş yavaş artırarak sandığı hareket etmeye zorlayınız.

11. Statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerini ve kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü belirleyiniz.

12. Gözlemlerinizden hareketle aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Uygulanan Kuvvet (N)	50	100	150	200	225	250	275
Sürtünme Kuvveti (N)							
Net Kuvvet (N)							

13. Simülasyonda 50 kg kütleli sandığın üzerinden çocuğu alarak onun yerine ekranın sol alt köşesinde yer alan 50 kg kütleli diğer sandığı koyunuz.

14. Uyguladığınız kuvvetin büyüklüğünü yavaş yavaş artırarak sandıkları hareket etmeye zorlayınız.

15. Statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerini ve kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü belirleyiniz.

16. Gözlemlerinizden hareketle aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Uygulanan Kuvvet (N)	50	100	150	200	225	250	275
Sürtünme Kuvveti (N)							
Net Kuvvet (N)							

17. Simülasyonda 50 kg kütleli sandığın üzerinden diğer sandığı alarak ekranın sağ alt köşesinde yer alan 80 kg kütleli adam figürünü sandığın üzerine koyunuz.

18. Uyguladığınız kuvvetin büyüklüğünü yavaş yavaş artırarak sandığı hareket etmeye zorlayınız.

19. Statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerini ve kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü belirleyiniz.

20. Gözlemlerinizden hareketle aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Uygulanan Kuvvet (N)	100	200	250	300	325	350	400
Sürtünme Kuvveti (N)							
Net Kuvvet (N)							

21. Ekranın sağ üst köşesinde yer alan sürtünme kuvveti değerini değiştirerek simülasyonda zemin değişikliği yapınız.

22. Sandığın üzerine belirlediğiniz bir cismi koyunuz ve sandık harekete geçene kadar farklı kuvvet değerleri uygulayınız.

23. Statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerini ve kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü belirleyiniz.

24. Gözlemlerinizden hareketle uygulanan kuvvet, sürtünme kuvveti ve net kuvvet değerlerini aşağıdaki tabloya yazınız.

Uygulanan Kuvvet (N)							
Sürtünme Kuvveti (N)							
Net Kuvvet (N)							

25. Zeminin değişmesinin sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü etkileyip etkilemediğini sınıf arkadaşlarınızla tartışınız.

26. Tartışmada görüşlerinizi yukarıdaki simülasyondan elde ettiğiniz verilerle destekleyerek ifade ediniz.

27. Tartışma sonucunda ulaştığınız çıkarımları aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

28. Etkinlik sürecinde elde ettiğiniz bilgilerden hareketle sürtünme kuvvetinin matematiksel modeline ulaşınız. Ulaştığınız matematiksel modeli aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

29. Aşağıda verilen soruları ulaştığınız matematiksel modeli kullanarak cevaplayınız.

a) Başlangıçta yatay bir zemin üzerinde duran 25 kg kütleli bir sandalyenin harekete geçmesi için en az 175 N büyüklüğünde yatay bir kuvvete ihtiyaç duyuluyor. Sandalye hareket etmeye başladığında 150 N büyüklüğündeki yatay bir kuvvetin etkisiyle ve sabit hızla doğrusal bir yol boyunca hareketine devam ediyor.

Yer çekimi ivmesinin büyüklüğü 10 N/kg olduğuna göre

- Sandalye ile zemin arasındaki statik sürtünme katsayısını bulunuz.

.....

.....

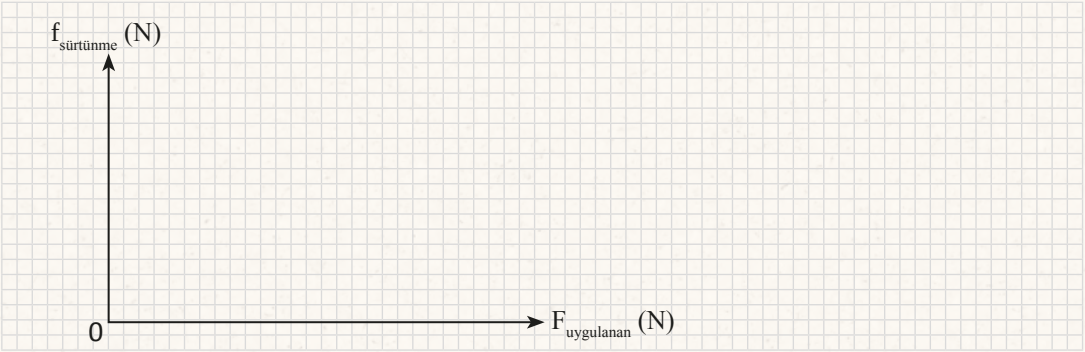
- Sandalye ile zemin arasındaki kinetik sürtünme katsayısını bulunuz.

.....

.....

b) Yer çekimi ivme büyüklüğünün 9,8 N/kg kabul edildiği ortamda 10 kg kütleli bir kutu yatay zemin üzerinde hareketsiz durmaktadır. Kutu ile yatay zemin arasındaki statik sürtünme katsayısı 0,4; kinetik sürtünme katsayısı 0,3'tür.

Kutuya dışarıdan 10 N, 20 N, 30 N, 40 N büyüklüğünde yatay kuvvetler uygulandığı durumlar için sürtünme kuvvetinin değerlerini bularak "sürtünme kuvveti-uygulanan kuvvet" grafiğini çiziniz.



30. Kayarak öteleme ve dönerek öteleme hareketlerinde sürtünme kuvvetinin yönünün belirlendiği durumlara günlük hayattan örnekler veriniz.

.....

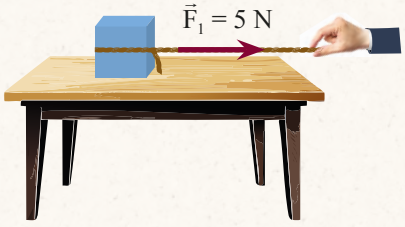
.....

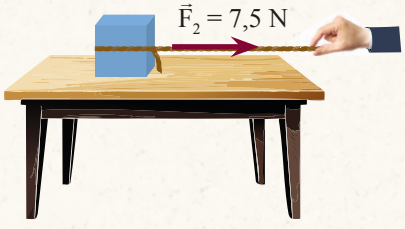
Değerlendirme

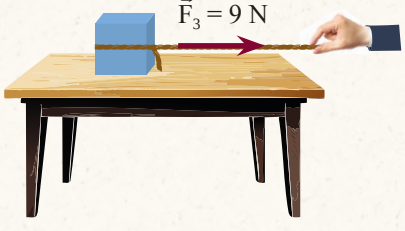
1. Şekilde verilen 2 kg kütleli durgun cisim ile yatay yüzey arasındaki statik sürtünme katsayısı (k_s) 0,4; kinetik sürtünme katsayısı (k_k) 0,35'tir. Yer çekimi ivme büyüklüğünün 10 N/kg kabul edildiği bir ortamda bu cisme yatay doğrultuda farklı kuvvet değerleri uygulanıyor.

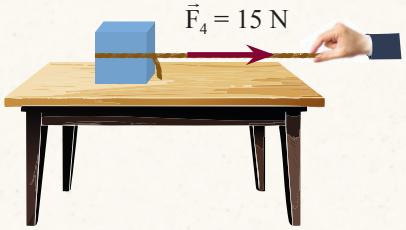
Buna göre

a) Her bir durum için cisme etki eden sürtünme kuvvetinin ve cismin ivmesinin büyüklüklerini hesaplayınız.

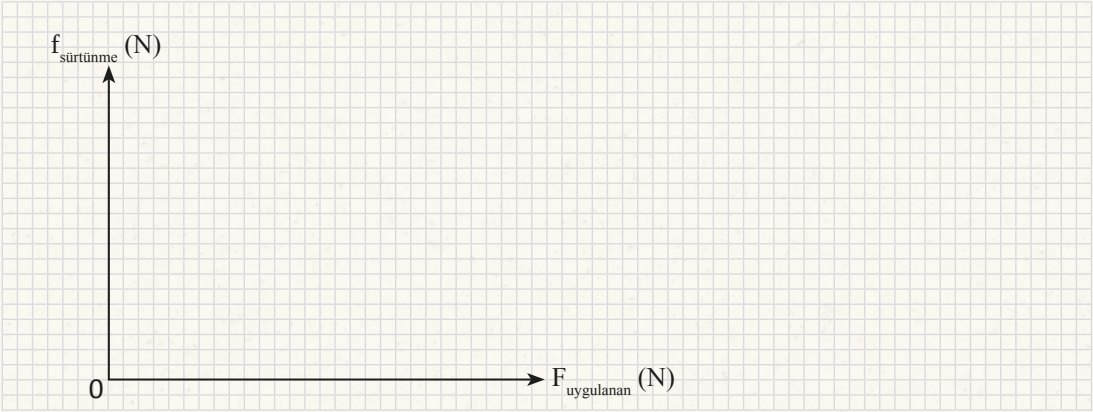




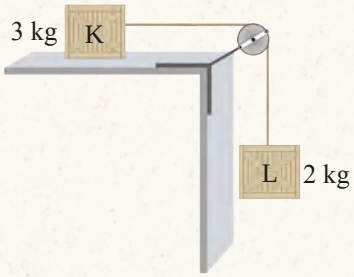




b) Yukarıda verilen cisim için sürtünme kuvveti-uygulanan kuvvet grafiğini çiziniz.



2. Yer çekimi ivme büyüklüğünün 10 N/kg olduğu ortamda kütlesi önemsiz ve esnek olmayan bir ip, 3 kg kütleli K cismi, 2 kg kütleli L cismi ve sürtünmeleri ihmal edilen makara ile şekildeki düzenek oluşturuluyor. Masa yüzeyi kuruyken statik ve kinetik sürtünme katsayıları sırası ile 0,8 ve 0,7; nemliyken 0,6 ve 0,5'tir.



Buna göre masa yüzeyinin her iki durumu için de K cisminin ivmesinin büyüklüğü aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

	Kuru Zemin	Nemli Zemin
A)	1 N/kg	2 N/kg
B)	0 N/kg	1 N/kg
C)	2 N/kg	0 N/kg
D)	1 N/kg	0 N/kg
E)	1 N/kg	2 N/kg

3. Üzerinde silgi bulunan bir kitabı yatay F kuvveti ile arkadaşına doğru iten Duru, kitabın üzerindeki silginin kitaba göre konumunun değişmediğini gözlemliyor.

Masa ile kitap arasındaki sürtünmeler önemsenmediğine göre

I. Kitap ve silgi arasında kinetik sürtünme kuvveti oluşur.

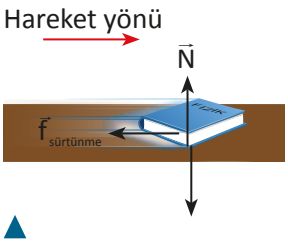
II. Kitap ve silginin yere göre ivmeleri eşittir.

III. F kuvvetinin büyüklüğü azaltılırsa silgiye etki eden sürtünme kuvvetinin büyüklüğü de azalır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

Birbiri ile temas eden iki yüzey arasında bir sürtünme kuvveti oluşabilir. Bu kuvvet, cisimlerin temas eden yüzeylerinin birbirine göre hareketli olduğu veya uygulanan kuvvete rağmen harekete geçmediği durumlarda gözlenir. Deneysel sonuçlar, sürtünme kuvvetinin iki yüzey arasındaki normal kuvvet ($\vec{N}$) ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Örneğin hafif bir ders kitabını masanın üzerinde kaydırmak, aynı yüzey üzerindeki ağır bir ders kitabını kaydırmaktan daha kolaydır. Hareket eden bir cisim için (Görsel 1.21) sürtünme kuvveti ile normal kuvvetin büyüklükleri oranı bir orantı sabitine eşitlenip, matematiksel olarak şu şekilde modellenir:



Görsel 1.21: *Yatay düzlemde kaymakta olan bir kitap*

$$f_{sürtünme} = k_k \cdot N$$

Yukarıdaki matematiksel modelde k_k kinetik sürtünme katsayısıdır. Kinetik sürtünme katsayısı, temas eden yüzeylerin yapısına ve özelliklerine bağlıdır. Temas eden yüzeylerin birbirine göre hareketli olduğu durumlarda ortaya çıkar. Cismin hızından ve temas alanından hemen hemen bağımsızdır. Bir masayı fayans kaplı bir zeminde itmek, halı kaplı bir zeminde itmekten daha kolaydır.

Yatay zemin üzerindeki bir cisme kuvvet uygulanmasına rağmen cisim hareket etmiyorsa cisim ile cismin temas ettiği yüzey arasında statik sürtünme kuvveti oluşur. Statik sürtünme kuvveti, cismin kaymaya başladığı ana kadar etkilidir. Cisim hareket etmeye başladığı anda kinetik sürtünme kuvveti devreye girer.

Birbiriyle temas hâlinde olan iki yüzey arasındaki statik sürtünme kuvveti, uygulanan kuvvetle zıt yönlüdür ve şu şekilde ifade edilir:

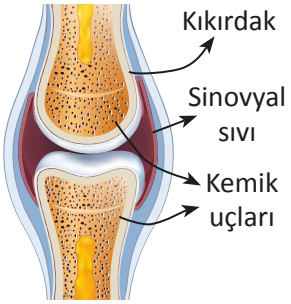
$$f_{sürtünme} \leq k_s \cdot N$$

Bu matematiksel modelde verilen k_s statik sürtünme katsayısıdır. **Statik sürtünme katsayısı**, bir cisim ile yüzey arasında bağıl hareket olmadığında cisme uygulanan maksimum sürtünme kuvvetinin harekete dik yöndeki normal kuvvete oranı olarak tanımlanır.

Sürtünme katsayıları, temas eden yüzeylerin doğasına bağlıdır. Tablo 1.1'de farklı yüzeyler için sürtünme katsayılarının yaklaşık değerleri verilmiştir.

Tablo 1.1: *Farklı Zemin Türleri İçin Statik ve Kinetik Sürtünme Katsayılarının Yaklaşık Değerleri*

Sürtünme Katsayıları	Statik Sürtünme Katsayısı (k_s)	Kinetik Sürtünme Katsayısı (k_k)
Çelik üzerinde çelik	0,74	0,57
Çelik üzerinde alüminyum	0,61	0,47
Beton üzerinde lastik	1	0,8
Tahta üzerinde tahta	0,25-0,5	0,2
Cam üzerinde cam	0,94	0,4
Metal üzerinde metal (yağlanmış)	0,15	0,06
Buz üzerinde buz	0,1	0,03
Teflon üzerinde teflon	0,04	0,04
İnsanda eklem bağlantıları	0,01	0,003



Görsel 1.22: *Sağlıklı bir eklemin genel görünüşü ve sinovyal sıvısı*

İnsan vücudunun birçok bölümü arasında düşük sürtünme katsayıları söz konusudur. Örneğin eklemlerdeki kemik uçlarının pürüzsüz, camsı bir yüzey oluşturan kıkırdaklarla kaplı olması, iki kemik ucu arasındaki sürtünme katsayısını düşürür. Ayrıca eklemler, sürtünme katsayısını düşürmek ve aşınmayı azaltmak için bir sıvı üretir (Görsel 1.22). Hasar görmüş eklemler yapay eklemlerle değiştirilebilmektedir. Bu tip cerrahi işlemler sırasında çok düşük sürtünme katsayılarına sahip paslanmaz çelik, titanyum gibi metaller ile polietilen gibi plastikler kullanılabilir.

Yutma sürecinde ağızda üretilen tükürük, organlar arasında bulunan kaygan mukus sıvısı, ultrasonik görüntülemelerde kullanılan jeller; sürtünme katsayısını azaltan maddelere verilebilecek örneklerden bazılarıdır.

Örnek



Öykü, yer çekimi ivmesinin yaklaşık 10 N/kg olarak kabul edildiği bir ortamda yatay bir masa üzerinde duran 1 kg kütleli bir blok üzerine zemine dik olacak şekilde farklı büyüklükte kuvvetler uyguluyor. Kardeşi Özgü ise aynı anda bir kuvvetölçer yardımı ile cisme yatay kuvvet uyguluyor ve cismin harekete geçtiği anı tespit ediyor. İki kardeşin yaptıkları deney sonucunda ulaştıkları veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Blok Üzerine Uygulanan Dik Kuvvet (N)	Statik Sürtünme Kuvvetinin Maksimum Değeri (N)	Masa Yüzeyinin Blok Üzerine Uyguladığı Normal Kuvvet (N)	Maksimum Statik Sürtünme Kuvvetinin Normal Kuvvete Oranı
0	3		
5	4,5		
10	6		
20	9		

Tabloda boş bırakılan yerleri doldurarak yüzey ile cisim arasındaki statik sürtünme katsayısını hesaplayınız.

Cevap

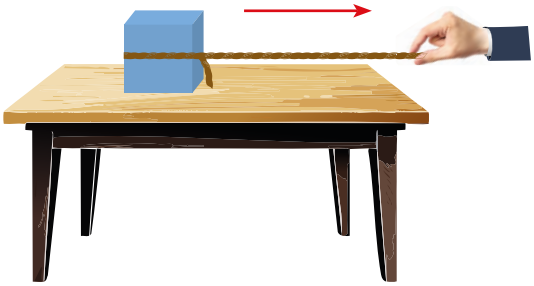
Deneyin gerçekleştirildiği ortamın çekim ivmesinin büyüklüğü 10 N/kg'dır. Cismin ağırlığı, kütle ile çekim ivmesinin çarpılması sonucu 1 · 10 = 10 N bulunur. Yüzeyin bloka uyguladığı kuvvet değerleri sırası ile 10 N, 15 N, 20 N ve 30 N olarak hesaplanır.

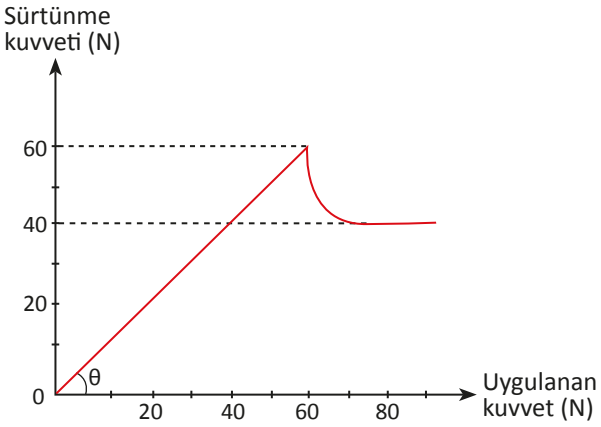
Blok Üzerine Uygulanan Dik Kuvvet (N)	Statik Sürtünme Kuvvetinin Maksimum Değeri (N)	Masa Yüzeyinin Blok Üzerine Uyguladığı Normal Kuvvet (N)	Maksimum Statik Sürtünme Kuvvetinin Normal Kuvvete Oranı
0	3	10	0,3
5	4,5	15	0,3
10	6	20	0,3
20	9	30	0,3

Statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerinin normal kuvvete oranı, statik sürtünme katsayını verir. Tüm değerler için bu oran 0,3 olarak hesaplanır.

28. Alıştırma

Yatay sürtünmeli zemin üzerinde duran bir cisim ve bu cisme ait sürtünme kuvveti-uygulanan kuvvet grafiği aşağıda verilmiştir.





Buna göre

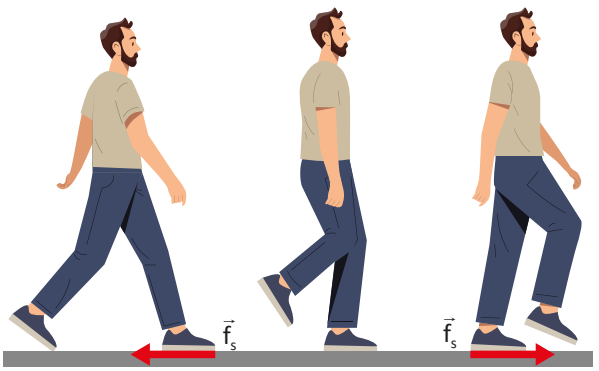
a) Cisme uygulanan kuvvet değerlerine karşılık gelen sürtünme kuvveti değerlerini ve türlerini yazınız.

Uygulanan Kuvvet (N)	0	30	45	65
Sürtünme Kuvveti (N)				
Sürtünme Kuvvetinin Türü (Statik veya Kinetik)				

b) Cisme etki eden sürtünme kuvvetinin yönünü şekil üzerinde gösteriniz.

c) Harekete geçirmek için cisme uygulanması gereken en küçük kuvvet değerini gerekçeleriyle belirtiniz.

ç) Grafikte yer alan θ açısı kaç derecedir?

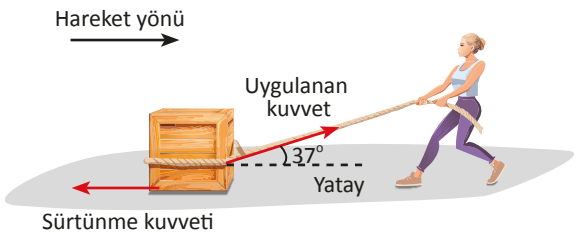


Şekil 1.3: *Yürüyen bir kişiye yürüyüş esnasında farklı zamanlarda etki eden sürtünme kuvvetleri a) Ayak öne atıldığında b) Dikey pozisyonda c) Ayak geriye atıldığında*

Araba motorları, bisiklet zincirleri gibi bazı sistemler için sürtünme kuvveti en aza indirilmelidir. Bununla birlikte bazı durumlarda sürtünme kuvvetine gereksinim duyulur. Örneğin sürtünme kuvvetinin olmadığı bir ortamda düz bir kaldırımda yürümek mümkün olmaz.

Şekil 1.3: a'daki kaldırımda yürüyen adam bir ayağını öne doğru attığında ayak zemin ile temas ettiği an sürtünme kuvveti geriye doğru etki ederek adamın ayağının ileri gitmesini veya kaymasını engeller. Şekil 1.3: b'deki gibi vücut dikey pozisyon aldığında kaldırımın ayağa uyguladığı sürtünme kuvveti sıfır olur. Şekil 1.3: c'deki gibi ayak geriye doğru atıldığında sürtünme kuvveti ayağın kaymasını engelleyecek şekilde ileriye doğru, diğer bir deyişle adamın yürüdüğü yönde olur. Ayak kaymadığı sürece ayağa yüzey tarafından ileri doğru bir statik sürtünme kuvveti uygulanır. Bu kuvvet, adamın hareket etmesine yardımcı olur.

Örnek

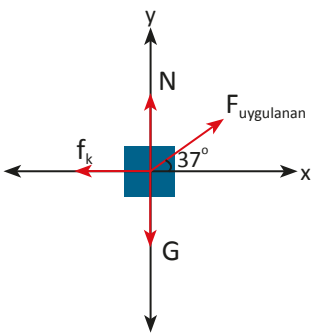


Nurcan, yanda verilen 20 kg kütleli kutuya yatayla 37° açı yapacak şekilde 100 N'lık bir kuvvet uyguluyor.

Kutu ve yol arasındaki kinetik sürtünme katsayısı 0,5 olduğuna göre kutunun ivme büyüklüğünün kaç N/kg olduğunu hesaplayınız.

($\sin 37^\circ = 0{,}6$; $\sin 53^\circ = 0{,}8$; $g = 10$ N/kg alınız.)

Cevap



Nurcan'ın kutuya uyguladığı 100 N'lık kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri

$F_x = F \cdot \cos 37^\circ = 100 \cdot 0{,}8 = 80$ N

$F_y = F \cdot \sin 37^\circ = 100 \cdot 0{,}6 = 60$ N

olarak hesaplanır. Düşey eksende denge koşulu sağlanarak normal kuvvet,

$N = G - F_y = 20 \cdot 10 - 60 = 140$ N

bulunur. Bu değer kullanılarak hareket hâlindeyken kutuya etki eden kinetik sürtünme kuvveti şu şekilde hesaplanır:

$f_k = k \cdot N = 0{,}5 \cdot 140 = 70$ N

Kutunun hareket doğrultusunda (x ekseni) Newton'ın II. Hareket Yasası'nın matematiksel modeli uygulanırsa kutunun ivmesinin büyüklüğü,

$F_{net} = m \cdot a$

$F_x - f_k = m \cdot a$

$80 - 70 = 20 \cdot a$

$10 = 20 \cdot a$

$a = 0{,}5$ N/kg olarak hesaplanır.

29. Alıştırma

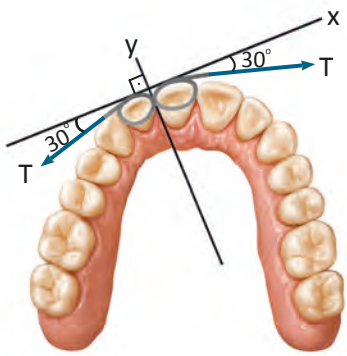


Ağırlığı 800 N olan bir kişi, doğa yürüyüşü sırasında yükünü iki farklı şekilde zemine aktarıyor. Kişinin ağırlığının yarısı, düşey eksenle 37°lik açı yapan iki adet doğa yürüyüşü batonu; diğer yarısı ise zemine dik doğrultuda duran ayakları ile taşınıyor.

Kişinin sabit hızla hareket ettiği ve zeminin yürüyüş batonlarına uyguladığı kuvvetin batonların doğrultusu boyunca etkidiği varsayıldığına göre yürüyüş batonları ile zemin arasındaki en küçük sürtünme katsayısı değerini hesaplayınız.

(Yürüyüş batonlarının ağırlığını ihmal ediniz. $\sin 37^\circ = 0{,}6$; $\cos 37^\circ = 0{,}8$ alınız.)

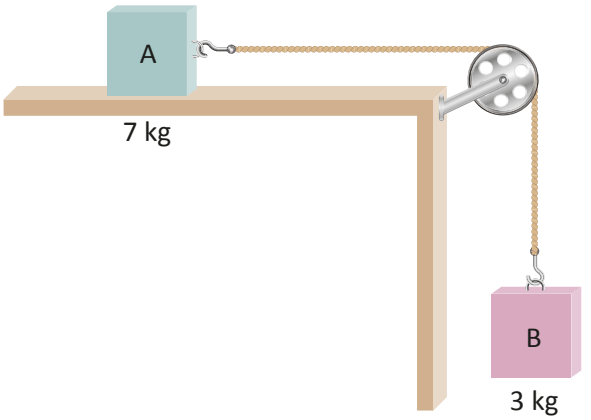
30. Alıştırma



Bir ortodontist, hastasına şekildeki gibi diş teli (braket) takarak diş ve çene problemlerinden kaynaklanan çarpıklıkların ve eğriliklerin önüne geçmek istiyor. Bu amaçla teldeki T gerilme kuvvetininin büyüklüğünü 15 N, x ekseni ile yaptığı açıyı ise 30° olarak ayarlıyor.

Buna göre telin çarpık dişe uyguladığı net kuvvetin büyüklüğünü hesaplayınız. ($\sin 30^\circ = 0{,}5$; $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ alınız.)

Örnek

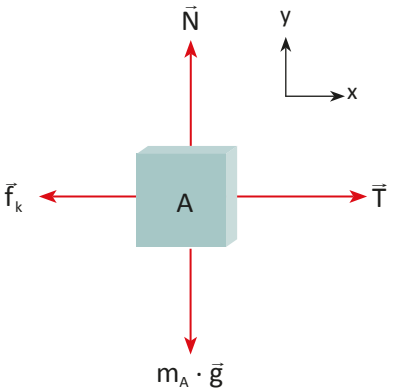


Yandaki şekilde görüldüğü gibi 7 kg kütleli A bloku bir iple makaradan geçirildikten sonra düşey düzlemdeki 3 kg kütleli B blokuna bağlanıyor.

Yatay düzlem ile A bloku arasındaki kinetik sürtünme katsayısı 0,2 olduğuna göre ağırlıksız ve esnemeyen ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç N'dır?

(Yer çekimi ivmesinin büyüklüğünü 10 N/kg alınız. Makaranın sürtünmesini ihmal ediniz.)

Cevap



A bloku düşey yönde hareket etmemektedir. Bu durum için Newton'ın II. Hareket Yasası normal kuvvetin ağırlık ile dengelendiğini söylemektedir.

$N = m_A \cdot g = 7 \cdot 10 = 70$ N

A blokunun üzerine yatay doğrultuda ipteki gerilme kuvveti ve sürtünme kuvveti etki eder. A blokuna etki eden kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğü,

$f_k = k \cdot N = 0{,}2 \cdot 70 = 14$ N

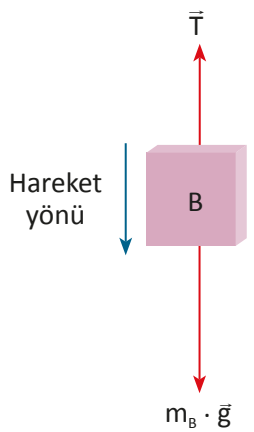
olarak bulunur.

Newton'ın II. Hareket Yasası bu blok için x doğrultusunda

$T - f_k = m_A \cdot a$

şeklinde yazılır. Yer çekimi ivme büyüklüğünün 10 N/kg olduğu göz önüne alındığında B blokunun ağırlığı $3 \cdot 10 = 30$ N olarak ifade edilir. Bu blok; 30 N büyüklüğündeki yer çekimi kuvveti ile aşağı, ipteki gerilme kuvveti (T) ile yukarı doğru çekilir. B blokunun ivmesi aşağı yönlü olur.

$m_B \cdot g - T = m_B \cdot a$



İki blok için yazılan matematiksel modeller birleştirilerek cisimlerin ivmesi,

$m_B \cdot g - f_k = (m_A + m_B) \cdot a$

$30 - 14 = 10 \cdot a$

$a = 1{,}6$ N/kg

bulunur. Bu ivme büyüklüğü ile A bloku sağa, B bloku ise aşağı doğru hızlanır. İpteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü ise

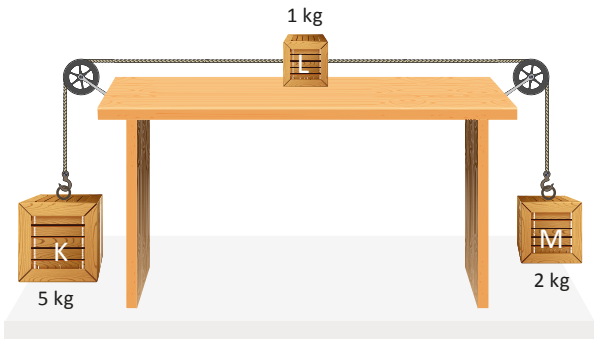
$T = f_k + m_A \cdot a$

$T = 14 + 7 \cdot 1{,}6$

$T = 25{,}2$ N

olarak hesaplanır.

31. Alıştırma



Kütleleri sırasıyla 5 kg, 1 kg ve 2 kg olan şekildeki K, L ve M cisimleri; sürtünmesi ihmal edilen makaralar ve esnemeyen ağırlığı önemsiz iplerle birbirine bağlanıyor. Yer çekimi ivmesinin büyüklüğünün 10 N/kg ve masa yüzeyi ile L bloku arasındaki kinetik sürtünme katsayısının 0,6 olduğu bilinmektedir.

Buna göre

a) Her bir cisim için serbest cisim diyagramı çiziniz.

b) Cisimlerin hareket yönlerini ve ivme büyüklüklerini belirleyiniz.

c) İplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklüklerini hesaplayınız.

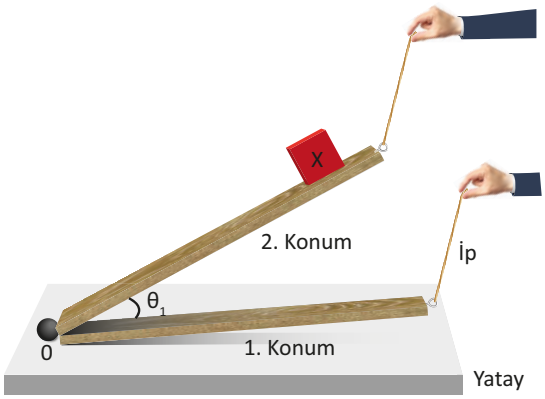
ç) Masa yüzeyinin daha pürüzsüz olması durumunda iplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri değişir miydi? Açıklayınız.

Örnek

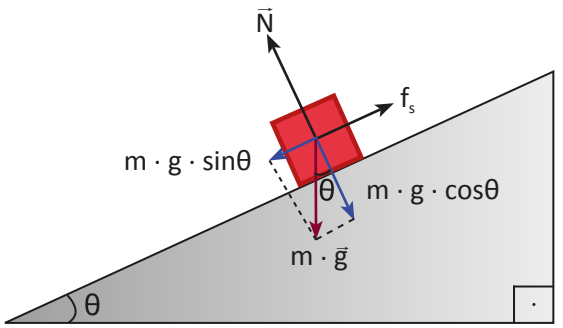
Yunus Emre, pürüzlü bir yüzey ile bir cisim arasındaki statik ve kinetik sürtünme katsayılarını ölçmek amacıyla bir deney düzeneği tasarlamak istiyor.

Yunus Emre, nasıl bir düzenek tasarlar ve hangi işlemleri yaparsa amacına ulaşır? Açıklayınız.

Cevap



Küçük bir blok ve tahta bir düzlem kullanılarak sürtünme katsayısı ölçülebilir. Tahta düzlem kullanılarak bir eğik düzlem oluşturulur ve blok, eğik düzlem üzerinde serbest bırakılır. Blok kaymaya başlayana kadar eğik düzlemin yatay eksenle yaptığı açı artırılır. Tam kaymanın başladığı açı ölçülerek (θ_1) statik sürtünme katsayısı bulunur.



Eğik düzlemin üzerindeki bloka etki eden kuvvetler $m \cdot \vec{g}$ yer çekimi kuvveti, $\vec{N}$ normal kuvveti ve $\vec{F}_s$ statik sürtünme kuvvetidir. Blok tam hareket etmek üzere iken bu kuvvetler dengelenmiş hâldedir. Yer çekimi kuvveti eğik düzleme paralel ve dik olarak bileşenlere ayrılıp bu iki eksen için de Newton'ın II. Hareket Yasası uygulandığında

$m \cdot g \cdot \cos\theta - N = 0$ ise $N = m \cdot g \cdot \cos\theta$

bulunur. Burada bulunan N ifadesi aşağıdaki matematiksel modelde yerine yazılırsa

$m \cdot g \cdot \sin\theta - F_s = 0$ ise $m \cdot g \cdot \sin\theta = k_s \cdot m \cdot g \cdot \cos\theta$ olur.

Statik sürtünme katsayısı,

$$k_s = \frac{\sin\theta_1}{\cos\theta_1} = \tan\theta_1$$

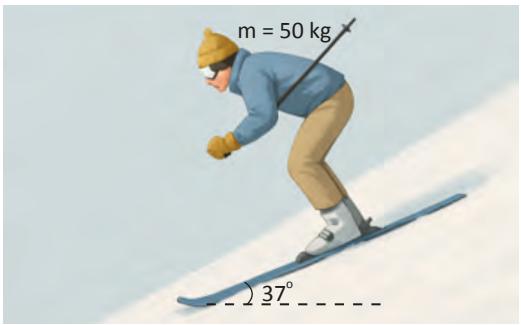
olarak hesaplanır. Yukarıda ölçülen açının tanjant değeri statik sürtünme katsayısını verir. Örneğin cisim 45°de kaymaya başladıysa statik sürtünme katsayısı $\tan 45^\circ = 1$ olur. Blok harekete başladıktan sonra eğik düzlem üzerinde ivmelenir. Açı değeri biraz azaltılarak (θ_2) ivmenin büyüklüğü sıfıra düşürülürse, bir başka deyişle cismin sabit hızla gitmesi sağlanırsa kinetik sürtünme katsayısı tespit edilebilir. Aynı matematiksel model bu defa kinetik sürtünme katsayısını bulmak için kullanılır:

$$k_k = \frac{\sin\theta_2}{\cos\theta_2} = \tan\theta_2$$

Örneğin cisim 37°de sabit hızla ilerlemeye başladıysa kinetik sürtünme katsayısı $\tan 37^\circ = 0{,}75$ olur.

Deney, farklı maddelerden yapılmış bloklar kullanılarak farklı zeminlerin sürtünme katsayılarını bulmak için tekrar edilebilir.

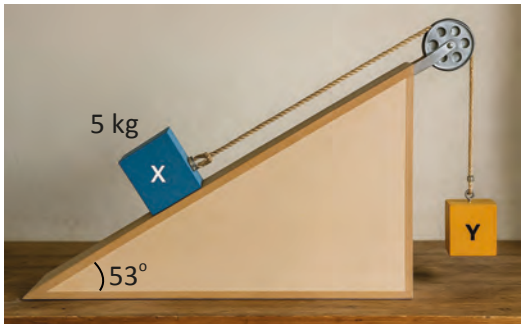
32. Alıştırma



Yer çekimi ivme büyüklüğünün 10 N/kg olduğu bir ortamda 50 kg kütleye sahip bir kayakçı; yatayla 37°lik açı yapan sabit eğimli, karla kaplı bir yamaçta durgun hâlden harekete başlıyor.

Kayakçının yamaçtan aşağı inmesi 20 s sürdüğüne göre yamaç üzerinde katettiği mesafenin kaç m olduğunu bulunuz. (Zemin ve kayaklar arasındaki kinetik sürtünme katsayısını 0,2, $\sin 37^\circ = 0{,}6$; $\cos 37^\circ = 0{,}8$ alınız.)

33. Alıştırma



5 kg kütleli X kutusu, yatayla 53° lik açı yapan bir eğik düzlem üzerinde duruyor. Kutu, sürtünmesi önemsenmeyen bir makaradan geçen ve kütlesi ihmal edilen bir iple m_y kütleli Y kutusuna bağlanıyor.

Yer çekimi ivmesinin büyüklüğü 10 N/kg olduğuna göre

a) Statik sürtünme katsayısının 0,6 olduğu durum için m_y kütlesinin hangi değer aralığında sistemin hareketsiz kalacağını bulunuz.

($\sin 53^\circ = 0{,}8$; $\cos 53^\circ = 0{,}6$ alınız.)

b) Kinetik sürtünme katsayısının 0,5; Y cisminin kütlesinin 6 kg olduğu durum için sistemin ivmesinin büyüklüğünün kaç N/kg olacağını hesaplayınız.

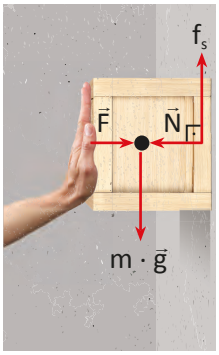
c) Kinetik sürtünme katsayısının 0,5; Y cisminin kütlesinin 2 kg olduğu durum için sistemin ivmesinin büyüklüğünün kaç N/kg olacağını hesaplayınız.

Örnek

Pürüzlü düşey duvara dayalı bir kutuya yatay doğrultuda ve yeterli büyüklükte bir kuvvet uygulanacak olursa kutu dengede kalabilir.

Serbest cisim diyagramı çizerek uygulanan kuvvetin cismin kaymasını nasıl önlediğini açıklayınız.

Cevap



Duvara yaslanmış hâldeki cismin aşağı kaymaması için öncelikle duvar ile cisim arasındaki sürtünme katsayısının yeterince yüksek olması gerekir. İkinci olarak da cisim üzerine düşey zemine dik bir kuvvet uygulanmalıdır. Bu iki şart sağlandığında kutuyu aşağı doğru çeken yer çekimi kuvveti, en büyük değeri normal kuvvet ile orantılı ve yer çekimi kuvveti ile zıt yönlü olan statik sürtünme kuvveti ile dengelenir. Bu durum matematiksel olarak

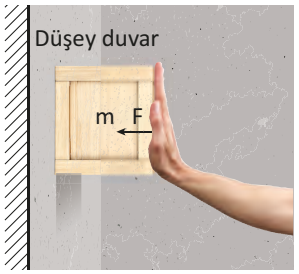
$m \cdot g = k_s \cdot N$

şeklinde modellenir. Eğer kutu duvara doğru yeterince bastırılmazsa yer çekimi kuvvetinin etkisiyle

$m \cdot g > k_s \cdot N$

olur ve cisim aşağı doğru kayar.

34. Alıştırma



Alper, 20 N ağırlığındaki cismi pürüzlü düşey duvara yatay doğrultuda F büyüklüğünde bir kuvvetle bastırıyor.

Cisim ile duvar arasındaki statik sürtünme katsayısı 0,4 olduğuna ve cisim hareket etmediğine göre Alper'in uyguladığı kuvvetin minimum değeri kaç N'dır?

Kontrol Noktası

SÜRTÜNME KUVVETİ

Sürtünme Kuvveti

Bir cisim üzerine etki eden ve cismin temasta olduğu ikinci bir cisim veya yüzeye göre kaymasını engelleyen veya hareketini yavaşlatan direnç kuvvetidir.

Matematiksel Model

Sürtünme kuvveti, matematiksel olarak

$\vec{f}_{sürtünme} = k \cdot \vec{N}$

şeklinde modellenir. Bu modelde k sürtünme katsayısını, $\vec{N}$ ise normal kuvveti temsil etmektedir.

Statik Sürtünme Kuvveti

Bir cisim ile yüzey arasında bağıl hareket olmadığı durumda cisme uygulanan sürtünme kuvvetidir.

Kinetik Sürtünme Kuvveti

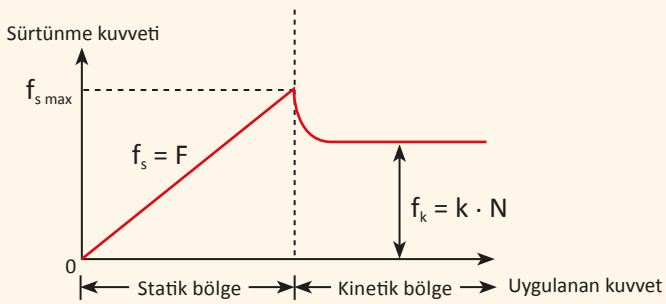
Cisim harekete başladıktan sonra cisim ile zemin arasında oluşan sürtünme kuvvetidir.

Statik Sürtünme Katsayısı

Bir cisim ile yüzey arasında bağıl hareket olmadığı durumda cisme uygulanan sürtünme kuvvetinin normal kuvvete oranıdır.

Kinetik Sürtünme Katsayısı

Cisim harekete başladıktan sonra oluşan sürtünme kuvvetinin normal kuvvete oranıdır.



1.5. LİMİT HIZ

Pilotlar, acil durumlarda uçaktan atlamaları gerekebileceği için güvenli iniş teknikleri ile ilgili eğitim alırlar. Pilot Joe Kittinger (Co Kittingır), 1960 yılında yaklaşık 30 km yükseklikten yaptığı atlayışta 988 km/h hıza ulaşmıştır.



Görsel 1.23: *Yeryüzünden yaklaşık 39 km yükseklikten atlayan astronot*

Havacılık ve uzay teknolojisindeki gelişmeler sayesinde daha yüksek irtifalardan atlayış gerçekleştirmek mümkün olmuştur. 14 Ekim 2012'de Felix Baumgartner (Filiks Bamgartnır), yeryüzünden yaklaşık 39 km yükseklikten atlamıştır (Görsel 1.23). Bu atlayış sırasında insanlı bir balonla çıkılabilecek en yüksek irtifaya ulaşmış, paraşütle atlama rekorunu kırmış ve serbest düşüşte 1357,6 km/h hıza ulaşarak serbest düşüşle ses hızını aşan ilk insan olmuştur. Baumgartner, serbest düşüşe başladıktan sonra 4 dk. 20 s boyunca paraşütünü açmadan ilerlemiş, ardından deniz seviyesine yaklaşık 2500 m kala paraşütünü açarak güvenli bir iniş gerçekleştirmiştir. Baumgartner'ın havada kalma süresi yaklaşık 9 dk. olmuştur.

Baumgartner'in hız rekoru, 24 Ekim 2014'te Alan Eustace (Elin Yustıs) tarafından kırılmıştır. Eustace, takribî 41 km yükseklikten yaptığı atlayışın hemen başında küçük bir denge paraşütü açarak yaklaşık 15 dk. havada kalmıştır.

8. Etkinlik Limit Hız

Amaç	Limit hızı etkileyen değişkenler ile ilgili bilimsel çıkarım yapabilme
Süre	35 + 35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, özdeş kâğıtlar, süreölçer
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında hazırlayacağınız bilgi görseli ve sunumunuz öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Profesyonel paraşütçülerin uçaktan atlama deneyimine yönelik videoyu karekoddan yararlanarak izleyiniz.
2. İzlediğiniz video üzerinden paraşütçülerin hareketleri ve hareketlerine etki eden değişkenleri tartışınız. Paraşütçülerin hareketleri ve hareketlerine etki eden değişkenlerle ilgili yorumlarınızı aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

3. Yapılacak bir gösteri deneyinde görev almak üzere öğretmeniniz tarafından iki kişi belirlenecektir.

4. Öğretmeniniz ve gönüllü arkadaşlarınız tarafından gerçekleştirilecek aşağıdaki gösteri deneyini takip ediniz.

Gösteri Deneyi

- Öğretmen; özdeş kâğıtlardan birini yatay, diğerini buruşturulmuş olmak üzere iki farklı şekilde aynı yükseklikten serbest bırakır.
- Önceden belirlenen iki öğrenci, süreölçer ile kâğıtların yere düşme sürelerini ölçer ve verileri toplar.
- Deney birkaç kere tekrar edilerek kâğıtların ortalama düşme sürelerine ait veriler belirlenir ve ortalama değerler sınıfla paylaşılır.



5. Yapılan gösteri deneyinden hareketle aşağıdaki soruları cevaplayınız.

- Deneyde eşit kütleli olmayan kâğıtlar kullanılsa kâğıtların zemine ulaşma süreleri ve düşey hızlarında nasıl bir değişim gözlemlenir?

.....

.....

.....

.....

- Deneyde biri düzgün, diğeri sıkıştırılmış özdeş iki metal levha su içinde aynı yükseklikten bırakılsa levhaların zemine ulaşma süreleri ve düşey hız büyüklüklerinde nasıl bir değişim gözlemlenir?

.....

.....

.....

.....

- Deney atmosferi ihmal edilebilecek kadar az olan ve yer çekimi ivmesinin büyüklüğü Dünya'nın yer çekimi ivmesinin büyüklüğünün yaklaşık 1/6'sı olan Ay'da yapılsa kâğıtların zemine ulaşma süreleri ve düşey hız büyüklüklerinde nasıl bir değişim gözlemlenir?

.....

.....

.....

.....

6. Gösteri deneyine göre özdeş kâğıtların havada kalma süreleri ve yere çarpma hızları arasındaki farklılıkların nedenlerini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. İzlediğiniz video ve gösteri deneyinden hareketle düşen cisimlerin havada kalma süreleri ve düşey hızları arasındaki farkın nedenlerini tartışınız. İddialarınızı ve destekleyicilerinizi paraşüt hareketini de kullanarak aşağıda verilen alanlara yazınız.

Limit Hız Kavramı

Düşme hareketini gözlemlediğiniz cisimlerin havada kalma sürelerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

Paraşüt kapalıyken paraşütçünün hareketini yorumlayınız.

.....

.....

.....



Paraşüt açıkken paraşütçünün hareketini yorumlayınız.

.....

.....

.....

Düşme hareketini gözlemlediğiniz cisimlerin düşey hızlarını karşılaştırınız.

.....

.....

İddialar ve Destekleyiciler	Karşıt İddialar ve Çürütücüler
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

8. Tartışmalardan hareketle aşağıdaki soruları cevaplayınız.

- Limit hız kavramını tanımlayınız.

.....

.....

.....

.....

- Limit hıza etki eden değişkenleri sürtünme kuvveti ile ilişkilendirerek açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

9. Karekoddan yararlanarak "Paraşütçü" isimli simülasyona ulaşınız.

10. Simülasyonda kütle, yer çekimi ivmesi, sürtünme katsayısı ve paraşütün yüzey alanı değişkenlerini ayarlayarak atlamayı başlat düğmesine tıklayınız.

11. Atlama esnasında "Paraşütü Aç/Kapa" düğmesine basarak paraşütü açıp kapatabilirsiniz.

12. Simülasyonda paraşütün yüzey alanı, akışkanın özellikleri gibi değişkenlerin büyüklüğünü değiştirerek limit hızın aldığı değerleri aşağıda verilen tabloya kaydediniz.

Kütle (kg)	Yer Çekimi İvmesi (m/s^2)	Sürtünme Katsayısı	Yüzey Alanı (m^2)	Limit Hız (m/s)

13. Yedinci adımda ortaya koyduğunuz iddialarınızı ve destekleyicilerinizi tekrar eden gözlemleriniz ve kaydettiğiniz verileri kullanarak gerekçelendiriniz.

.....

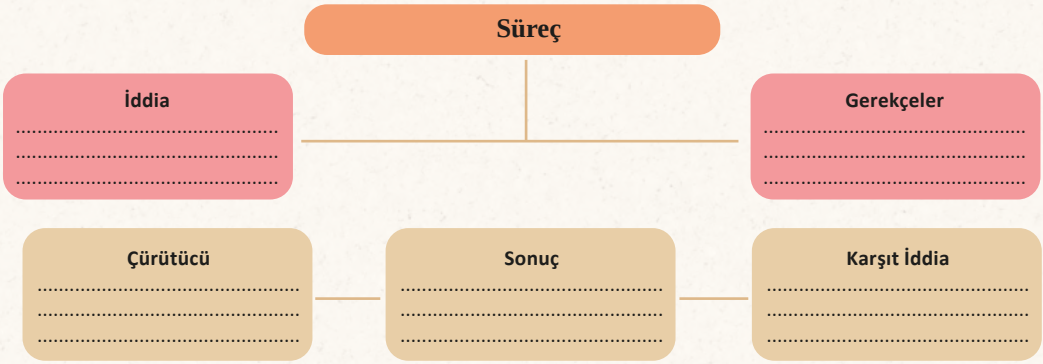
.....

.....

.....

.....

14. İddialarınızı, gerekçelerinizi, varsa arkadaşlarınızın karşıt iddialarına yönelik çürütücülerinizi aşağıda verilen uygun alanlara yazarak saygı çerçevesinde ifade ediniz.



15. Limit hız ve limit hızı etkileyen değişkenlerle ilgili değerlendirmenizi yazınız.

.....

.....

.....

.....

Değerlendirme

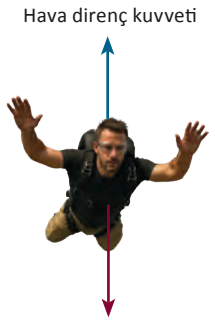
Limit hızı etkileyen değişkenler hakkında A4 kâğıdına bir bilgi görseli hazırlayarak sınıf arkadaşlarınıza sununuz. Hazırlayacağınız bilgi görseli, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.



Görsel 1.24: *Paraşütçünün atlama anı*



Görsel 1.25: *Paraşütçünün hızlanma anı*



Görsel 1.26: *Paraşütçünün limit hıza ulaşma anı*

Bir akışkan içinde hareket eden cisme cismin hareketinin tersi yönde akışkan tarafından uygulanan kuvvete **direnç kuvveti ($\vec{F}_d$)** veya **sürüklenme kuvveti** denir. Havadaki bir uçaktan yere göre serbest düşme hareketine başlayan bir paraşütçünün düşey doğrultudaki ilk hızı sıfır olduğu için (Görsel 1.24) atlayışın başlangıcında paraşütçüye düşey yönde etki eden hava direnci de sıfırdır. Böylece paraşütçü, yer çekimi kuvvetinin etkisiyle hızlanmaya başlar.

Paraşütçünün sürati arttıkça harekete zıt yöndeki hava direnç kuvveti büyür. Bu durum, net kuvveti ve dolayısıyla paraşütçünün ivmesinin büyüklüğünü azaltır. İvmelenme, paraşütçünün sürati belirli bir değere ulaşana kadar devam eder (Görsel1.25).

Hava direnç kuvveti yer çekimi kuvvetine eşit büyüklüğe ulaşınca net kuvvet değeri sıfır olur. Bu andan itibaren ivme de sıfır olur ve paraşütçü (Görsel 1.26) sabit bir hızla düşmeye başlar. Paraşütçünün hareket ettiği bu hız büyüklüğüne **limit hız** denir.

Direnç kuvvetinin ($\vec{F}_d$) bağlı olduğu değişkenler ve açıklamaları Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.2: *Direnç Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler*

Değişken	Açıklama
Sürtünme katsayısı (k)	Cisim ile içinde hareket ettiği akışkan arasındaki sürtünmeyi ifade eden boyutsuz bir katsayı
Kesit alanı (A)	Cismin, hareket doğrultusuna dik olan en büyük kesit alanı
Hız büyüklüğü (ϑ)	Cismin akışkana göre hız büyüklüğü

Direnç kuvvetinin büyüklüğü aşağıdaki matematiksel model ile ifade edilir:

$$F_d = k \cdot A \cdot \vartheta^2$$

Paraşütçünün limit hıza ulaşma anında direnç kuvveti ve ağırlığı eşit büyüklükte olacağından $m \cdot g = k \cdot A \cdot \vartheta^2$ ifadesinden yola çıkılarak limit hız büyüklüğünün matematiksel modeli olan $\vartheta = \sqrt{\frac{m \cdot g}{k \cdot A}}$ elde edilir.

Limit hız; yağmur ve dolu damlalarının çok yüksek hızlarla yere ulaşmaması, böceklerin yüksekten düşerken zarar görmemesi, paraşütçülerin güvenle yere inebilmesi, kar tanelerinin usulca yağması, karahindiba tohumlarının havada süzülerek uzaklara taşınabilmesi gibi durumların başlıca nedenidir.

Örnek

Anka-1, Türk Uzay Ajansı (TUA) tarafından Mars yüzeyinden atmosferik ve jeolojik veriler toplaması için tasarlanan insansız keşif sondasıdır. Sondanın güvenli bir şekilde yüzeye inebilmesi için bir paraşüt sistemi tasarlanmıştır. Mühendisler, bu paraşüt sistemini önce Dünya'da test etmeyi ve eğer test başarılı olursa hiçbir fiziksel değişiklik yapmadan Dünya'nın atmosferinin yaklaşık %1'i oranında atmosfere sahip olan Mars gezegeninde yapılacak görevde kullanmayı planlamaktadır. Mars'ın yer çekimi Dünya'nınkinden oldukça zayıftır.

Buna göre

a) Sadece yer çekimi düşünüldüğünde Mars'a düşen bir cismin daha az hızlanması beklenirken uzay görevlerinde Mars'a paraşütle güvenli bir iniş yapmak, Dünya'ya inmekten çok daha zor ve tehlikeli kabul edilir.

Bu çelişkili gibi görünen durumu limit hız kavramı ve onu etkileyen değişkenler (g, k) üzerinden yorumlayınız.

b) Dünya'daki test sırasında paraşüt başarıyla açılmış, hava sürtünmesi sondanın ağırlığını dengelemiş ve Anka-1 limit hıza ulaşarak yere zarar görmeyeceği güvenli bir hızla inmiştir.

Aynı sonda ve paraşüt sistemi Mars atmosferinde kullanıldığında sondanın ulaşacağı limit hız büyüklüğünün Dünya'dakine kıyasla nasıl değişeceğini gerekçeleri ile açıklayınız.

($g_{Dünya}$ = 10 m/s^2, g_{Mars} = 3,7 m/s^2 alınız.)

c) Venüs, Dünya ve Mars gezegenlerinin yaklaşık çekim ivmeleri ve Dünya'nın atmosferinin sürtünme katsayısı "k_0" cinsinden değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Gezegen	Gezegenin Yaklaşık Çekim İvmesi (m/s^2)	Sürtünme Katsayısı
Venüs	9	100 k_0
Dünya	10	k_0
Mars	4	0,01 k_0

Buna göre yeterli yükseklikten gezegenlere bırakılan Anka-1 sondasının limit hız büyüklüklerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

Cevap

a) Mars'ın zayıf yer çekimi, sondanın inişi açısından birtakım avantajlar sağlasa da direnç kuvvetinin yetersiz kalması dezavantaj oluşturmaktadır. Sondanın ağırlığının dengelenebilmesi için yüksek büyüklükte hızlara ulaşması gerekmektedir. Bu bakımdan Mars'a gerçekleştirilecek iniş, Dünya'ya göre çok daha zordur ve sondanın yüzeye çarpma anındaki limit hızı daha büyük olur.

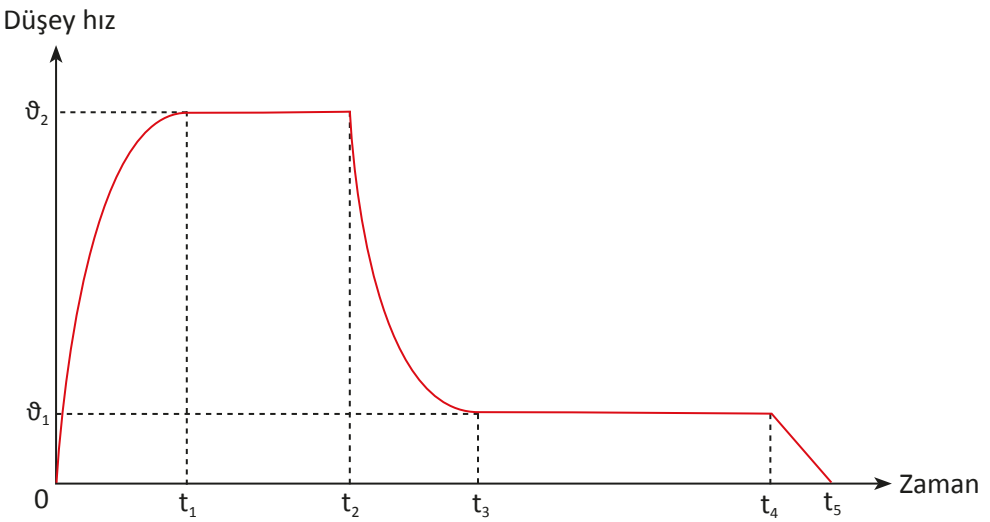
b) Anka-1 sondasının Mars'taki limit hızı, Dünya'dakine göre çok daha büyük olacaktır. Her iki gezegende de aynı donanım kullanıldığından sistemin kütlesi ve kesit alanı sabittir. Mars'ın çok ince atmosferinde sürtünme katsayısı değerinin çok küçük olması nedeniyle paraşütün yeterli hava direncini üretebilmesi ancak sondanın çok daha yüksek hızlara çıkmasıyla mümkündür. Bu nedenle Mars görevindeki sonda yüzeye güvenli hızın üstünde bir değerde inebilir.

c) Limit hızın matematiksel modeli olan

$\vartheta = \sqrt{\frac{m \cdot g}{k \cdot A}}$ ifadesinde kütle ve yüzey alanı sabit olduğundan limit hız $\sqrt{\frac{g}{k}}$ ile doğru orantılıdır. Tablodaki veriler göz önüne alındığında limit hız büyüklüklerinin büyükten küçüğe doğru sıralaması $\vartheta_M > \vartheta_D > \vartheta_V$ şeklinde olacaktır.

35. Alıştırma

Hava ortamında ortalama bir yükseklikten atlayan bir paraşütçünün yere inene kadarki süreçte düşey hızındaki değişimin zamana bağlı grafiği aşağıda verilmiştir. Grafikte paraşütçünün düşüş hareketi boyunca yer çekimi ivmesinin sabit olduğu kabul edilmiştir.



Buna göre

I. 0-t_1 zaman aralığında paraşütçüye etki eden sürtünme kuvvetinin büyüklüğü artmıştır.

II. Paraşütçü t_2 ve t_4 anlarında limit hıza ulaşmıştır.

III. t_1-t_2 zaman aralığında hava direnç kuvvetinin büyüklüğü sıfırdır.

IV. t_2 anında paraşütçünün hızının büyüklüğünün azalmaya başlamasının sebebi paraşütü açmasıdır.

V. t_2-t_3 zaman aralığında paraşüt ve paraşütçüye etki eden hava direnç kuvvetinin büyüklüğü paraşütçünün ağırlığından fazladır.

VI. t_1-t_2 aralığında paraşüt ve paraşütçüye etki eden toplam hava direnç kuvvetinin büyüklüğü t_3-t_4 aralığındakine eşittir.

yargılarından hangilerine ulaşılabilir? Gerekçeleriyle açıklayınız.

(Paraşütün ağırlığını ihmal ediniz.)

36. Alıştırma



Bir lojistik şirketi, kargo paketlerinin insansız hava araçlarıyla otonom olarak teslim edildiği yenilikçi bir sistem geliştiriyor. Herhangi bir arıza durumunda taşınan paketin güvenli bir şekilde yeryüzüne indirilmesi için her pakete otomatik olarak açılan bir paraşüt ekliyor.

Şirket, kütleleri ve boyutları farklı olan iki temel paket türünü taşıyor. Bu paketlerin özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Türü	Boyut	Kütlesi	Hareket Yönüne Dik Kesit Alanı
A	Büyük boyutlu	28,6 kg	0,02 m^2
B	Küçük boyutlu	0,12 kg	0,1 m^2

Her iki paket için de kullanılan paraşütün kütlesi 0,2 kg ve açıldığında oluşturduğu kesit alanı 0,8 m^2 dir. Şirketin güvenlik protokolüne göre paraşüt açıldıktan sonra paketin yere güvenli şekilde çarpma hız büyüklüğü B paketinin güvenli hız büyüklüğünün en fazla 5 katı olmalıdır.

Buna göre

a) Paraşütsüz şekilde serbest düşmeye bırakılan A ve B paketlerinden hangisinin limit hızının daha büyük olacağını açıklayınız.

b) Arıza durumunda şirketin kullandığı paraşüt, aynı ortamdaki A paketi için de güvenlik protokolünü karşılar mı? Nedenleriyle açıklayınız.

c) Yaptığınız değerlendirme sonucunda paketlerin güvenli bir şekilde yeryüzüne inmesini hedefleyen sistemde ne gibi sorunlar tespit ettiniz? Tespit ettiğiniz sorunları çözmek için şirkete mühendislik bakımından uygulanabilir ve yenilikçi çözüm önerilerinde bulununuz.

37. Alıştırma

Meteoroloji mühendisliği bölümü öğrencisi Aysun, farklı yağış türlerinin özelliklerini konu alan bir ödev hazırlıyor. Yaptığı araştırma sonucunda yağmur damlası ve dolu tanesiyle ilgili aşağıdaki karşılaştırma tablosunu oluşturuyor.

Özellik	Yağmur Damlası	Dolu Tanesi
Oluşum süreci	Su damlacıklarının birleşmesi ile oluşur.	Donmuş su damlalarının katmanlar hâlinde büyümesi ile oluşur.
Yaklaşık yoğunluk	1,0 g/cm³	0,9 g/cm³
Yaklaşık çap	5 mm	5 mm
Yaklaşık limit hız	9 m/s	45 m/s

Buna göre

a) Küresel kabul edilen aynı yarıçapa sahip yağmur damlası ile dolu tanesinin kütlelerini hesaplayınız. ($\pi = 3$ alınız.)

b) Bulduğunuz kütle değerleri ile tablodaki limit hız değerlerini göz önünde bulundurarak kütlesi az olan parçacığın limit hızının neden daha büyük değerlere ulaşabildiğini gerekçeleriyle açıklayınız.

Kontrol Noktası

LİMİT HIZ

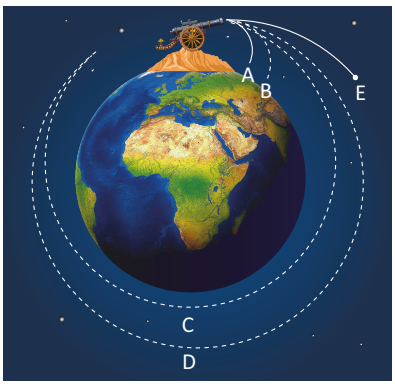
- Limit hıza ulaşan cisme etki eden hava direnç kuvvetinin büyüklüğü ile cismin ağırlığının büyüklüğü birbirine eşit olur.
- Limit hıza ulaşan cisme etki eden net kuvvet sıfır olduğu için cisim, o andan itibaren sabit hızla düşme hareketi yapar.
- Limit hızın büyüklüğü; ortamın sürtünme katsayısına, cismin ağırlığına ve cismin hareketine dik en büyük kesit alanına bağlıdır.

1.6. DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

Günlük hayatta birçok hareketin doğrusal bir yörünge üzerinde gerçekleşmediği görülür. Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketi, dönen bir yel değirmeninin kanatlarının hareketi, virajı alan bir otomobilin tekerleklerinin hareketi bu duruma örnek gösterilebilir. Bu hareketlerin ortak noktası, hepsinin belirli bir merkez etrafında gerçekleşiyor olmasıdır.

1.6.1. Düzgün Çembersel Harekette Yörünge ve Hız Kavramları

"Newton'ın Topu" düşünce deneyi, Isaac Newton tarafından gök cisimlerinin yörünge hareketlerini açıklamak amacıyla ortaya konmuştur. Bu deneyde atmosferin bulunmadığı varsayılan bir ortamda çok yüksek bir dağın tepesine bir top yerleştirilir ve toptan farklı yatay hızlarla fırlatılan güllenin izlediği yörüngeler incelenir (Görsel 1.27).



Görsel 1.27: *"Newton'ın Topu" düşünce deneyinde güllenin izleyebileceği yollar*

Düşük hızlarla fırlatılan gülle, yer çekimi etkisiyle kısa bir mesafe katettikten sonra Dünya yüzeyinde A noktasına düşer. Fırlatma hızı artırıldıkça gülle daha uzun mesafe kateder ve B noktasına düşer. Belirli bir yörünge hızı değerine ulaşıldığında güllenin düşme eğilimi ile Dünya yüzeyinin eğriliği birbirini dengeler. Bu durumda gülle, yere hiç düşmez ve Dünya çevresinde dairesel bir yörünge (C) izler. Eğer fırlatma hızı, yörünge hızından büyük fakat kaçış hızından küçükse gülle, bu kez Dünya etrafında eliptik bir yörüngede (D) hareket eder. Fırlatma hızının kaçış hızını aşması durumunda ise gülle, Dünya'nın kütle çekiminden tamamen kurtularak uzay boşluğuna doğru yol alır (E).

Bu düşünce deneyi, yalnızca gök cisimlerinin hareketini açıklamakla kalmaz. Haberleşme, GPS [global positioning system (globıl pozişıning sisstem) küresel konumlama sistemi] ve meteoroloji uyduları; Newton'ın ortaya koyduğu bu ilkelere göre belirli hızlarla fırlatılmakta ve uygun yörüngelere yerleştirilmektedir.

9. Etkinlik **Düzgün Çembersel Hareket**

Amaç	Düzgün çembersel hareket yapan cisimlerin yörüngeleri ve hız vektörleri hakkında analojik akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

1. Yandaki karekoddan yararlanarak videoya ulaşınız.
2. Videoda yer alan cisimlerin hareketini dikkatlice inceleyiniz.
3. Videoda incelediğiniz hareketlilerle ilgili soruları cevaplayınız.

a) Dünya etrafında dolanan Türksat vb. yapay uyduların yörüngeleri, yörünge merkezleri, hızlarının büyüklüğü ve yönü hakkındaki görüşlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

.....

b) Lunaparklardaki eğlence araçlarından olan dönme dolabın hareket hâlindeki kabininin yörüngesi, yörünge merkezi, hızının büyüklüğü ve yönü hakkındaki görüşlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

.....

4. Sorulara verdiğiniz cevaplardan hareketle aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Nesne veya Sistem	Yörünge Tipi	Merkez Noktası	Hızın Büyüklüğü	Hızın Yönü
Sıvıları ayırmak için kullanılan santrifüj cihazında dönen tüpün uç noktası				
Bir pikapta dönen plağın uç noktası				
Çocuk parkında dönen platformun uç noktası				
Hareket hâlindeki helikopterin pervanelerinin uç noktası				
Hareketli rüzgâr türbininin kanatlarının uç noktası				

5. Edindiğiniz bilgiler ışığında çembersel hareket yapan farklı cisimlerin hareketlerinin özelliklerini yazınız.

.....

.....

.....

.....

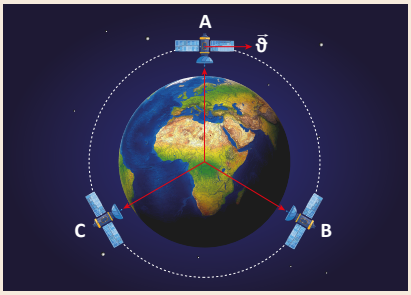
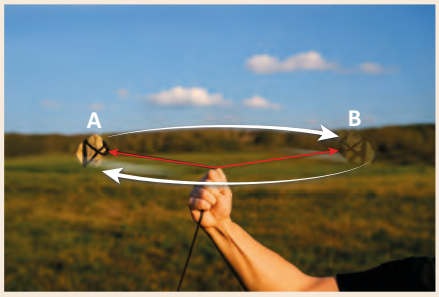
.....

6. Aşağıda büyüklüklerle ilgili verilen bilgiden ve önceki öğrenmelerinizden yararlanarak boş bırakılan alanlara vektörlerin temel özelliklerinden büyüklük, yön, doğrultu ve bitiş noktası kavramlarını yazınız.

Fizikte nicelikler, skaler ve vektörel olmak üzere ikiye ayrılır. Skaler nicelikler bir sayı ve birim ile ifade edilir. Vektörel niceliklerde ise sayı ve birimin yanında yönün de belirtilmesi gerekir. Çembersel hareketin bileşenlerinden bazıları vektöreldir.



7. Aşağıda düzgün çembersel hareket yapan farklı sistemlerdeki cisimlerin veya noktaların farklı konumlardaki yarıçap vektörleri verilmiştir. Türksat uydusunun A konumundaki hız vektöründen yararlanarak verilen tüm yarıçap vektörleri için cisim veya noktaların hız vektörlerini şekil üzerine çiziniz.

Dünya Etrafında Dolanan Türksat Uydusu	Merkezi O Noktası Etrafında Dönen Dönme Dolap Kabinleri
	
Dönen Rüzgâr Türbini Kanatlarının Ucundaki Noktalar	**İpe Bağlanıp Döndürülen Taş**
	

8. Düzgün çembersel hareket yapan cisimlerin hareketlerindeki benzerliklerden yola çıkarak hız vektörü ve yarıçap vektörünün yönleriyle ilgili çıkarımlarınızı yazınız.

.....

.....

Değerlendirme

Aşağıda düzgün çembersel hareket yapan cisimlerle ilgili açık uçlu maddelerden oluşan bir "Çalışma Yaprağı" verilmiştir. Bu "Çalışma Yaprağı"ndaki soruları etkinlik sırasında yapmış olduğunuz çıkarımlardan yararlanarak cevaplayınız.

Çalışma Yaprağı

1. Düzgün çembersel hareketin tanımını kendi cümlelerinizle yazınız ve günlük hayattan düzgün çembersel hareket yapan cisimlere bir örnek veriniz.

.....

.....

2. Düzgün çembersel hareket yapan cisim için verilen tabloyu uygun ifadelerle doldurunuz.

Bileşen	Tanım	Büyüklük	Yön	Özellikler
Yörünge				
Yörünge merkezi				
Yarıçap vektörü				
Hız vektörü				

3. Analog bir saatin akrep ve yelkovan göstergelerinin uçlarındaki noktaların yarıçap ve hız vektörlerini çizerek vektörlerin büyüklükleri arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

.....

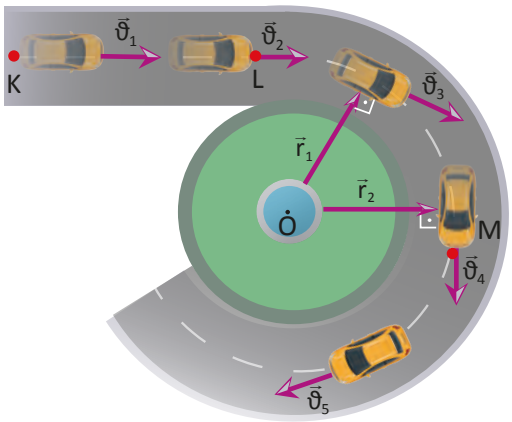
.....

.....

.....

.....





Görsel 1.28: *Döner kavşaktaki aracın farklı noktalardaki hız ve yarıçap vektörleri*



Görsel 1.29: *Sabit süratle ilerleyen bir aracın tekerleği*

Görsel 1.28'deki araç, yol üzerindeki kesikli çizgileri takip ederek K noktasından L noktasına ilerlediğinde öteleme hareketi yapmış olur. L noktasından itibaren döner kavşağa girip, yol üzerindeki kesikli çizgileri takip ederek M noktasına ilerlediğinde O noktası merkez olacak şekilde çembersel yörüngede hareket etmiş olur. Sabit bir nokta veya eksen etrafında çember şeklindeki yörünge üzerinde yapılan harekete **çembersel hareket** denir. Çembersel hareket, günlük hayatta sıkça karşılaşılan bir hareket türüdür. Lunaparktaki dönme dolabın kabinlerinin, araba jantındaki reflektörün (Görsel 1.29), saatin akrebi veya yelkovanının uçlarının yaptığı hareket çembersel harekete örnek verilebilir.

Çembersel hareket, düzgün çembersel hareket ve düzgün olmayan çembersel hareket olarak ikiye ayrılır.

Araç kavşağa girdiği andan itibaren çembersel hareketine eşit zaman aralıklarında eşit yol alarak devam ederse bu harekete **düzgün çembersel hareket** adı verilir. Eğer araç eşit zaman aralıklarında farklı uzunlukta yollar alıyor ise yaptığı harekete **düzgün olmayan çembersel hareket** denir.

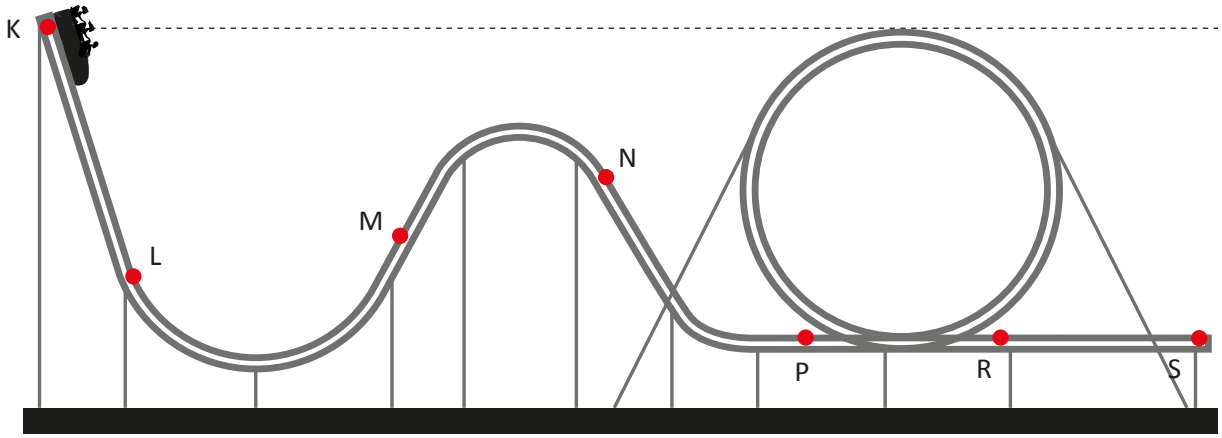
Düzgün çembersel hareket yapan cisimlerin süratleri sabittir. Çembersel hareket yapan cisimlerin hız vektörlerinin yönü hareket boyunca değiştiği için düzgün ya da düzgün olmayan çembersel hareket yapan cisimlerin hızı değişir.

Çembersel harekete başlayan aracın herhangi bir andaki konum vektörü, merkezden aracın olduğu noktaya çizilen vektördür ve **yarıçap vektörü ($\vec{r}$)** olarak da tanımlanır.

Görsel 1.28'de görülen ve kavşağa girmeden önce öteleme hareketi yapan aracın hız vektörü, hareket ettiği doğrusal yörüngeye teğettir. Araç kavşağa girip çembersel harekete başladığı anda aracın yörüngesi çember şeklinde olacağından hız vektörünün çembersel yörüngeye teğet olarak çizilmesi gerekir. Bu nedenle hız vektörü ($\vec{\vartheta}$), yarıçap vektörüne dik olacak şekilde hareket yönündedir. Görsel 1.28'de kavşakta dönen aracın iki farklı konumda yarıçap vektörleri ve yarıçap vektörlerine dik olan hız vektörleri gösterilmiştir.

Örnek

Lunaparka ailesiyle giden Elif, hız treninin hareket yörüngesinin bazı anlarda çembersel harekete benzediğini fark ediyor. Aşağıdaki şekilde tüm sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda hız treninin rayları ve K noktasından harekete başlayan tren gösterilmiştir. Tren, P noktasına geldikten sonra yukarı tırmanıp en üst noktaya ulaşıyor. Daha sonra aşağı inerek yatay doğrultuya geliyor ve R noktasından geçip S'ye varıyor.



Buna göre trenin

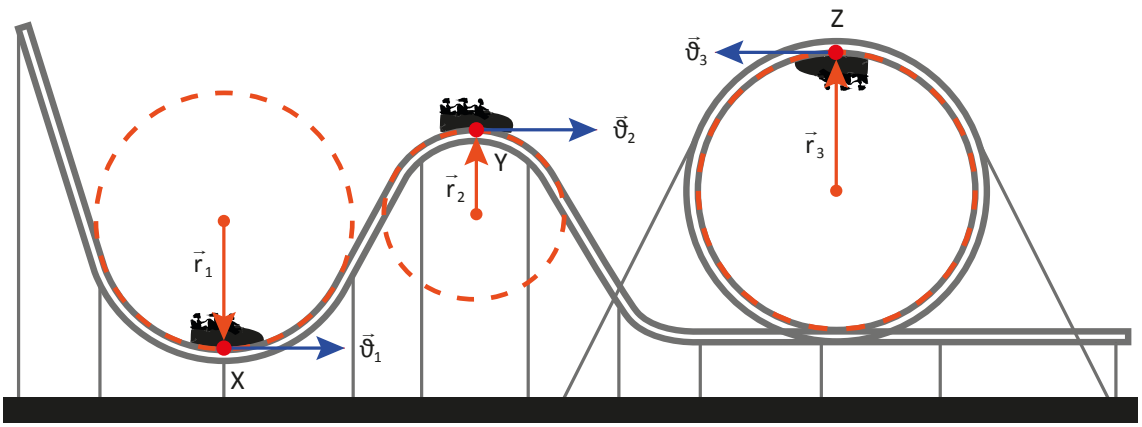
a) Şekilde verilen hangi noktalar arasında çembersel hareket yaptığını bulunuz.

b) Çembersel hareket yaptığı her aralık için bir nokta belirleyiniz. Trenin belirlediğiniz bu noktalardaki yarıçap ve hız vektörlerini çiziniz.

Cevap

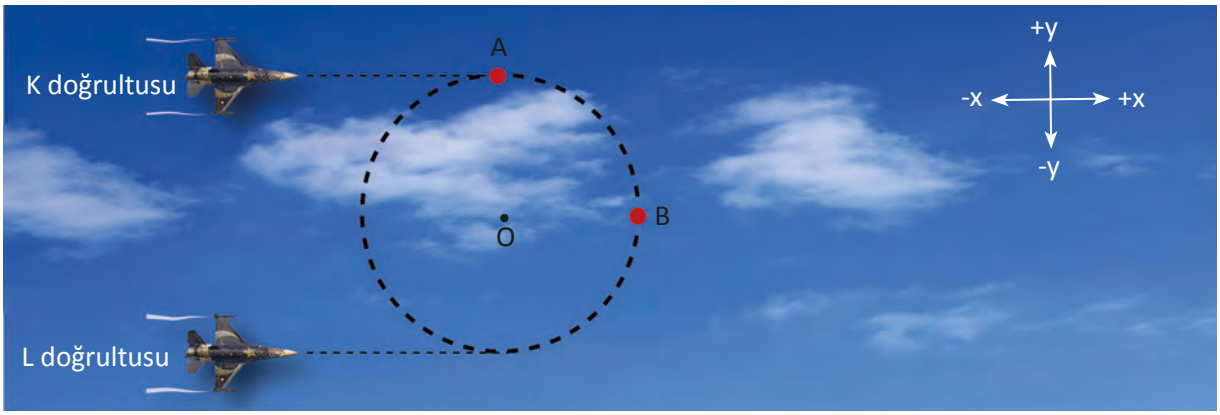
a) Tren L-M, M-N aralığı boyunca; P-R aralığında ise dönme hareketini tamamlayana kadar çembersel hareket yapar.

b) Trenin çembersel hareket yaptığı aralıklarda aşağıdaki gibi seçilen X, Y ve Z noktaları için çembersel hareketin yörüngeleri kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Her bir nokta için kırmızı renkle çizilen vektör o nokta için yarıçap vektörü, mavi renkle çizilen vektör ise hız vektörüdür.



38. Alıştırma

29 Ekim 2023'te Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşunun 100. yılında, 15 Temmuz Şehitler Köprüsü yakınında gerçekleştirilen Türk Yıldızları gösterisini izlemek için birçok insan sahil şeridini hıncahınç doldurmuştur. Bu unutulmaz gösteri sırasında SOLOTÜRK pilotunun çembersel hareket yaptığı an aşağıdaki şekilde modellenmiştir.



Buna göre

a) K doğrultusundan gelerek gerçekleştirdiği çembersel hareket için uçağın A ve B noktalarındaki yarıçap ve hız vektörlerini çiziniz. Şekilde verilen kartezyen koordinat sisteminde uçağın hangi yönde olduğunu belirtiniz.

b) L doğrultusundan gelerek gerçekleştirdiği çembersel hareket için uçağın A noktasındaki yarıçap ve hız vektörünü çiziniz. Şekilde verilen kartezyen koordinat sisteminde uçağın hangi yönde olduğunu belirtiniz.

c) L doğrultusundan gelerek gerçekleştirdiği çembersel hareket için uçağın B noktasındaki yarıçap ve hız vektörünü çiziniz. Şekilde verilen kartezyen koordinat sisteminde uçağın hangi yönde olduğunu belirtiniz.

1.6.2. Düzgün Çembersel Hareketin Değişkenleri

Bir traktörün (Görsel 1.30) arka tekerlekleri ön tekerleklerinden çok daha büyüktür. Traktör, ağır yükleri çekerken ve çamurlu, engebeli arazilerde ilerlerken arka tekerlekleri sayesinde rahatça yol alabilir. Traktörün arka tekerlekleri, geniş yüzey alanları sayesinde toprağa uygulanan basıncı azaltır ve traktörün batmasını engeller. Bunun yanı sıra traktör hareket hâlindeyken ya da viraj alırken ön ve arka tekerlekler farklı sayılarda dönerek aynı yolu alır. Traktörlerde dönme sayılarındaki farkı dengelemek için diferansiyel sistemi kullanılır.



Görsel 1.30: *Tarlada bulunan traktör*

10. Etkinlik Düzgün Çembersel Hareketin Değişkenleri

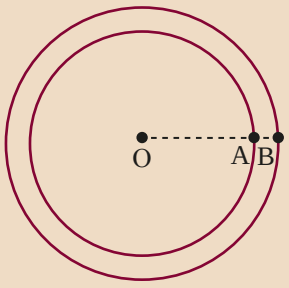
Amaç	Düzgün çembersel hareketin değişkenleri arasındaki ilişkilerin matematiksel olarak modellenmesine ilişkin tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, farklı uzunlukta iki ip
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra hazırlayacağınız kavram haritası öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Öğretmeninizin rehberliğinde en az dörder kişilik gruplar oluşturunuz.
2. Yandaki karekoddan yararlanarak düzgün çembersel hareketle ilgili temel kavramları içeren animasyonu izleyiniz.
3. Aşağıdaki kutularda düzgün çembersel hareketin temel değişkenleri verilmiştir. Grup olarak bu değişkenlerden en az ikisini seçiniz.

çizgisel hız	**açısal hız**	**çizgisel sürat**	**merkezcil ivme**	**açısal ivme**	**merkezcil kuvvet**

4. Aşağıda verilen örnek drama senaryosunu inceleyiniz.

Sınıfın zeminine eş merkezli, farklı yarıçaplı iki çember çizilir ve öğrencilerden biri çemberin merkezinde (O) kımıldamadan durur. Daha sonra eş merkezli çemberlerin aynı hizasındaki noktalara iki öğrenci yerleşir. Merkezdeki öğrencinin beline serbestçe hareket edebilecek şekilde, tercihen ucunda kuvvetölçerler bulunan iki farklı uzunlukta ip bağlanır ve iplerin diğer uçları çemberlerin üzerindeki öğrenciler tarafından tutulur. Öğretmenin komutuyla merkezdeki öğrenci kendi etrafında sabit bir tempoda dönmeye başlar, diğer öğrenciler de ipleri gergin tutarak onunla aynı sürede tam tur atacak şekilde (eşit açısal hızla) dönerler. Bu ilk turda farklı yarıçaplarda dönen öğrenciler, savrulmamak için iplere uyguladıkları çekme kuvvetini hisseder ve içteki ile dıştaki ipin gerginliğini birbiriyle kıyaslarlar. İkinci turda ise merkezdeki öğrenci, öğretmenin düdüğüyle dönüş temposunu (açısal ivme yaratarak) sürekli olarak artırır. Bu süreçte öğrenciler, artan süratleri nedeniyle yörüngeden çıkmamak için iplere çok daha güçlü asılmak zorunda kalır ve dönüş sürati arttıkça kendi iplerindeki gerginlikte meydana gelen gerilme artışını bizzat deneyimlerler.



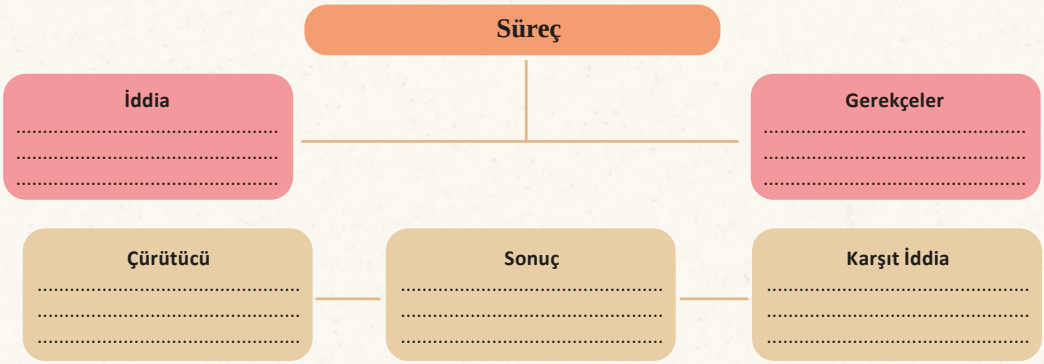
5. Grup arkadaşlarınızla örnek senaryoyu göz önünde bulundurarak düzgün çembersel hareketin temel değişkenlerinden en az ikisinin karşılıklı etkileşimini gösteren bir senaryo oluşturunuz. Oluşturduğunuz senaryoyu defterinize yazınız.

6. Senaryodaki düzgün çembersel hareket değişkenlerini doğru aktarabilmek için gruptaki arkadaşlarınızla tartışarak görüş birliğine varınız.

7. Grup olarak hazırladığınız senaryoyu canlandırmadan önce değişkenlerin tamamının senaryolarda yer aldığından emin olmak için öğretmeninizle paylaşınız.

8. Hazırladığınız senaryoyu sınıf ortamında canlandırınız.

9. Canlandırma etkinlikleri sonrasında düzgün çembersel hareketin temel değişkenleri ve değişkenler arasındaki ilişkiye yönelik iddialarınızı, gerekçelerinizi ve varsa arkadaşlarınızın karşıt iddialarını çürütmeye yönelik savlarınızı saygı çerçevesinde ifade ederek tartışınız ve aşağıdaki alana yazınız.



10. Tartışma sonrasında değişkenler arasında keşfettiğiniz ilişkileri matematiksel olarak modelleyiniz ve modellemenizi aşağıdaki alana yazınız.

11. Elde ettiğiniz matematiksel modelleri kullanarak aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

a) Sürtünmesi ihmal edilen yatay bir masada ipe bağlı bir cisim düzgün çembersel hareket yapmaktadır. Cisim dönerken ipin boyu sabit tutulursa ve cismin bir saniyedeki tur sayısı artırılırsa ipte oluşan gerilme kuvvetinin bu durumdan nasıl etkileneceğini nedenleriyle yazınız.

b) Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda esnek olmayan bir ipe bağlı kova, içindeki su dökülmeden düşey düzlemde çembersel bir yörüngede döndürülmektedir. Kova en alt noktadan tepe noktasına doğru hareket ederken ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğünde nasıl bir değişim gözlemleneceğini yazınız.

c) Aynı zemin özelliklerine sahip yatay bir viraja kütlesi çok büyük olan yüklü bir kamyon ile kütlesi küçük olan bir otomobil giriyor. Araçların savrulmadan virajı dönebilmeleri için aşmamaları gereken güvenli sürat sınırının araçların kütlesine bağlı olup olmadığını nedenleriyle açıklayınız.

ç) Otoyol tasarımı yapan bir mühendis ekibi, kaza riskini azaltmak amacıyla var olan eğimli bir virajın eğim açısını bir miktar artırmaya karar veriyor. Bu tasarım değişikliğinin viraja giren araçların güvenle dönebilecekleri ideal sürat değerini nasıl etkileyeceğini elde ettiğiniz matematiksel modeli kullanarak açıklayınız.

.....

.....

.....

12. On birinci adımda verilen farklı tür düzgün çembersel hareket problemlerinin çözümünde kullandığınız değişkenler arasındaki ilişkilere yönelik matematiksel modelleri genelleyerek aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

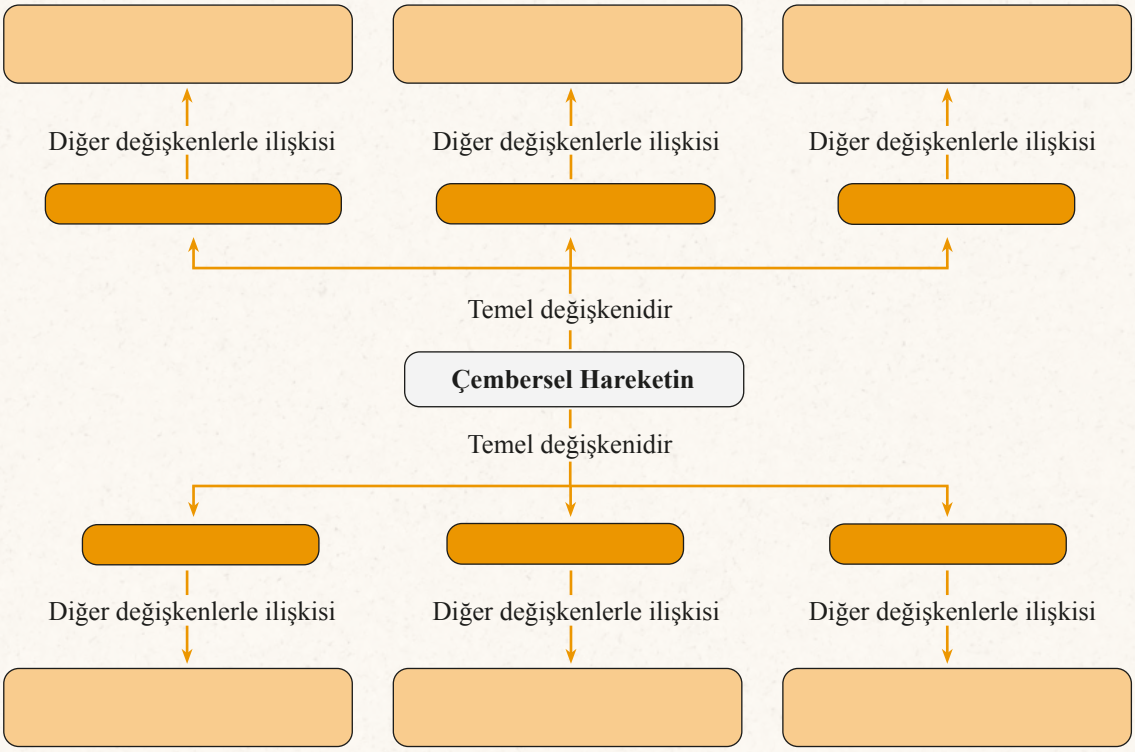
.....

.....

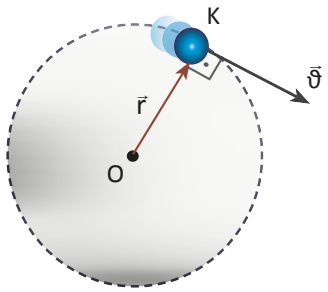
.....

Değerlendirme

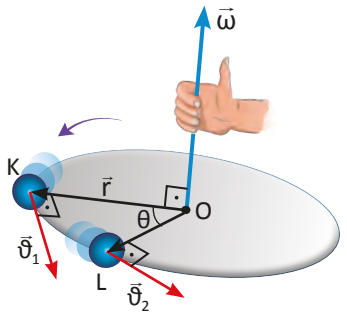
Aşağıda örneği verilen kavram haritasını inceleyerek verilen kavramlar ile ilgili edindiğiniz bilgiler ışığında özgün bir kavram haritası oluşturunuz.



Hazırladığınız kavram haritası, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.



Şekil 1.4: *Düzgün çembersel hareket yapan cisim*



Şekil 1.5: *Düzgün çembersel hareket yapan cismin taradığı açı*

Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin tam bir tur atması için geçen süreye ***periyot*** *(T), bir saniyede attığı tur sayısına* ***frekans*** *(f) denir. Periyot ile frekans arasında $T \cdot f = 1$ ilişkisi vardır.*

Çizgisel Sürat ve Çizgisel Hız

Çembersel hareket yapan bir cismin yörüngesi üzerinde birim zamanda katettiği yay uzunluğuna **çizgisel sürat** (ϑ) denir. Bu cismin yörüngesi üzerinde herhangi bir anda yörüngesine teğet olan hızına ise **çizgisel hız** ($\vec{\vartheta}$) denir. Cismin çizdiği çembersel yörüngeden dolayı çizgisel hızın yönü sürekli değişir. Şekil 1.4'te K noktasından düzgün çembersel harekete başlayan cisim bir tam devir yapıp tekrar K noktasına geldiğinde cismin aldığı yol, yarıçapı r olan çemberin çevresi $2\pi r$ kadar olur. Çizgisel sürat çizgisel hızın büyüklüğüdür. Çizgisel hız şu matematiksel modelle ifade edilir:

$$\vec{\vartheta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} \quad \text{veya} \quad \vec{\vartheta} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot f$$

Açısal Hız

Çembersel hareket yapan cisimler hem yörünge üzerinde çizgisel bir yol alır hem de hareketleri boyunca belirli bir açıyı tarar. Şekil 1.5'teki düzgün çembersel hareket yapan cisim K noktasından L noktasına Δt zaman aralığında geldiğinde yarıçap vektörü θ kadar açı tarar. Düzgün çembersel hareket yapan cismin yarıçap vektörünün birim zamanda taradığı açının radyan cinsinden değerine **açısal hız** denir. Açısal hızın sembolü "$\vec{\omega}$", birimi "radyan/saniye"dir (rad/s). Vektörel bir büyüklük olan açısal hızın yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ elin dört parmağı dönüş yönüne doğru kıvrıldığında başparmağın yönü açısal hızın yönünü gösterir. Şekil 1.5'teki cisim x-y düzleminde dönmekte iken dört parmak dönüş yönü olan saat yönünün tersini gösterecek şekilde kıvrıldığında başparmak x-y düzlemine dik ve +z yönünü gösterir. Bu cisim için açısal hızın yönü +z yönündedir.

Açısal hızın büyüklüğü,

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad \text{ya da} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

şeklinde matematiksel olarak modellenir. Çizgisel hız ve açısal hız büyüklükleri arasında $\vartheta = \omega \cdot r$ ilişkisi vardır.

Örnek

Yeni kurulan bir uzay teknolojileri şirketi, Dünya yörüngesine bir iletişim uydusu yerleştirerek küresel genel ağ erişimi sağlamayı hedefliyor. Şirket, uydunun en verimli ve dengeli yörüngeye yerleştirilmesi için genç mühendis adaylarından oluşan bir ekipten aşağıdaki şekilde bir öneri alıyor:

İletişim açısından en verimli yörünge, yerin merkezinden 42 186 km uzaklıkta bulunan yörüngedir. Geostatik yörünge adı verilen bu yörüngedeki uydular, Dünya'nın kendi ekseni etrafındaki dönüşüne eşit açısal hızla dolanır. Bu durum, uyduların Dünya'ya göre hızlarının sıfır olduğu ve yeryüzündeki bir gözlemciye göre gökyüzünde hep aynı noktada sabit duruyormuş gibi göründükleri anlamına gelir.

Buna göre geostatik yörüngede düzgün çembersel hareket yapan bir uydunun

a) Çizgisel hızının büyüklüğünü hesaplayınız. ($\pi = 3$ alınız.)

b) Açısal hızının büyüklüğünü hesaplayınız. ($\pi = 3$ alınız.)

Cevap

Uydunun periyodu (T), Dünya'nın kendi ekseni etrafındaki dönüş süresi olan 24 saattir. Uydunun periyodunun saniye cinsinden değeri 24 x 3600 = 86 400 olur.

a) $\vartheta = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$ eşitliğinde değerler yerine konduğunda uydunun çizgisel hızının büyüklüğü yaklaşık olarak

$\vartheta = 2 \cdot 3 \cdot 42\,186 \cdot 10^3 / 86\,400 = 2930$ m/s bulunur.

b) $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$ eşitliğinde değerler yerine konduğunda uydunun açısal hızının büyüklüğü yaklaşık olarak

$\omega = 2 \cdot 3 / 86\,400 = 694 \cdot 10^{-7}$ rad/s bulunur.

39. Alıştırma



Paralimpik Oyunlar, çeşitli engelli gruplarından sporcuların katıldığı çok sporlu uluslararası bir etkinliktir. Paralimpik atletizmde arkada yarıçapı 30 cm olan iki büyük tekerlek ve önde yarıçapı 6 cm olan küçük bir tekerlekten oluşan özel tasarım tekerlekli sandalyelerle yarışlar yapılmaktadır.

Türk millî para atletimiz Hamide Doğangün, 2024 Paris Paralimpik Oyunları'nda 800 m'yi yaklaşık 111 s'de tamamlayarak dördüncü olmuştur.

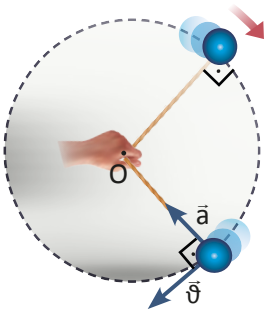
Buna göre yarış esnasında sporcumuzun kullandığı tekerlekli sandalyenin büyük ve küçük tekerleklerinin

a) Periyotlarını ve frekanslarını hesaplayarak karşılaştırınız. (π = 3 alınız.)

b) Yere temas ettiği noktaların çizgisel hız büyüklüğünü hesaplayarak karşılaştırınız. (π = 3 alınız.)

c) Yere temas ettiği noktaların açısal hızlarının büyüklüklerini hesaplayarak karşılaştırınız. (π = 3 alınız.)

Merkezcil İvme

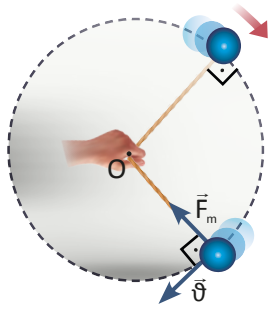


Şekil 1.6: *Merkezcil ivmenin yönü*

Düzgün çembersel hareket yapan cismin çizgisel sürati sabittir. Bununla birlikte çizgisel hız vektörel bir nicelik olduğundan ve çembersel hareket yapan cismin çizgisel hız vektörünün yönü hareket boyunca sürekli değiştiğinden çizgisel hız değişir. Çizgisel hız değiştiği için çembersel hareket ivmeli harekettir. Bu ivmeli hareketin sebebi, cismin hız vektörüne dik merkeze yönelmiş net kuvvettir. Bu net kuvvetin oluşturduğu anlık ivmeye **merkezcil ivme** denir. Merkezcil ivmenin sembolü "ā", birimi "metre/saniyekare"dir (m/s^2). Merkezcil ivmenin yönü; Şekil 1.6'daki gibi hız vektörüne dik, yarıçap doğrultusunda fakat yarıçap vektörüne zıt yönlü, cisimden çemberin merkezine doğru çizilir. Merkezcil ivmenin büyüklüğü (a),

$a = \omega^2 \cdot r$ ya da $a = \frac{\vartheta^2}{r}$ şeklinde matematiksel olarak modellenir.

Merkezcil Kuvvet

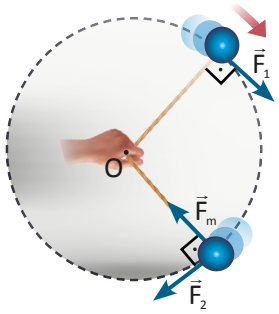


Şekil 1.7: *Merkezcil kuvvetin yönü*

Newton'ın Hareket Yasalarına göre ivmeli hareket yapan cisimlere net kuvvet etki eder. Çembersel hareket yapan cisimler ivmeli hareket yaptığından bu cisimlere de net kuvvet etki etmelidir. Düzgün çembersel harekette çizgisel hız büyüklüğünün değişmemesinin sebebi, cisme etki eden net kuvvetin hız vektörüne dik olup fiziksel anlamda iş yapmaması ve kinetik enerjide bir değişime sebep olmamasıdır. Düzgün çembersel hareket yapan cisme Şekil 1.7'deki gibi hız vektörüne dik ve merkeze yönelmiş şekilde etki eden net kuvvete **merkezcil kuvvet** denir. Merkezcil kuvvetin sembolü "$\vec{F}_m$", birimi "newton"dır (N). Newton'ın II. Hareket Yasası'na göre $F_{net} = m \cdot a$ denkleminde a yerine ϑ^2/r ya da $\omega^2 \cdot r$ yazılırsa merkezcil kuvvetin büyüklüğü (F_m),

$F_m = m \cdot \frac{\vartheta^2}{r}$ ya da $F_m = m \cdot \omega^2 \cdot r$ şeklinde matematiksel olarak modellenir.

Açısal İvme



Şekil 1.8: *Düzgün olmayan çembersel hareket yapan cisim*

Çembersel hareket yapan cisimlerin çizgisel süratleri değişebilir. Çizgisel süratin zamanla arttığı ya da azaldığı durumlardaki çembersel hareket düzgün olmayan çembersel harekettir. Düzgün olmayan çembersel harekette hareketlinin birim zamanda taradığı açı değeri sabit olmaz. Birim zamanda açısal hızda meydana gelen değişime **açısal ivme** denir. Açısal ivmenin oluşması için çembersel harekete sebep olan merkezcil kuvvetin yanı sıra yönü merkez doğrultusunda olmayan başka kuvvetlerin de cisme etki etmesi gerekir. Şekil 1.8'de düzgün olmayan çembersel hareket yapan cisme $\vec{F}_m$ merkezcil kuvveti ile $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetleri etki etmekte ve cismin çizgisel hızının ve açısal hızının büyüklüğünü artırmaktadır. Vektörel bir büyüklük olan ve "$\vec{\alpha}$" ile gösterilen açısal ivmenin birimi "radyan/saniyekare"dir (rad/s^2). Açısal hızın büyüklüğü artıyorsa açısal ivme ile açısal hız aynı yöndedir. Açısal hızın büyüklüğü azalıyorsa açısal ivme ile açısal hız zıt yönlüdür. Açısal ivmenin büyüklüğü (α), matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Örnek

Aysun Öğretmen, Fizik dersinde bir bilim kurgu filminin senaryosundan aşağıdaki bölümü öğrencileriyle paylaşıyor:

Yıl 2190. İnsanlık; Samanyolu'nun sakin bir bölgesinde, Dünya'dan yaklaşık 40 ışık yılı uzaklıktaki Kepler-186f gezegeninin yörüngesinde yeni bir başlangıcın eşiğindedir. Bu öncü girişimin temel halkalarından biri, ileri mühendislik ürünü Cezeri-3 uzay istasyonudur. Uzun süreli uzay görevleri için özel olarak tasarlanan Cezeri-3 hem gezegen çevresinde hem de kendi ekseni etrafında çembersel yörüngede dönmektedir. Yarıçapı 1000 metreyi bulan ve dev bir tekerleği andıran bu istasyonun gerçekleştirdiği dönme hareketi, yalnızca teknolojik bir gösterim değil, bir zorunluluktur.

Buna göre Cezeri-3 uzay istasyonunun

a) Gezegenin etrafında yaptığı dönme hareketinin neden bir zorunluluk olduğunu açıklayınız.

b) Kendi ekseni etrafında yaptığı dönme hareketinin neden bir zorunluluk olduğunu açıklayınız.

c) Kendi ekseni etrafında yaptığı çembersel hareketin merkezcil ivmesinin büyüklüğünün Dünya'nın yer çekimi ivmesinin büyüklüğüne eşit olması için gereken dönme frekansını hesaplayınız. ($\pi = 3$, $g_{Dünya} = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

a) Uzay istasyonunun, gezegenin etrafında yaptığı dönme hareketi, gezegen tarafından istasyona uygulanan kütle çekim kuvvetinin merkezcil kuvvet görevi yapmasını sağlamaktadır. Böylelikle istasyon, çekim kuvvetine kapılarak gezegene düşmeden belirli bir yörüngede hareket edebilmektedir.

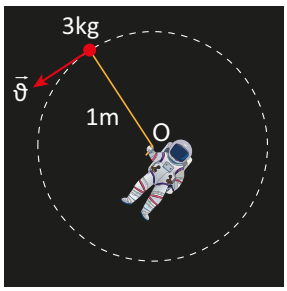
b) Uzun süreli uzay görevlerinde astronotlar; kas erimesi, kemik yoğunluğunda azalma, denge sistemi bozuklukları gibi sağlık sorunları yaşayabilmektedir. Bu durumları engellemek için Dünya'nın çekim ivmesine yakın bir değerde merkezcil ivme oluşturmak gerekir. Bu amaçla uzay istasyonu kendi ekseni etrafında dönmelidir.

c) $a = \omega^2 \cdot r$ matematiksel modelinde $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ yazılırsa $a = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r$ elde edilir.

İstasyonun ivmesinin Dünya'nın yer çekimi ivmesinin büyüklüğüne eşit olması istendiğinden

$10 = 4 \cdot 3^2 \cdot f^2 \cdot 1000$ eşitliğinden $f = 1/60\ s^{-1}$ bulunur.

40. Alıştırma



Yer çekimi etkisinin ihmal edildiği bir ortamda çembersel hareket ile ilgili deneyler yapmak isteyen bir astronot, kütlesi 3 kg olan bir topu iple bağlıyor ve yarıçapı 1 m olan çembersel bir yörüngede şekildeki gibi döndürmeye başlıyor. Topun düzgün çembersel hareket yaptığı ve saniyede 2 tur attığı biliniyor.

Astronot bulunduğu konumu değiştirmediğine göre

a) Cisme etki eden kuvvetleri belirtiniz.

b) Cismin merkezcil ivmesinin büyüklüğünün kaç m/s² olduğunu hesaplayınız. ($\pi = 3$, $g = 10$ m/s² alınız.)

c) Cisme etki eden merkezcil kuvvetin büyüklüğünün kaç N olduğunu hesaplayınız.

ç) İpin şekildeki konumda koptuğu durum için topun hareket yörüngesini çizerek gösteriniz.

Günlük hayatta yatay ve düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yapan birçok cisim ile karşılaşılabilir. Düzgün çembersel hareket yapan cisimlerin hareketlerini analiz etmek için serbest cisim diyagramları kullanılır. Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin merkezcil ivmesi vardır ve bu nedenle cisim dengede değildir. Cismin ivmeli hareket yapabilmesi için cisim üzerine net bir kuvvetin etki etmesi gerekir. Cisme etki eden bu kuvvet merkezcil kuvvettir. Bu bakımdan düzgün çembersel hareket yapan cismin merkezcil kuvveti, yeni bir kuvvet olmayıp cisme etki eden net kuvvettir.

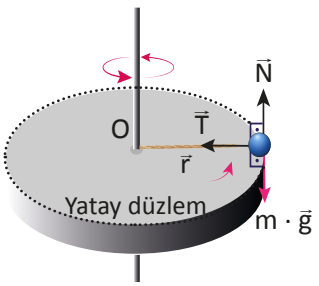
Çembersel hareket problemleri çözülürken cismin çembersel hareket yapmasını sağlayan sürtünme kuvveti, kütle çekim kuvveti, gerilme kuvveti, elektromanyetik kuvvet gibi kuvvetler merkezcil kuvvete eşitlenerek çözüme ulaşılabilir.

Yatay Düzlemde Çembersel Hareket

Sürtünmenin önemsenmediği yatay düzlemde m kütleli bir cisim, r uzunluğundaki ipin ucuna bağlı olarak düzgün çembersel hareket yapmaktadır. Bu hareket sırasında cisme etki eden kuvvetlerin yer aldığı serbest cisim diyagramı Şekil 1.9'da gösterilmiştir. İpte meydana gelen gerilme kuvveti ($\vec{T}$), cismi çembersel bir yörüngenin merkezine doğru çeken merkezcil kuvvettir. Bu nedenle ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü,

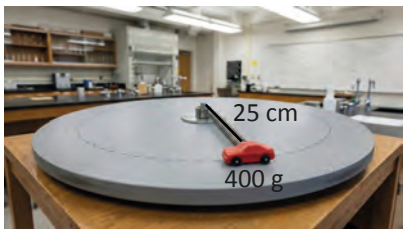
$$T = F_m = m \cdot \frac{\vartheta^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

matematiksel modeliyle ifade edilir. Bu kuvvet, cismin hareketi süresince çembersel yörünge üzerindeki tüm noktalarda eşit büyüklüktedir.



Şekil 1.9: *Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlem üzerinde ipe bağlı düzgün çembersel hareket yapan cisim*

Örnek



Bir öğrenci, bilim fuarı projesi için yatay ve sürtünmesi ihmal edilen bir döner platform tasarlıyor. Platformun merkezine doğal uzunluğu 15 cm olan yayın bir ucunu sabitliyor. Yayın diğer ucuna ise 400 g kütleli küçük bir model araba bağlıyor. Platform çalıştırıldığında model araba 25 cm'lik bir yörünge yarıçapıyla düzgün çembersel hareket yapmaya başlıyor ve bir tam turu $\frac{\pi}{5}$ saniyede tamamlıyor.

Buna göre

a) Model arabanın çizgisel süratinin kaç m/s olduğunu bulunuz.

b) Model arabanın merkezcil ivmesinin büyüklüğünün kaç m/s² olduğunu bulunuz.

c) Model arabaya etki eden merkezcil kuvvetin büyüklüğünün kaç N olduğunu bulunuz.

ç) Bu hareketi sağlamak için kullanılan yayın yay sabitinin kaç N/m olduğunu bulunuz.

Cevap

a) $\vartheta = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$ matematiksel modelinde değerler yerine konduğunda çizgisel sürat $\vartheta = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0{,}25}{\frac{\pi}{5}} =$ 2,5 m/s olarak bulunur.

b) $a = \frac{\vartheta^2}{r}$ matematiksel modelinde değerler yerine konduğunda merkezcil ivmenin büyüklüğü $a = \frac{(2{,}5)^2}{0{,}25} =$ 25 m/s² olarak bulunur.

c) $F = m \cdot a$ matematiksel modelinde değerler yerine konduğunda merkezcil kuvvetin büyüklüğü $F_m = 0{,}4 \cdot 25 = 10$ N olarak bulunur.

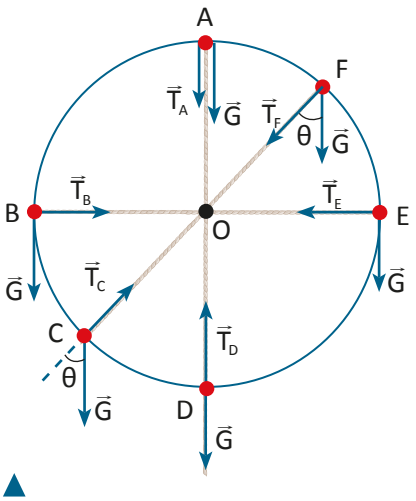
ç) Merkezcil kuvvet, net kuvvet olduğundan yayın geri çağırıcı kuvvetinin büyüklüğüne eşit büyüklükte olmalıdır. Yayın yay sabiti, $F_m = F_{yay}$ ise $10 = k \cdot x = k \cdot 0{,}1$ olduğundan $k = 100$ N/m olarak bulunur.

41. Alıştırma



Ali, dedesinin evinde bulduğu eski bir pikapla bir deney düzeneği tasarlıyor. Pikabın döner platformunun üstüne, dönme merkezinden 10 cm uzağa 200 g'lık bir telefonu yatay bir şekilde yerleştiriyor. Daha sonra pikabı çalıştırarak pikabın dönme hızını telefon platform üzerinde bulunduğu konumdan başka bir konuma kayana kadar artırıyor.

Telefon ile pikap tablası arasındaki statik sürtünme katsayısı 0,5 olduğuna göre telefonun platform üzerindeki konumundan kaymaya başladığı andaki açısal hızını hesaplayınız. ($g = 10$ m/s², $\pi = 3$ alınız.)



Şekil 1.10: *Düşey düzlemde ipe bağlı olarak çevrilen topa farklı noktalarda etki eden kuvvetler*

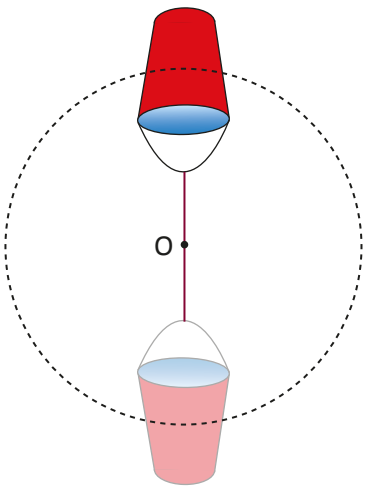
Düşey Düzlemde Çembersel Hareket

Bir cismin sabit bir noktaya olan uzaklığı değişmeden yer çekiminin etkili olduğu düşey bir düzlemde çembersel bir yörünge çizmesine **düşey düzlemde çembersel hareket** denir. Bu hareketin yatay düzlemdeki hareketten temel farkı, cismin ağırlığının hareketin farklı noktalarında ipteki gerilme kuvveti üzerinde farklı etkiye sahip olmasıdır. İpin ucuna bağlanmış bir topun düşey olarak sabit bir süratle çevrilmesi bu duruma iyi bir örnektir. Bu hareket analiz edilirken topa etki eden kuvvetleri gösteren serbest cisim diyagramı çizilir (Şekil 1.10). Serbest cisim diyagramına göre cismin farklı noktalarındaki merkezcil kuvvet değerini veren matematiksel ifadeler Tablo 1.3'te verilmiştir.

Tablo 1.3: *Serbest Cisim Diyagramına Göre Cismin Farklı Noktalarındaki Merkezcil Kuvvet Değerlerini Veren Matematiksel Modeller*

Konum	Merkezcil Kuvvet Büyüklüğü (F_m)
A noktası	$F_m = T_A + G$
B ve E noktaları	$F_m = T_B$ ve $F_m = T_E$
C noktası	$F_m = T_C - G \cdot \cos\theta$
D noktası	$F_m = T_D - G$
F noktası	$F_m = T_F + G \cdot \cos\theta$

Örnek



Ali, yarısına kadar su dolu bir kovayı ipinden tutarak düşey bir düzlemde sabit bir süratle çeviriyor. Ali, kovayı yeterince süratli çevirdiğinde yörüngesinin en tepe noktasından tamamen ters dönmüş hâlde geçerken bile kovanın içindeki suyun dökülmediğini gözlemliyor.

Bu gözlemden yola çıkarak

a) Kova ters dönmüş hâlde iken suyun dökülmemesinin ardındaki temel fiziksel prensipleri açıklayınız.

b) Suyun dökülmemesi için gerekli olan minimum hız büyüklüğünü veren matematiksel modeli yazarak açıklayınız.

c) Kovadaki suyun tepe noktada dökülmeden kovanın hareketine devam edebilmesinin hangi değişkenlere bağlı olduğunu nedenleriyle açıklayınız.

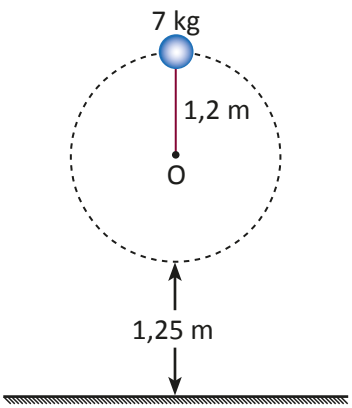
Cevap

a) Su dolu kova, yeterince büyük hızla döndürüldüğünde içindeki su ile birlikte düzgün çembersel hareket yapar. Tepe noktasında suya etki eden yer çekimi kuvveti, yörüngenin merkezine doğru yönelmiş olup düzgün çembersel hareketin ihtiyaç duyduğu merkezcil kuvveti sağlar. Bu nedenle su aşağı doğru düşmek yerine çembersel hareketine devam eder ve kovadan dökülmez.

b) En tepe noktada su dolu kovaya yer çekimi kuvveti ve ipteki gerilme kuvveti olmak üzere iki kuvvet etki edebilir. Tepe noktada merkezcil kuvvet, $F_m = G + T$ olduğundan $T = F_m - G$ şeklinde yazılabilir. Kovadaki suyun dökülmeden hareketine devam edebilmesinin minimum şartı $T = 0$ olduğundan $F_m = G$ olmalıdır. $F_m = G$ eşitliğindeki kavramların matematiksel modeli yazılırsa $m \cdot \frac{\vartheta^2}{r} = m \cdot g$ elde edilir. Sadeleştirmeler yapıldıktan sonra $\vartheta = \sqrt{g \cdot r}$ eşitliği bulunur.

c) Kovanın hareketine devam etmesinin bağlı olduğu değişkenler; çizgisel hız büyüklüğü, yarıçap ve yer çekimi ivmesidir. Kütlenin bu durum üzerinde etkisi yoktur.

42. Alıştırma



Bir sporcu, çekiç atma müsabakalarına katılıyor. Bu müsabakalarda 1,2 m uzunluğunda bir telin ucuna bağlı 7 kg kütleli çelik toptan oluşan bir düzenek kullanılıyor. Tel, en fazla 400 N'lık bir gerilme kuvvetine dayanabiliyor. Sporcu, çekice düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yaptırıyor. Çelik topun kütle merkezi yerden 1,25 m yükseklikteki çembersel yörüngenin en alt noktasından geçerken tel kopuyor.

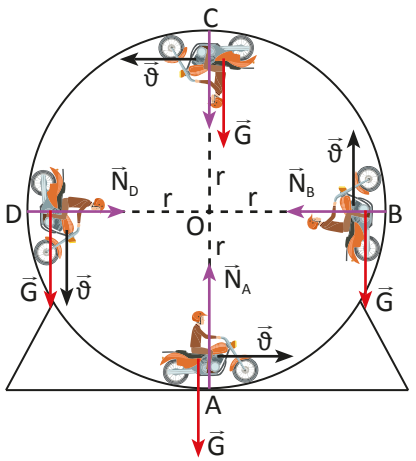
($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Buna göre

a) Çelik top en tepe noktadan geçerken teldeki gerilme kuvvetinin büyüklüğünü hesaplayınız.

b) Çelik topun, telin koptuğu andaki hız büyüklüğünü hesaplayınız.

c) Telin kopmasından kaç s sonra çelik top yere düşer ve yatay düzlemde kaç m yol alır?



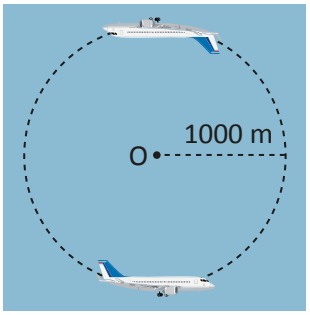
Şekil 1.11: *Çembersel yörüngede hareket eden bir motorcunun serbest cisim diyagramı*

Düzgün olmayan çembersel harekete örnek olarak motosiklet akrobasisi yapan bir motorcu verilebilir (Şekil 1.11). Çembersel yörüngeyi izlerken motorcunun hız büyüklüğü sürekli değişir. Motorcunun, hareketin herhangi bir anındaki hızının büyüklüğünü bulmak için enerjinin korunumu yasası kullanılabilir. Tablo 1.4'te sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda A, B, C ve D noktalarında motorcunun üzerine etki eden kuvvetlerin ve merkezcil kuvvetin matematiksel modelleri verilmiştir.

Tablo 1.4: *Motorcunun Üzerine Etki Eden Kuvvetlerin ve Merkezcil Kuvvetin Matematiksel Modelleri*

Nokta	Matematiksel Modeller
A	$N_A - m \cdot g = m \cdot \frac{\vartheta_A^2}{r}$
B	$N_B = m \cdot \frac{\vartheta_B^2}{r}$
C	$N_C + m \cdot g = m \cdot \frac{\vartheta_C^2}{r}$
D	$N_D = m \cdot \frac{\vartheta_D^2}{r}$

Örnek



ESA (Avrupa Uzay Ajansı), astronot adaylarını eğitmek ve mikro yer çekimi ortamında bilimsel deneyler yapmak için özel uçaklar kullanmaktadır. Bu uçaklar, düşey düzlemde dev çembersel manevralar yaparak yolcuların kısa süreliğine kendilerini ağırlıksız hissetmesini sağlamaktadır.

ESA'nın kullandığı uçak, yarıçapı 1000 m olan düşey bir çembersel parkurda hareket etmektedir.

Uçak çemberin en üst noktasından geçerken yolcular kendilerini ağırlıksız hissettiklerine göre uçağın yörüngenin

a) en üst noktasındaki hızının büyüklüğünü,

b) en alt noktasındaki hızının büyüklüğünü hesaplayınız. ($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

a) Çemberin en üst noktasında yolcuların kendilerini ağırlıksız hissetmeleri için merkezcil kuvvetin büyüklüğünün ağırlığa eşit olması gerekir.

$m \cdot \frac{\vartheta^2}{r} = m \cdot g$ eşitliğinden $\vartheta = \sqrt{g \cdot r}$ elde edilir. Verilenler yerine konduğunda $\vartheta = \sqrt{10 \cdot 1000} = 100$ m/s bulunur.

b) Uçağın alt noktadan geçiş hızının büyüklüğü, mekanik enerjinin korunumu prensibi kullanılarak hesaplanabilir.

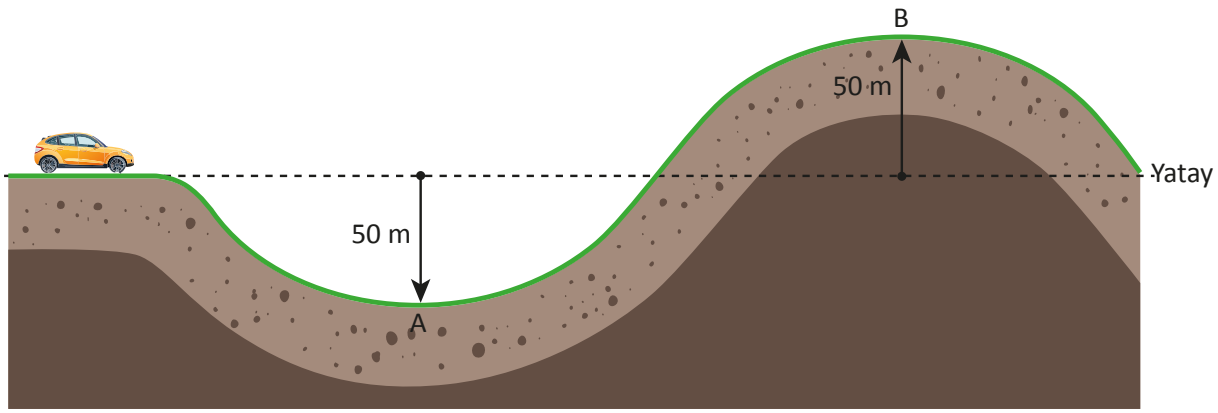
$\frac{1}{2} m \cdot \vartheta_Ü^2 + m \cdot g \cdot 2 \cdot r = \frac{1}{2} m \cdot \vartheta_A^2$ matematiksel modelinde verilenler yerine konduğunda

$\frac{1}{2} m \cdot 100^2 + m \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1000 = \frac{1}{2} m \cdot \vartheta_A^2$

$\vartheta_A = 100\sqrt{5}$ m/s bulunur.

43. Alıştırma

Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda 80 kg kütleli Ahmet Bey, kütlesi 1420 kg olan ve boyutları ihmal edilen arabası ile çembersel bir yörünge izleyerek önce yatay düzlemden 50 m aşağıda bulunan A noktasına, daha sonra yatay düzlemden 50 m yukarıda bulunan B noktasına ulaşıyor. ($g = 10\ m/s^2$ alınız.)



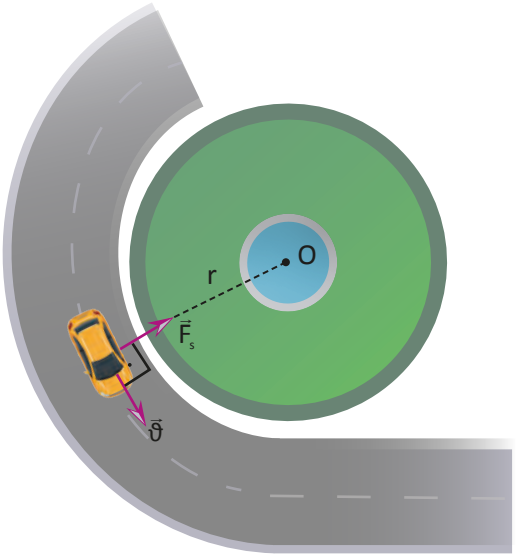
Buna göre

a) Arabanın yoldan ayrılmadan B noktasından geçebilmesi için başlangıçta sahip olması gereken minimum hızının büyüklüğünü hesaplayınız.

b) Arabanın yoldan ayrılmadan B noktasından geçebildiği durum için bu noktada arabaya etki eden normal kuvveti hesaplayınız.

c) Araba A noktasından belirli bir hız büyüklüğü ile geçtikten sonra B noktasında arabaya normal kuvvet etki etmediğine göre A noktasında arabaya etki eden normal kuvveti hesaplayınız.

ç) Arabaya sürücü Ahmet Bey'in dışında 90 kg kütleli başka bir yolcunun binmesi durumunda arabanın yoldan ayrılmadan B noktasından geçebilmesi için gereken minimum hızının büyüklüğünü hesaplayınız.



Görsel 1.31: *Yatay virajda hareket eden araç modeli*

Yatay Virajda Çembersel Hareket

Bir araç, yatay viraja girdiğinde aracın yoldan çıkmadan dönmeye devam edebilmesi için araca yeterli büyüklükte merkezcil kuvvet etki etmesi gerekir. Bu merkezcil kuvvet, yol ile tekerlekler arasındaki sürtünme kuvvetiyle sağlanır.

Görsel 1.31'de üstten görünümü verilen r yarıçaplı virajda güvenli şekilde dönen m kütleli araca etki eden merkezcil kuvvet ile statik sürtünme kuvvetinin en büyük değeri arasındaki ilişkiyi bulmak için $F_m = f_s$ matematiksel modeli kullanılır.

Matematiksel modelde merkezcil kuvvet ve statik sürtünme kuvvetinin en büyük değerinin formülleri yerine yazılırsa $m \cdot \frac{\vartheta^2}{r} = k \cdot m \cdot g$ eşitliği elde edilir. Bu eşitlikten aracın virajı güvenle dönebileceği hızın maksimum değerini veren

$$\vartheta = \sqrt{k \cdot g \cdot r}$$ bulunur.

Örnek

Bir mühendis, yüksek hızlı tren hattı projesinde tünel açmanın mümkün olmadığı yüksek bir dağın etrafından tren yolunu geçirmek zorunda kalıyor. Bu amaçla yarım çember şeklinde köprü viyadük tasarlıyor.

Projenin gerekliliklerine göre bu hatta çalışan bir tren için minimum hız büyüklüğü 252 km/h'tir. Raylar ve tren tekerlekleri arasındaki sürtünme katsayısı 0,25'tir.

Buna göre dağın etrafını dolanan bu viyadükte

a) Yolcusuz bir trenin güvenle yoluna yoluna devam edebilmesi için tren hattının yarıçapı en az kaç m olmalıdır? ($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

b) Trenin yolcu taşıması durumunda tren hattının yarıçapı en az kaç m olmalıdır?

Cevap

a) 252 km/h = 70 m/s

Emniyetli viraj dönüşü için gerekli merkezcil kuvvetin büyüklüğü, statik sürtünme kuvvetinin en büyük değerine eşit ya da ondan küçük olmalıdır.

$F_m = f_s$ matematiksel modelinde merkezcil kuvvet ve statik sürtünme kuvvetinin en büyük değerinin formülleri yazılarak kütle değeri sadeleştirildiğinde elde edilen $m \cdot \frac{\vartheta^2}{r} = k \cdot m \cdot g$ matematiksel modelinden $r = \frac{\vartheta^2}{k \cdot g}$ eşitliğine ulaşılır. Verilen değerler yerine konduğunda yarıçap en az $r = \frac{\vartheta^2}{k \cdot g} = \frac{70^2}{0{,}25 \cdot 10} = 1960$ m bulunur.

b) Kütle değeri güvenli hız büyüklüğünü etkilemediğinden trenin yolcusuz veya yolculu olması yarıçap değerini değiştirmez. Bu sebeple viyadüğün yarıçapı yine 1960 m olmalıdır.

44. Alıştırma

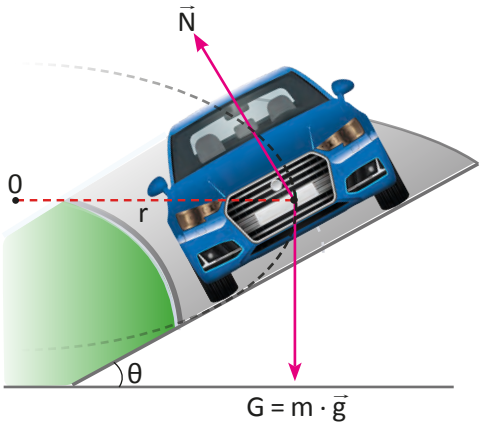
Aşağıdaki tabloda araba, kamyon ve tırın 50 m yarıçaplı bir virajda asfalt, çakıl ve buz üzerindeki hareketleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. (g = 10 m/s² alınız.)

Araç Tipi	Kütle (kg)	Yol Tipi	Sürtünme Katsayısı	Güvenli Sürat (m/s)
Araba	1500	Asfalt		20
Araba	1500	Çakıl	0,4	
Araba	1500	Buz	0,1	
Kamyon	2500	Asfalt		20
Kamyon	2500	Çakıl	0,4	
Kamyon	2500	Buz	0,1	
Tır	5000	Asfalt		20
Tır	5000	Çakıl	0,4	
Tır	5000	Buz	0,1	

Buna göre

a) Tabloda boş bırakılan alanlara yazılması gereken değerleri aşağıdaki alanda hesaplayarak yazınız.

b) Virajlarda bulunan hız sınırı tabelalarında neden tek bir hız sınır değeri yazdığını nedenleriyle açıklayınız.



Görsel 1.32: *Eğimli virajdaki aracın serbest cisim diyagramı*

Eğimli Virajda Çembersel Hareket

Virajlarda can güvenliğini sağlamak kara yolları için başta gelen konulardan biridir. Özellikle daha yüksek süratle hareket edilen otoyollarda yol güvenliği açısından virajların geometrik standartları çok iyi ayarlanmalıdır. Görsel 1.32'de olduğu gibi yatayla θ açısı yapacak şekilde tasarlanmış eğimli bir yolda araca etki eden normal kuvvet N ve aracın ağırlığı G'dir. N normal kuvvetinin yatay bileşeni (N_x), aracın hareket ettiği virajın merkezine yönelmektedir. Burada merkezcil kuvvet, N_x tarafından oluşturulmaktadır. Böylece araç, herhangi bir sürtünme kuvvetine ihtiyaç duymadan virajı güvenli bir şekilde dönebilmektedir. Normal kuvvetin y eksenindeki bileşeni (N_y) ise aracın ağırlığına eşit büyüklüktedir.

$N_y = N \cdot \sin\theta = F_m$

$N_x = N \cdot \cos\theta = m \cdot g$ eşitlikleri birbirine oranlandığında

$\tan\theta = \dfrac{m \cdot \frac{\vartheta^2}{r}}{m \cdot g} = \dfrac{\vartheta^2}{g \cdot r}$ elde edilir.

Bu eşitlikten dönüş için güvenli hız büyüklüğünü veren

$$\vartheta = \sqrt{\tan\theta \cdot g \cdot r}$$

matematiksel modeline ulaşılır.

Örnek



Uluslararası bir bisiklet yarışında, özel tasarlanmış sürtünmesi ihmal edilen koni şeklinde velodrom pistinde kütlesi ihmal edilen bir bisiklet ile yarışan sporcu Elif, eğik pistte sabit hız büyüklüğü ile düzgün çembersel hareket yapıyor.

Pistin eğim açısı 60°, Elif'in etrafında döndüğü çemberin yarıçapı $30\sqrt{3}$ m olduğuna göre

a) Elif ve bisikletten oluşan sistem için serbest cisim diyagramını çiziniz.

b) Elif'in bisikletinin pistten aşağı kaymadan çembersel hareketi sürdürebilmesi için gereken hız büyüklüğünün kaç m/s olacağını hesaplayınız. ($g = 10\ m/s^2$, $\sin60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos60 = \frac{1}{2}$ alınız.)

Cevap

a)



Sürtünmesi ihmal edilen eğik velodrom pistinde Elif ve bisikletten oluşan sistem için serbest cisim diyagramı şekildeki gibidir.

b) Sürtünmesi önemsiz eğimli bir virajda çembersel hareket yapan cisimlerin hız büyüklüğü,

$\vartheta = \sqrt{\tan\theta \cdot g \cdot r}$ matematiksel modeli ile bulunur.

$\vartheta = \sqrt{\tan 60 \cdot 10 \cdot 30\sqrt{3}} = \sqrt{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 30\sqrt{3}} = 30$ m/s elde edilir.

45. Alıştırma

Mühendisler; Ankara-İstanbul Otoyolu üzerinde, Bolu Dağı Tüneli çıkışına yakın bir noktada yer alan 480 m yarıçaplı bir virajı yatayla $\alpha = 10^o$ olacak şekilde eğimli tasarlamışlardır.

(Sürtünmeleri ihmal ediniz. $\tan 10^o = 0{,}17$; $g = 10$ m/s^2 alınız.)

Buna göre

a) Bu eğimli virajdan 1200 kg kütleli bir otomobilin savrulmadan dönebilmesi için sahip olması gereken azami hızının büyüklüğünün kaç m/s olacağını hesaplayınız.

b) Yağışlı havalarda daha tehlikeli hâle gelen otoyolun eğiminin değiştirilemediğini varsayarak sürüş güvenliğini artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

c) Eğimli viraj yerine aynı yarıçapta sürtünme katsayısı 0,5 olan yatay viraj olduğu varsayıldığında 1200 kg kütleli bir otomobilin bu virajdan savrulmadan dönebilmesi için sahip olması gereken azami hızının büyüklüğünün kaç m/s olacağını hesaplayınız.

ç) Aynı yarıçapa sahip sürtünmeli yatay viraj ile sürtünmesiz eğik virajı güvenli dönüş hızı açısından karşılaştırarak otoyollarda hangisinin tercih edilmesi gerektiğini gerekçeleri ile açıklayınız.

1. Performans Görevi

Adı	Düzgün Çembersel Hareketin Değişkenleri
Beklenen Performans	Düzgün çembersel hareket ile ilgili değişkenleri ve bu değişkenlerin arasındaki ilişkiyi kavramanız, bunu kısa film veya animasyon oluşturarak görsel hâle getirmeniz istenmektedir.
Görev	Gruplara ayrılarak düzgün çembersel hareket ile ilgili değişkenleri göstermek için sınıf içinde bir kısa film çekmeniz ya da animasyon hazırlamanız beklenmektedir. Kısa filmde veya animasyonda düzgün çembersel hareketin değişkenlerinin ilişkilerini vurgulamalısınız. Kısa film veya animasyonda grup olarak seçtiğiniz değişkenlerin tanım, sembol ve matematiksel modellerine yer vermeli, bu değişkenleri diğer değişkenlerle ilişkilendirmelisiniz. Performans görevinize başlamadan önce düzgün çembersel hareketin değişkenleri ve kısa film veya animasyon oluşturma hakkında araştırma yapınız.
Uygulama Aşamaları	• Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız. • Grupça seçtiğiniz değişkenler için kısa film veya animasyondan hangisini yapacağınıza karar veriniz. • Grup içinde görev dağılımı yapınız. • Grup arkadaşlarınızla iş birliği yaparak kısa film veya animasyon için kısa bir senaryo oluşturunuz. • Oluşturacağınız senaryonun özgün, sade, anlaşılır ve bilimsel açıdan doğru olmasına özen gösteriniz. • Bu süreçte birbirinizi etkili şekilde dinlemeye, birbirinizin fikirlerine saygılı olmaya özen gösteriniz. • Kısa film veya animasyon senaryosunda yazım kurallarına dikkat ediniz. • Oluşturduğunuz senaryoyu görselleştirmek için gerekli araçları belirleyiniz. • Kısa film veya animasyonda düzgün çembersel hareketin değişkenlerinin ilişkilerini vurgulayınız. • Grupça hazırladığınız kısa film veya animasyonu sınıf arkadaşlarınıza sununuz. • Sunumunuzda çalışma sürecinin özetine, grup üyeleri ile yaptığınız görev paylaşımına ve elde ettiğiniz bilgilere yer veriniz. • Kısa film veya animasyon sunumundan sonra sınıf tartışması yapınız. • Sınıf tartışması sonrasında kısa film veya animasyonunuzda gerekli gördüğünüz düzenlemeleri yapınız. • Grupça ulusal ve uluslararası yarışmalar hakkında araştırma yaparak hazırladığınız kısa film veya animasyon ile bu yarışmalara katılım sağlayınız.
Değerlendirme	Performans göreviniz öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Kontrol Noktası

DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

- Sabit bir nokta ya da eksen etrafında çembersel yörüngede yapılan harekete **çembersel hareket** denir.
- Düzgün çembersel hareket, bir tam çember etrafında veya bir çember parçası üzerinde yapılabilir.
- Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin herhangi bir andaki konum vektörü, merkezden cisme doğru çizilen yarıçap vektörüdür.
- Çembersel hareket yapan bir cismin herhangi bir andaki hız vektörü, o noktadaki yarıçap vektörüne dik çizilerek gösterilir.

DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKETİN DEĞİŞKENLERİ

- Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin yörüngesi üzerinde birim zamanda katettiği yay uzunluğuna **çizgisel sürat** (ϑ) denir.
- Cismin düzgün çembersel yörüngesi üzerinde herhangi bir anda sahip olduğu yörüngesine teğet hızına **çizgisel hız** ($\vec{\vartheta}$) denir.
- Düzgün çembersel hareket yapan cismin yarıçap vektörünün birim zamanda taradığı açının radyan cinsinden değerine **açısal hız** denir. Açısal hızın sembolü "$\vec{\omega}$", birimi "radyan/saniye"dir (rad/s).
- Çizgisel hız değiştiği için düzgün çembersel hareket ivmeli harekettir. Bu ivmeli hareketin sebebi, cismin hız vektörüne dik merkeze yönelmiş net kuvvettir. Bu net kuvvetin oluşturduğu anlık ivmeye **merkezcil ivme** denir. Merkezcil ivmenin sembolü "$\vec{a}$", birimi "metre/saniyekare"dir (m/s^2).
- Düzgün çembersel hareket yapan cisme hız vektörüne dik ve merkeze yönelmiş şekilde etki eden net kuvvete **merkezcil kuvvet** denir. Merkezcil kuvvetin sembolü "$\vec{F}_m$", birimi "newton"dır (N).
- Birim zamanda açısal hızda meydana gelen değişime **açısal ivme** denir. Vektörel bir büyüklük olan ve "$\vec{\alpha}$" ile gösterilen açısal ivmenin birimi "radyan/saniyekare"dir (rad/s^2).

1. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1-40. soruların cevaplarını altlarında verilen boş alana yazınız.

1.



Bir deneyde Elif cetveli üst kısmından tutuyor, Ali de elini görseldeki gibi cetvelin 0 cm yazan kısmının hizasında konumlandırıyor. Elif Ali'ye söylemeden cetveli bırakıyor ve Ali yakalamaya çalışıyor. Elif cetveli bıraktığı anda Ali parmaklarını birleştirmeye başlıyor. Ali'nin parmaklarını birleştirerek cetveli yakalama süresi tepki süresi olarak adlandırılıyor. Ali'nin cetveli yakaladığı noktada 6 cm değeri yazıyor.

Ali'nin cetveli yakaladığı noktada yazan değerin 8 cm olması için

I. Ali'nin tepki süresinin artmasını sağlamak,
II. deneyde kütlesi daha fazla olan bir cetvel kullanmak,
III. yer çekimi ivmesinin daha az olduğu bir yerde deneyi tekrarlamak

işlemlerinden hangileri ayrı ayrı yapılabilir?

(Hava direncini ihmal ediniz. Yer çekimi ivmesini, Elif ve Ali'nin ellerinin yüksekliklerini sabit kabul ediniz.)

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

.....

.....

.....

.....

2.



Eliz, mezuniyet töreninin sonunda elindeki kepi görseldeki gibi K noktasından düşey yukarı yönde fırlatıyor. Kepin atıldıktan sonra L'den ilk kez geçme süresi t, ikinci kez geçme süresi 3t oluyor. Kep, atıldıktan sonra hareketinin en üst noktası olan M'den geçerek N noktasına 5t sürede ulaşıyor.

Buna göre

I. K ile L arasındaki mesafe L ile M arasındakinin üç katıdır.
II. K ile N arasındaki mesafe L ile M arasındakinin beş katıdır.
III. Kepin N noktasındaki sürati K'dekinin 2,5 katıdır.

yargılarından hangileri doğrudur?

(Hava direncini ihmal ediniz ve yer çekimi ivmesini sabit kabul ediniz.)

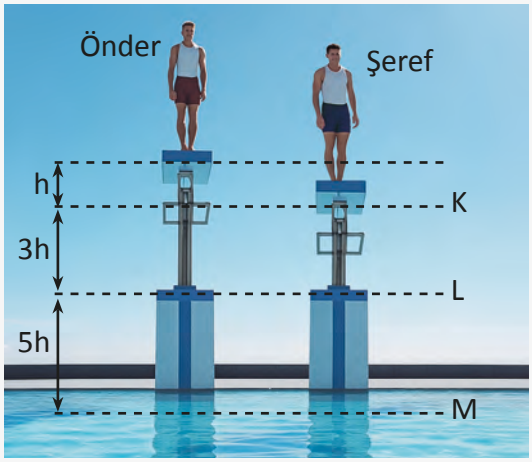
A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

.....

.....

.....

3.



Kule atlama sporcuları olan Önder ve Şeref, görseldeki gibi havuzdan sırasıyla 9h ve 8h yükseklikteki platformların ucunda sabit duruyorlar. Önder, platformun ucundan ilk hızsız olarak kendini havuza bıraktığında t süre sonra K seviyesinden ϑ hızı ile geçiyor. Önder K seviyesinden geçerken Şeref de kendini havuza ilk hızsız olarak bırakıyor. (Hava direncini ihmal ediniz.)

Yer çekimi ivmesi sabit ve g büyüklüğünde olduğuna göre Önder ve Şeref'in

a) M seviyesine ulaşma süreleri oranını hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

b) Birim zamandaki hız değişimlerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

c) Aralarındaki düşey uzaklık hareket süresince değişir mi? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

ç) K, L, M seviyelerindeki ivmelerini aşağıdaki tabloya g cinsinden yazınız.

İvme / Seviye	K	L	M
Önder'in ivmesi			
Şeref'in ivmesi			

d) K, L, M seviyelerindeki hızlarını aşağıdaki tabloya ϑ cinsinden yazınız.

Hız / Seviye	K	L	M
Önder'in hızı			
Şeref'in hızı			

e) Hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafiklerini aşağı yönü negatif (-) kabul ederek aşağıdaki tabloya çiziniz.

Grafik / Sporcu	Hız-Zaman Grafiği	İvme-Zaman Grafiği	Konum-Zaman Grafiği
Önder			
Şeref			

4. Dünya ve Mars'ta hava direncinin önemsenmediği bir ortamda aynı yükseklikten ilk hızsız serbest bırakılan 1 kg ve 2 kg kütlelerindeki iki cismin yere düşme hareketlerini incelemek için iki deney düzeneği tasarlanıyor. Yapılan deneylerde aşağıdaki sonuçlara ulaşılıyor:

- Dünya'da yapılan deneyde her iki cisim de eşit sürede ve 3 s'de yere düşüyor.
- Mars'ta yapılan deneyde her iki cisim de eşit sürede ve 5 s'de yere düşüyor.

Deneylerin sonuçlarına göre öğrenciler aşağıdaki çıkarımları yapıyor:

Merve: Cisimlerin kütlesi ne kadar büyükse yere düşme süresi o kadar kısa olur.

Elif: Her iki gezegende de kütleler farklı olsa da cisimler aynı sürede düşüyor, diğer bir deyişle cisimlerin yere düşme süresi kütleye bağlı değildir.

Ahmet: Mars'ta cisimlerin düşme süresi Dünya'ya göre daha uzundur. Bu da Mars'ın yer çekimi ivmesinin daha küçük olduğunu gösteriyor.

Buna göre hangi öğrencilerin çıkarımları deney sonuçlarıyla uyumludur?

A) Yalnız Elif

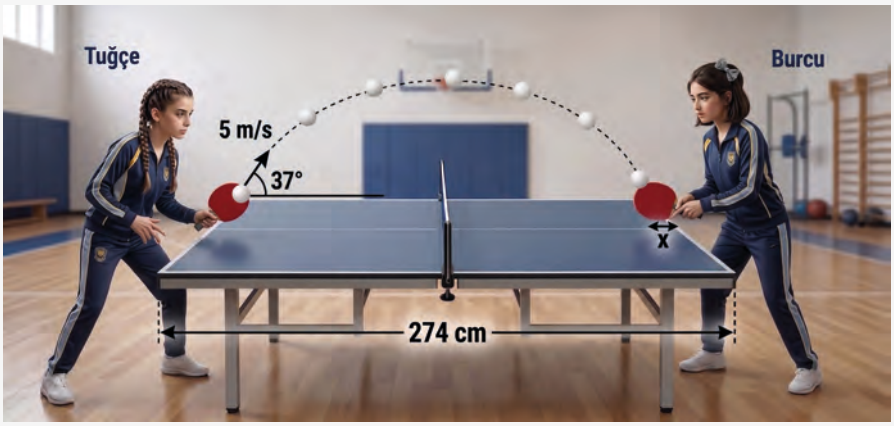
B) Yalnız Merve

C) Ahmet ve Elif

D) Ahmet ve Merve

E) Ahmet, Elif ve Merve

5. Tuğçe ve Burcu, 274 cm uzunluğunda olan ve tam orta noktasında file bulunan masada masa tenisi maçı yapıyorlar.



Tuğçe, şekildeki gibi tenis masasının yan kenarından pinpon topuna 5 m/s'lik hızla vuruyor. Bu vuruş sırasında Tuğçe'nin elindeki raket masayla 37^o açı yapıyor. Burcu, bu atışı masanın kenarından şekildeki gibi x kadar uzaklıkta bulunan bir noktada raketiyle karşılıyor ve Tuğçe'nin sayı almasını engelliyor. Tuğçe ve Burcu'nun raketi topa aynı yükseklikte temas ediyor. (g = 10 m/s^2 alınız. Hava direncini ihmal ediniz. $\sin37^o = \cos53^o = 0,6$ ve $\sin53^o = \cos37^o = 0,8$)

Buna göre

a) Topun havada kalma süresini bulunuz.

.....

.....

.....

.....

b) Topun masa yüzeyinden çıkabileceği maksimum yüksekliği hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

c) Burcu'nun topu karşıladığı x mesafesinin kaç cm olduğunu bulunuz.

.....

.....

.....

.....

ç) Tuğçe topu aynı hızla ama masayla 53^o yapacak şekilde atsaydı Burcu'nun topu karşılayabileceği x mesafesi kaç cm olurdu?

.....

.....

.....

.....

.....

6.



Bir peyzaj mimarı, şehir parkında kullanılmak üzere şekildeki gibi yapay bir şelale planlıyor. Bu plana göre 2 m/s süratle akan su, 5 m yüksekliğindeki düşey bir duvarın tepesindeki yatay bir kanalın ucundan çıkarak aşağıdaki göle düşüyor. (Hava direncini ihmal ediniz ve g = 10 m/s^2 alınız.)

Buna göre

a) Şelalenin altından geçmesi planlanan yaya yolunun genişliği en fazla kaç m olmalıdır?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Şehir meclisindeki sunum için planın 1/10 ölçekli bir modelini yapmak isteyen mimar, suyun hızını kaç m/s olarak ayarlamalıdır?

.....

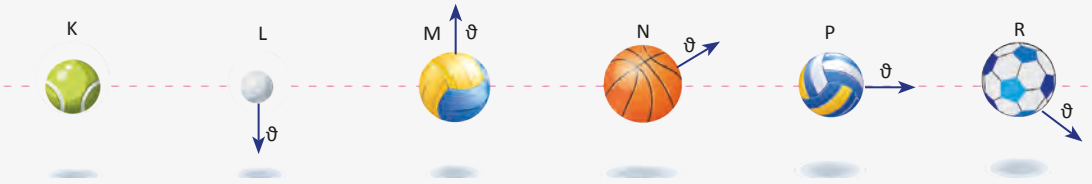
.....

.....

.....

.....

7. Hava sürtünmesinin olmadığı bir ortamda farklı kütleli K, L, M, N, P ve R cisimlerinin aynı yükseklikten serbest düşme hareketi yapmaları sağlanıyor.



K cisminin ilk hızı sıfır ve diğer cisimlerin ilk hız büyüklükleri eşit olup ϑ kadardır. Tüm cisimlerin harekete başlama anları eşittir.

Bu veriler ışığında aşağıda verilen öğrenci yorumlarından doğru olanların karşısındaki yay ayracın içine "D", yanlış olanlarınkine "Y" yazınız.

Hasan: K ile P cisimleri aynı anda yere ulaşır. ( )

Filiz: L cisminin yere çarpma hızı M cisminin yere çarpma hızından büyük olur. ( )

Fatih: Kütlesi en büyük olan cisim yere en önce ulaşır. ( )

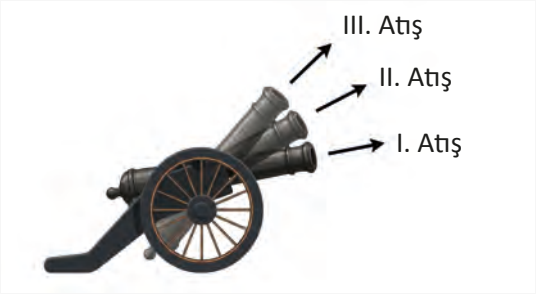
Ayşe: N ile R cisimlerinin yere çarpma hızlarının büyüklükleri eşit olur. ( )

Nisa: M cismi en uzun hareket süresine sahiptir. ( )

Emir: L cismi en kısa hareket süresine sahiptir. ( )

Esat: Tüm cisimlerin birim zamandaki hız değişimleri eşittir. ( )

8.



Bir gösteri alanında şekildeki gibi yatayla farklı açılarda üç adet top atışı yapılıyor. Güllelerin toptan çıkış hızlarının büyüklükleri eşit olup 100 m/s'dir. Topun yatayla yaptığı açı I. atış sırasında 37°, II. atış sırasında 45° ve III. atış sırasında 53°dir. Yer çekimi ivmesi 10 m/s^2 olup hava direnci önemsizdir.

(sin 37° = cos 53° = 0,6; sin 53° = cos 37° = 0,8; sin 45° = cos 45° = $\frac{\sqrt{2}}{2}$)

Bu verilerden yola çıkarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Her atış için güllelerin toptan çıkış hızlarının yatay ve düşey bileşenlerini hesaplayınız ve aşağıdaki tabloya yazınız.

	I. Atış	II. Atış	III. Atış
Yatay Bileşen ϑ_x (m/s)			
Düşey Bileşen ϑ_y (m/s)			

.....

.....

b) Her atış için güllelerin havada kalma sürelerini hesaplayınız ve aşağıdaki tabloya yazınız.

	I. Atış	II. Atış	III. Atış
Havada Kalma Süreleri (s)			

.....

.....

c) Her atış için güllelerin yatayda aldıkları yolları hesaplayınız ve aşağıdaki tabloya yazınız.

	I. Atış	II. Atış	III. Atış
Yatayda Alınan Yollar (m)			

.....

.....

ç) Her atış için güllelerin çıktıkları maksimum yükseklikleri hesaplayınız ve aşağıdaki tabloya yazınız.

	I. Atış	II. Atış	III. Atış
Maksimum Yükseklikler (m)			

.....

.....

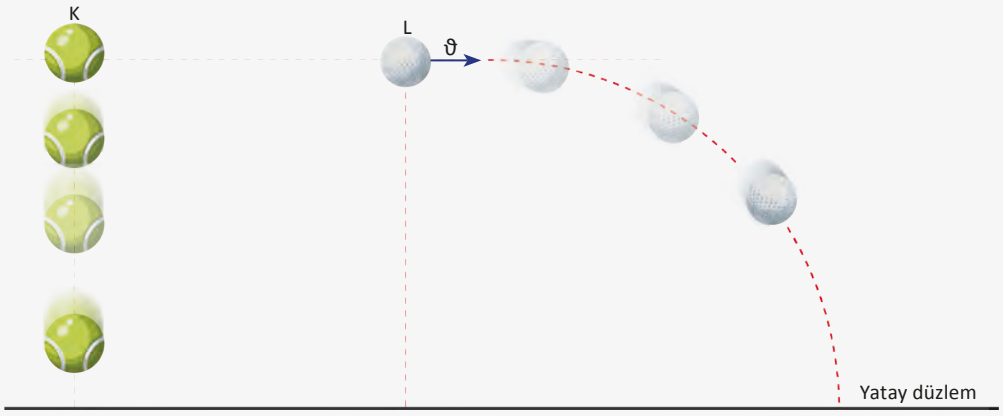
d) Elde ettiğiniz verilerden yola çıkarak iki boyutta sabit ivmeli hareket eden cisimlerin hareketi ile ilgili genellemeler yapınız.

.....

.....

.....

9. Hava sürtünmesinin önemsenmediği bir ortamda kütleleri farklı K ve L toplarından K topu ilk hızsız, L topu ilk hız büyüklüğü ϑ olacak şekilde aynı anda harekete başlıyor.



K topu harekete başladıktan 3 s sonra yere ulaşırken L topu yere 50 m/s hız büyüklüğüyle çarpıyor. ($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Buna göre

a) K topunun harekete başladığı noktanın yerden yüksekliğini hesaplayınız.

b) K topunun yere çarptığı andaki hızının büyüklüğünü hesaplayınız.

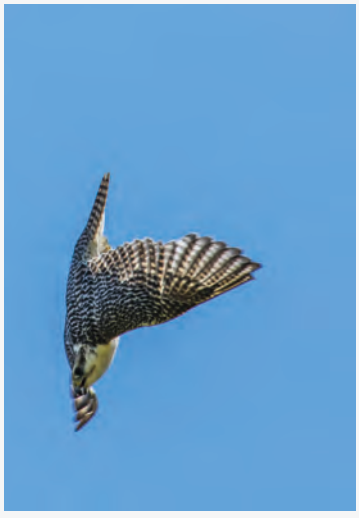
c) K topunun konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

ç) L topunun ϑ hızının büyüklüğünü hesaplayınız.

d) L topunun yatayda aldığı yolu hesaplayınız.

e) L topunun konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.

10.



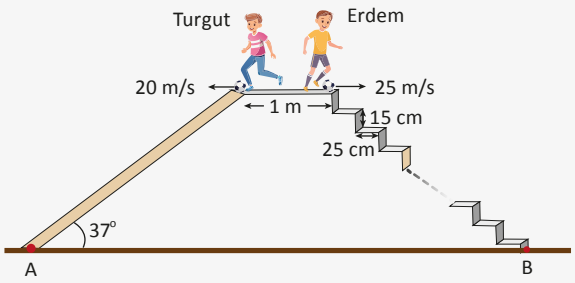
Hava direncinin önemsenmediği bir ortamda düşey doğrultuda şekildeki gibi dalışa geçen bir şahin, 30 m/s hıza ulaştığı anda pençesinde tutmakta olduğu solucanı düşürüyor.

Solucan 5 s sonra yere düştüğüne göre

a) Solucanın hız-zaman grafiğini çiziniz.

b) Çizdiğiniz grafikten yararlanarak solucanın düştüğü noktanın yerden yüksekliğini hesaplayınız. (g = 10 m/s^2 alınız.)

11.



Turgut, şekildeki gibi yatay zeminle 37^{o} açı yapan eğik düzlemin üst ucundaki bir topu 20 m/s büyüklüğünde hızla, Erdem ise basamak mesafeleri 15 cm ve 25 cm olan yeterince yüksek bir merdivenin üst ucunda duran topu 25 m/s büyüklüğünde hızla harekete geçiriyor. Aralarında 1 m'lik uzaklık bulunan toplar, hareketlerine zıt yönlerde başlayarak eğik düzlem ve merdivenin bitiş noktası olan A ve B noktalarına düşüyor. ($g = 10\ m/s^2$ alınız. Hava direncini ihmal ediniz.)

Buna göre

a) Topların yere düşme süresini bulunuz.

b) Topların atıldığı noktaların yer düzleminden yüksekliğini bulunuz.

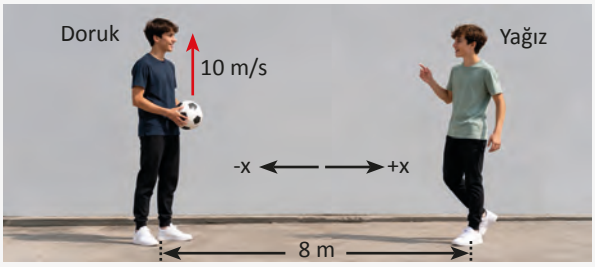
c) Erdem'in attığı topun kaçıncı basamağa düşeceğini bulunuz.

ç) Topların yere düştüğü A ve B noktaları arasındaki mesafenin kaç metre olduğunu hesaplayınız.

d) Erdem'in vurduğu topun, hareketi süresince yatay ve düşey düzlemdeki konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini aşağıda verilen alana çiziniz.

e) Turgut'un vurduğu topun, hareketi süresince yatay ve düşey düzlemdeki konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini aşağıda verilen alana çiziniz.

12.



Bir grup arkadaşıyla istop oynayan Doruk, Yağız'ın ismini söyleyerek topu yere göre 1 m yükseklikten 10 m/s hızla yere dik şekilde yukarı doğru atıyor ve -x yönünde koşmaya başlıyor. Topun atıldığı noktadan 8 m uzakta duran Yağız, ismini duyar duymaz sabit hızla topa doğru koşuyor ve topu Doruk'un elinden çıktığı noktada yakalıyor. ($g = 10\ m/s^2$ alınız. Hava direncini ihmal ediniz.)

Buna göre

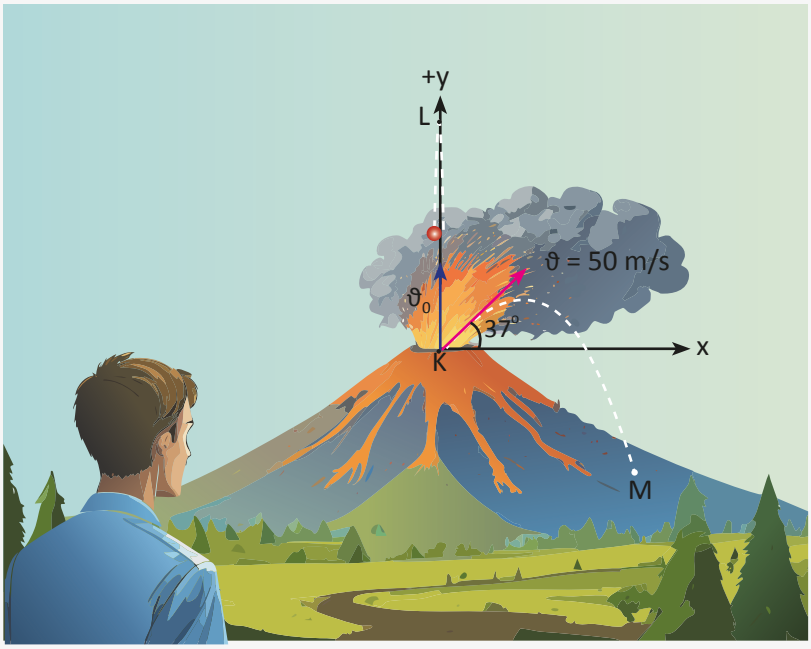
a) Topun havada kalma süresini bulunuz.

b) Topun çıkabileceği maksimum yüksekliği bulunuz.

c) Yağız'ın koşma hızı kaç m/s'dir?

ç) Ortamın yer çekimi ivmesi 5 m/s^2 olsaydı Yağız'ın topu atıldığı yükseklikte yakalayabilmesi için kaç m/s hızla koşması gerekirdi?

13. Yanardağlar, lavlardan oluşan kayalar fırlatabilir. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi bir yanardağ patlaması sırasında bir kaya; ilk hızı sıfırdan farklı, ϑ_0 büyüklüğünde ve +y yönünde olacak şekilde yanardağdan fırlıyor. Bu kayanın hareketini gözlemleyen bilim insanı, K noktasından fırlayan kayanın L noktasına ulaştıktan sonra tekrar K noktasına gelme süresini 8 s olarak ölçüyor. (Hava direncini ihmal ediniz. g = 10 m/s^2 alınız.)



Buna göre

a) Kayanın volkanın ağzından çıktığı andaki ilk hızını (ϑ_0) hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

b) Kayanın 8 s boyunca gerçekleştirdiği serbest düşme hareketi için konum, hız ve ivme değerlerini içeren bir veri seti oluşturunuz ve verilerinizi aşağıdaki tabloya yazınız.

Zaman (s)	Konum (m)	Hız (m/s)	İvme (m/s^2)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

c) Başka bir kaya, K noktasından ϑ = 50 m/s ilk hız büyüklüğüne sahip olarak yatay x ekseni ile 37° açı yapacak şekilde fırlıyor. Kaya, şekildeki gibi serbest düşme hareketi yaparak K noktasının 35 m altındaki M noktasına çarpıyor.

Buna göre kayanın; M noktasına ulaşma süresini, M noktasındaki hızının büyüklüğünü ve yatayda (x ekseni) aldığı yolu hesaplayarak aşağıdaki tabloya yazınız.

M Noktasına Ulaşma Süresi (s)	M Noktasındaki Hız Büyüklüğü (m/s)	Yatayda Aldığı Yol (m)

.....

.....

.....

.....

ç) M noktasına c maddesinde belirtildiği gibi çarpan kayanın; x ve y eksenlerindeki hız-zaman, konum-zaman ve ivme-zaman grafiklerini aşağıdaki tabloya çiziniz.

Eksenler	Hız-Zaman Grafiği	Konum-Zaman Grafiği	İvme-Zaman Grafiği
x ekseni			
y ekseni			

d) M noktasına c maddesinde belirtildiği gibi çarpan kayanın serbest düşerken x ve y eksenlerinde yaptığı hareketi sabit hızlı ve sabit ivmeli hareket ile ilişkilendiriniz.

.....

.....

.....

.....

.....

14. Lina, okula gitmek için evden çıktıktan sonra evin anahtarını unuttuğunu fark ediyor. Annesini arayarak ondan anahtarı kendisine balkondan atmasını istiyor. Annesi, yerden 40 m yükseklikteki anahtarı şekildeki gibi binanın balkonundan düşey doğrultuda (1 yönü) ilk hızsız olarak bırakıyor. Anahtarın yere düştüğü nokta Lina'ya 40 m uzaklıktadır. (Hava direncini ihmal ediniz. g = 10 m/s² alınız.)



Buna göre

a) Anahtarın yere çarpma süresini ve hızını hesaplayınız.

b) Anahtarın 2 yönünde 10 m/s'lik hızla atıldığı durum için yere çarpma süre ve hızını hesaplayınız.

c) Anahtar sırasıyla 1 ve 3 yönünde 10 m/s'lik hızla atılırsa yere kaç m/s hızla çarpar?

ç) Anahtarın Lina'nın bulunduğu yere düşmesi için 3 yönünde hangi hızla atılması gerektiğini hesaplayınız.

d) Anahtar, yatay eksenle θ = 45° açı yaparak 4 yönünde $10\sqrt{2}$ m/s'lik hızla atılıyor.

Anahtarın yatay ve düşey hız bileşenlerinin büyüklüklerini ve bileşke hız büyüklüğünü aşağıdaki tabloda verilen anları dikkate alarak hesaplayınız ve tabloya yazınız.

Zaman (s)	Yatay Hız Bileşeninin Büyüklüğü (m/s)	Düşey Hız Bileşeninin Büyüklüğü (m/s)	Bileşke Hız Büyüklüğü (m/s)
1			
2			
3			
4			

e) Anahtar, yatay eksenle θ = 45° açı yaparak 4 yönünde $10\sqrt{2}$ m/s'lik hızla atılıyor.

Anahtarın aşağıdaki tabloda verilen zaman aralıklarında yatay ve düşey eksendeki yer değiştirmelerinin büyüklüğünü hesaplayınız ve ivme değerlerini aşağıdaki tabloya yazınız.

Zaman Aralığı (s)	Yatay Eksendeki Yer Değiştirme Büyüklüğü (m)	Düşey Eksendeki Yer Değiştirme Büyüklüğü (m)	İvme (m/s^2)
0 - 1			
1 - 2			
2 - 3			
3 - 4			

f) d ve e maddelerinde doldurduğunuz tablolardan yararlanarak anahtarın hareket grafiklerini yatay ve düşey eksenler için aşağıda verilen tablolara çiziniz.

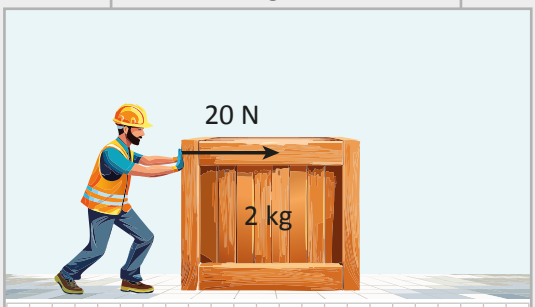
Yatay Eksen		
Konum-Zaman Grafiği (x-t)	Hız-Zaman Grafiği (ϑ-t)	İvme-Zaman Grafiği (a-t)

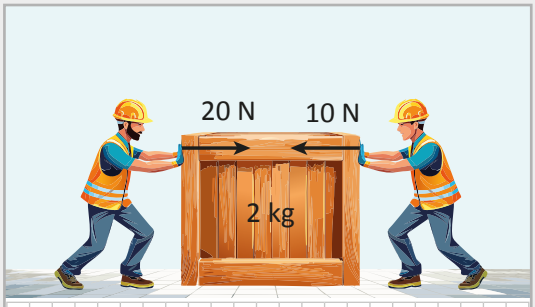
Düşey Eksen		
Konum-Zaman Grafiği (x-t)	Hız-Zaman Grafiği (ϑ-t)	İvme-Zaman Grafiği (a-t)

15. Sürtünmelerin ihmal edildiği ve edilmediği iki farklı ortamda 2 kg kütleli özdeş kutulara yatay düzleme paralel uygulanan kuvvet değerleri aşağıda verilmiştir.

Her bir durum için kutuların ivme büyüklüklerini hesaplayınız. (g = 10 N/kg alınız.)

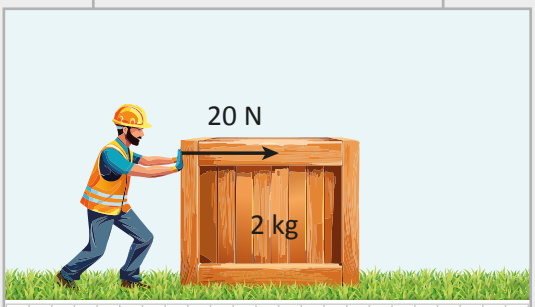
Kutu ile Zemin Arasındaki Sürtünmelerin İhmal Edildiği Ortam

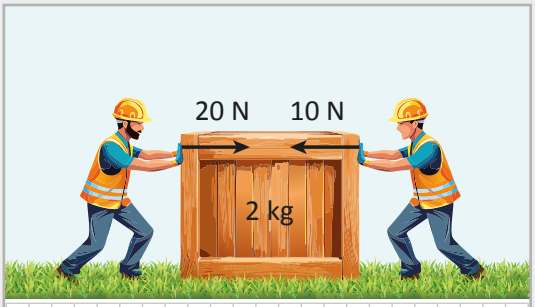




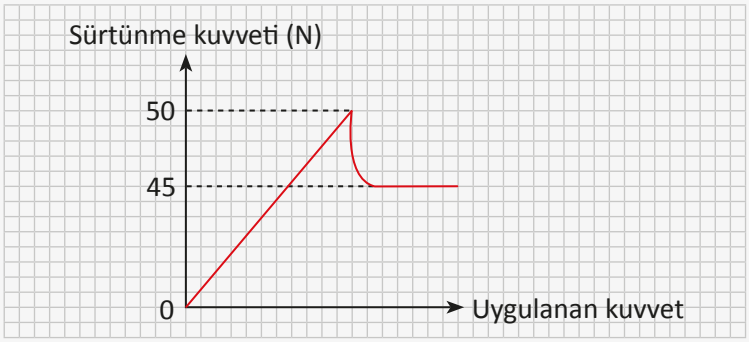
Sürtünmeli Ortam

(k_{statik} = 0,6; $k_{kinetik}$ = 0,4)





16. Alaska'nın bazı bölgelerinde kurt köpeklerinin çektiği kızaklar yük taşımacılığı veya ulaşım amacıyla kullanılmaktadır. Karla kaplı zemin üzerinde duran bir kızağa kurt köpekleri tarafından uygulanan kuvvet ile sürtünme kuvveti arasındaki ilişki aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Buna göre

I. Durgun hâldeki kızağa uygulanan kuvvetin büyüklüğü 46 N olduğunda kızak harekete geçer.

II. Durgun hâldeki kızağa 40 N büyüklüğünde bir kuvvet uygulandığında kızağa 40 N büyüklüğünde statik sürtünme kuvveti etki eder.

III. Kızak ve içindeki kişinin toplam kütlesi 100 kg ise zemin ile kızak arasındaki statik sürtünme katsayısı 0,05'tir.

ifadelerinden hangilerinin doğru olduğunu gerekçeleriyle açıklayınız. Varsa hatalı ifadeleri düzeltiniz. (g = 10 N/kg alınız.)

.....

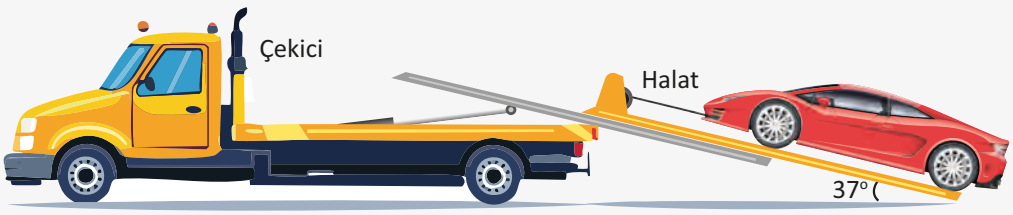
.....

.....

.....

.....

17. Yolda arıza yapan bir otomobil aşağıdaki gibi çekiciye yüklenecektir.



Kütlesi 1500 kg olan bu otomobil 0,1 m/s² ivme ile çekilirken halatta oluşan gerilme kuvvetini hesaplayınız.

(Sürtünmeleri ihmal ediniz. $\sin 37^\circ = 0{,}6$ ve $\cos 37^\circ = 0{,}8$ alınız.)

.....

.....

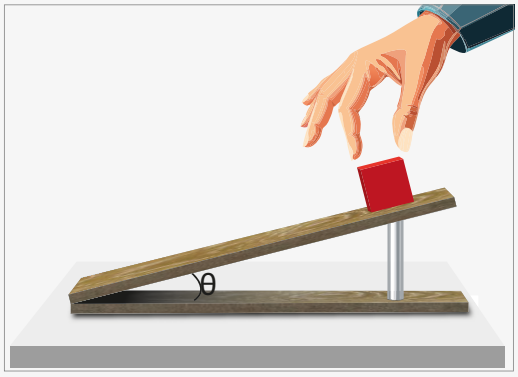
.....

.....

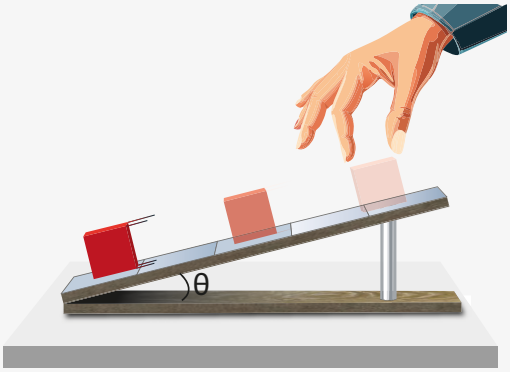
.....

.....

18. Sürtünme kuvveti ile ilgili bir deney yapmak isteyen Defne; şekildeki gibi tahta ve fayans malzemeden yapılmış, eğimi ayarlanabilen iki düzenek kuruyor. Defne, her iki düzeneğin de yatay düzlemle yaptığı θ açısını 30° olarak ayarlıyor. Daha sonra özdeş cisimleri serbest bırakıyor ve cisimlerin harekete başlamadığını gözlemliyor. Düzenekte θ açılarını 45° ye çıkardığında yalnızca fayans zemine sahip eğik düzlemin üzerindeki cismin harekete başladığını tespit ediyor.



Tahta yüzeyli eğik düzlem



Fayans yüzeyli eğik düzlem

Buna göre

I. Tahta zemin ile cisim arasındaki statik sürtünme katsayısı, fayans zemin ile cisim arasındaki statik sürtünme katsayısından büyüktür.

II. θ açılarının 30° olduğu ilk durumda her iki düzenekteki özdeş cisimlere etki eden sürtünme kuvvetleri eşit büyüklüktedir.

III. θ açılarının 45° olduğu ikinci durumda her iki düzenekteki özdeş cisimlere etki eden sürtünme kuvvetleri eşit büyüklüktedir.

ifadelerinden hangilerinin doğru olduğunu gerekçeleriyle açıklayınız. Hatalı ifadeleri düzeltiniz. (g = 10 N/kg alınız.)

.....

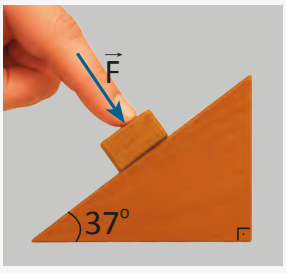
.....

.....

.....

.....

19.



Zehra, oyuncak bloklar ile oynarken 3 kg kütleli blokun eğik düzlem üzerinde kaymasını engellemek için parmağı ile eğik düzleme dik olacak şekilde blokun üzerine bir kuvvet uyguluyor. Eğik düzlemin yatayla yaptığı açı 37° ve yüzeyler arası statik sürtünme katsayısı 0,3'tür.

Buna göre Zehra'nın uygulaması gereken minimum kuvvet kaç N büyüklüğünde olmalıdır?

(sin37° = cos53° = 0,6; sin53° = cos37° = 0,8; g = 10 N/kg alınız.)

.....

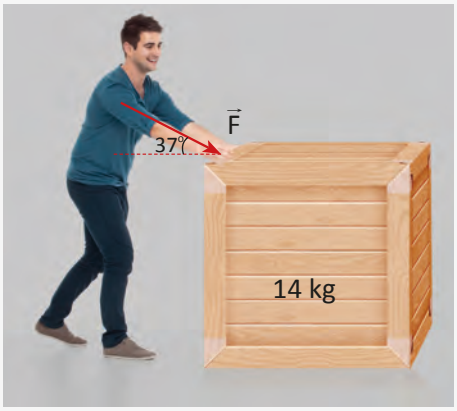
.....

.....

.....

.....

20.



Mehmet, yeni evine eşyaları taşırken 14 kg kütleli şekildeki kutuya yatay zeminle 37° açı yapacak şekilde bir $\vec{F}$ kuvveti uyguluyor. Kuvvet değerini yavaş yavaş artırarak 100 N'a çıkardığı an kutunun hareketlenmeye başladığını ve sonrasında daha küçük büyüklükte bir kuvvetle kutuyu itmeye devam ettiğini fark ediyor.

Buna göre aşağıda verilen ifadelerden doğru olanların yanındaki kutucuklara "✓" işareti koyunuz. Hatalı olan ifadelerin düzeltilmiş hâlini altlarındaki boşluklara yazınız.

(sin37° = cos53° = 0,6; sin53° = cos37° = 0,8; g = 10 N/kg alınız.)

☐ I. Kutu ile zemin arasındaki statik sürtünme katsayısı 0,4'tür.

.....

.....

☐ II. Mehmet aynı büyüklükte bir kuvveti yatayla 53° açı yapacak şekilde uyguladığında cisme 88 N büyüklüğünde sürtünme kuvveti etki eder.

.....

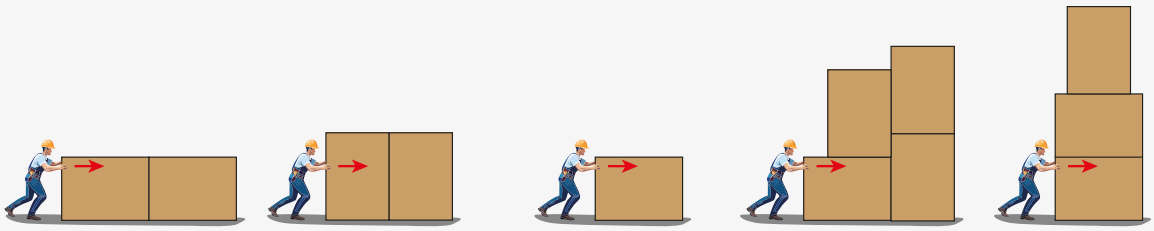
.....

☐ III. Uygulanan kuvvetin büyüklüğü ilk duruma göre yarıya inerse kutuya etki eden sürtünme kuvvetinin büyüklüğü de yarıya iner.

.....

.....

21. 10 kg kütleli özdeş dikdörtgenler prizması şeklindeki bloklar, aşağıdaki gibi beş farklı biçimde özdeş yatay zeminlere yerleştiriliyor. Murat, zemine paralel 200 N büyüklüğünde kuvvet uygulayarak blokları harekete geçirmeye çalışıyor. Bloklar ile zemin arasındaki statik sürtünme katsayısının 0,8; kinetik sürtünme katsayısının 0,6 olduğu biliniyor.



Şekil I Şekil II Şekil III Şekil IV Şekil V

Yukarıdaki şekillerde bloklardan oluşan sistemlere etki eden toplam sürtünme kuvvetlerinin büyüklükleri sırasıyla F_1, F_2, F_3, F_4 ve F_5 olduğuna göre bu kuvvetleri hesaplayarak tabloya yazınız.
(Bloklar birbiri üzerinden kaymamakta ve devrilmemektedir. g = 10 N/kg alınız.)

I. F_1	
II. F_2	
III. F_3	
IV. F_4	
V. F_5	

.....

.....

.....

.....

.....

22. Yatay sürtünmeli bir yolda duran 2 kg kütleli cisme etki edebilecek kinetik sürtünme kuvvetinin değeri 12 N, statik sürtünme kuvvetinin maksimum değeri ise 16 N'dır. Aşağıdaki tabloda bu cisme sırasıyla ve ayrı ayrı yatay doğrultuda uygulanan kuvvet değerleri verilmiştir.

Verilen değerleri göz önünde bulundurarak tabloyu uygun şekilde doldurunuz.

Uygulanan Kuvvet	Statik Sürtünme Kuvveti	Kinetik Sürtünme Kuvveti	Net Kuvvet	İvme
10 N				
15 N				
17 N				
18 N				
20 N				

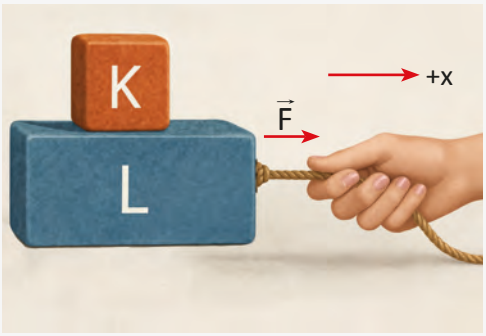
23. Alper, kütlesi 2 kg olan kitaba düşey duvara dik doğrultuda F kuvveti uyguluyor ve kitabı şekildeki gibi dengede tutmaya çalışıyor. Kitap ile düşey duvar arasındaki statik sürtünme katsayısı 0,8; kinetik sürtünme katsayısı ise 0,6'dır. Aşağıdaki tabloda Alper'in kitaba uyguladığı kuvvet büyüklükleri gösterilmiştir.

Buna göre tabloyu uygun şekilde doldurunuz. (Hesaplamalarınız için aşağıda verilen alanı kullanınız. g = 10 N/kg alınız.)



Uygulanan Kuvvetin Büyüklüğü	Sürtünme Kuvvetinin Cinsi	Sürtünme Kuvvetinin Büyüklüğü	Kitabın Hareket Durumu
10 N			
20 N			
30 N			
40 N			

24.

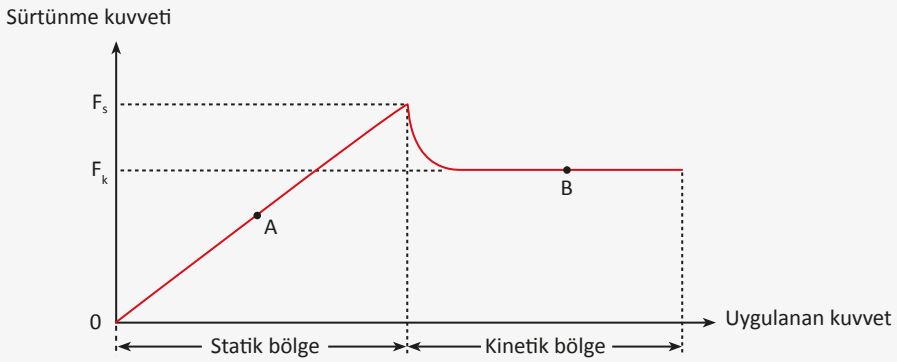


Şekildeki gibi üst üste konan K ve L cisimlerinin kütleleri sırasıyla 1 kg ve 4 kg, cisimler arasındaki statik sürtünme katsayısı ise 0,6'dır. Aslı, L cismine bağladığı bir ip yardımıyla sistemi yatay F kuvveti ile +x yönünde çekiyor.

L cismi ile yatay düzlem arasındaki sürtünme kuvveti ihmal edildiğine göre cisimlerin birlikte hareket etmesini sağlayan en küçük kuvvet değeri kaç N'dır?

(K cismi L cisminin üzerinden kaymamaktadır. g = 10 N/kg alınız.)

25. Aşağıda sürtünme kuvveti-uygulanan kuvvet arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik verilmiştir.



Buna göre

a) A noktasında cisme uygulanan kuvvet ile sürtünme kuvveti arasındaki büyüklük ilişkisi aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) $F_{uygulanan} > F_{statik}$

B) $F_{uygulanan} = F_{statik}$

C) $F_{statik} = 0$

D) $F_{statik} > F_{uygulanan}$

E) $F_{uygulanan} = 0$

b) B noktasında cisme uygulanan kuvvet ile sürtünme kuvveti arasındaki büyüklük ilişkisi aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) $F_{kinetik} = 0$

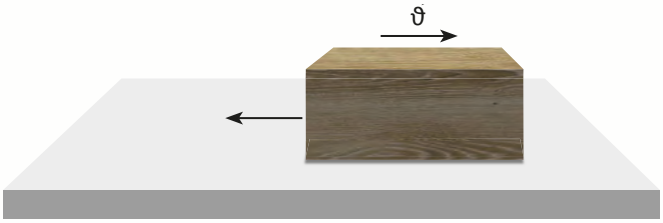
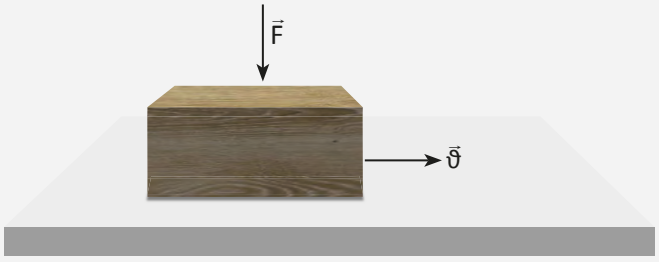
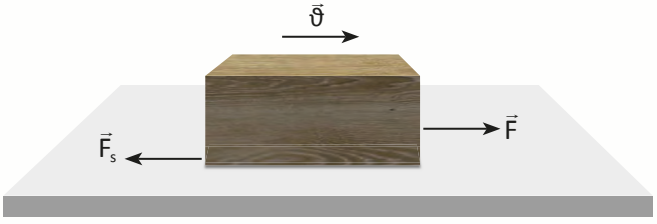
B) $F_{uygulanan} = 0$

C) $F_{kinetik} > F_{uygulanan}$

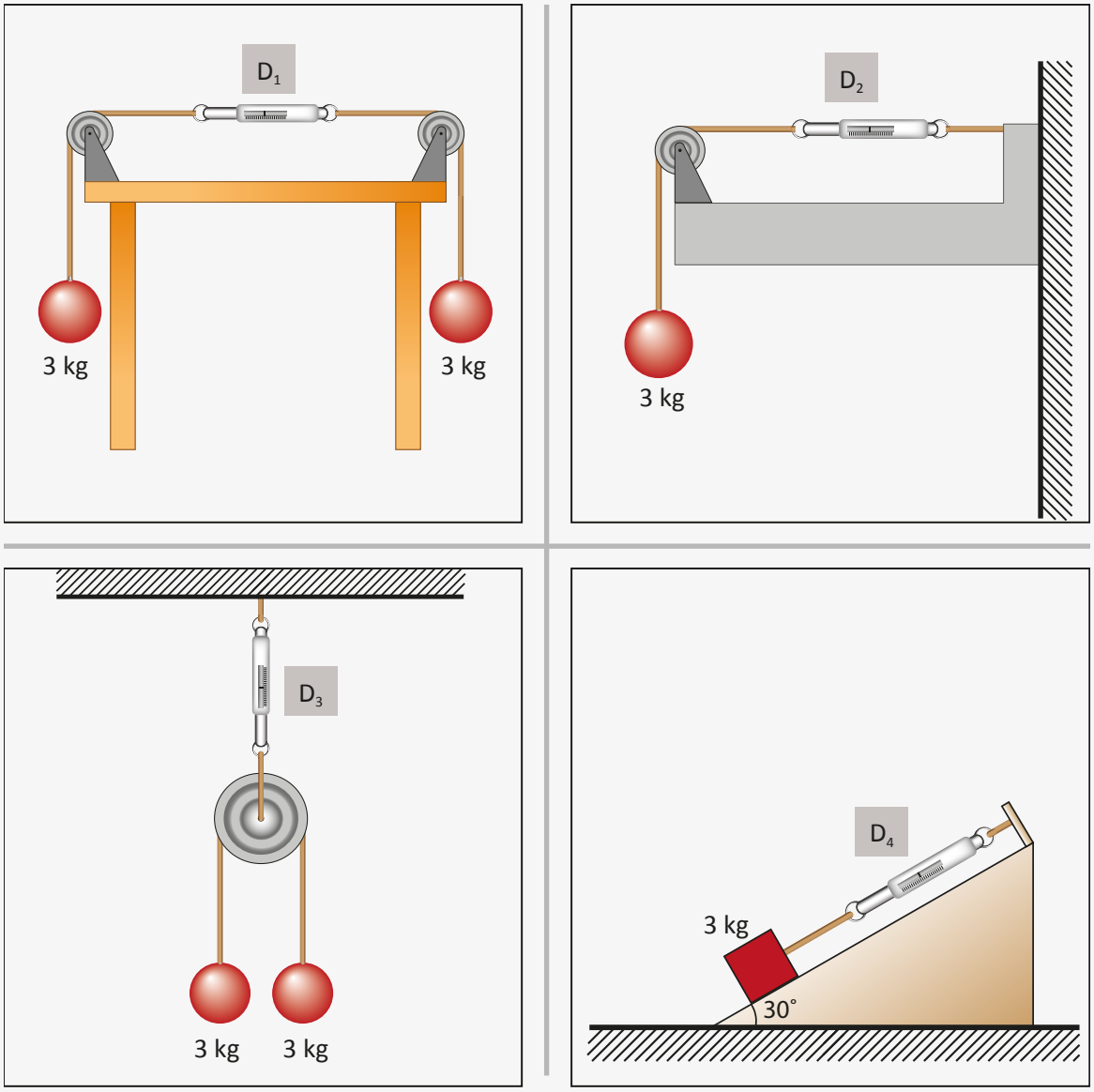
D) $F_{uygulanan} > F_{kinetik}$

E) $F_{uygulanan} = F_{kinetik}$

26. Aşağıda verilen tahta blokların ilk hız ve kuvvet vektörlerini göz önünde bulundurarak yatay bir düzlem üzerindeki hareket durumlarını inceleyiniz. Ulaştığınız sonuçlara göre tabloyu doldurunuz.

Bloklar	Hareket Durumları
 Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlem üzerindeki tahta bloka yatay doğrultuda sabit büyüklükte F kuvveti uygulanıyor.	
 Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde sabit büyüklükte ϑ hızı ile hareket eden tahta bloka hareket yönüne zıt yönde sabit büyüklükte F kuvveti uygulanıyor.	
 Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde sabit büyüklükte ϑ hızı ile hareket eden tahta bloka hareket doğrultusuna dik olacak şekilde sabit büyüklükte F kuvveti uygulanıyor.	
 Yatay düzlemde sabit büyüklükte ϑ hızı ile ilerleyen tahta bloka etki eden sürtünme kuvveti ile cisme hareket yönünde uygulanan kuvvetin büyüklüğü eşit oluyor.	

27. Yer çekimi ivmesi büyüklüğünün 10 N/kg olduğu bir ortamda aşağıdaki şekillerde verilen tüm sistemler dengededir.

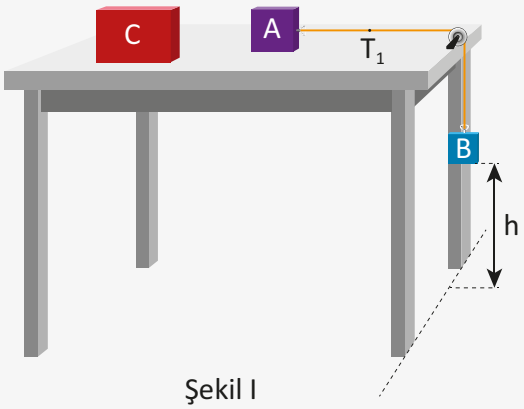


Her bir sistem için kuvvetölçerin okuduğu değeri hesaplayarak diğerleri ile karşılaştırınız.

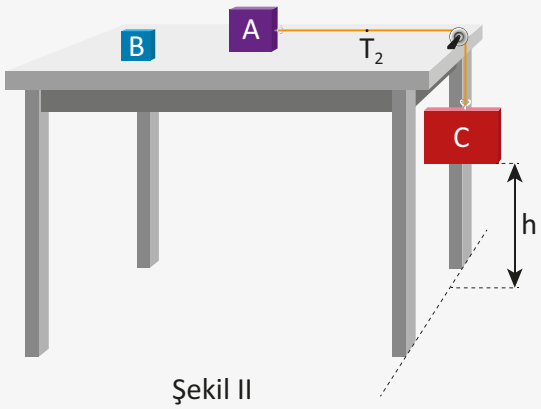
(Makara ve iplerin kütleleri ile tüm sürtünmeleri ihmal ediniz. $\sin 30^\circ = 0{,}5$ alınız.)

28. Mustafa Öğretmen, sınıfta bir gösteri deneyi yapıyor. Deneyde A ve B cisimlerini bir ip yardımıyla makaradan geçirip, birbirine bağlayarak aşağıdaki görselde verilen I. düzeneği oluşturuyor. Sistemi serbest bırakan Mustafa Öğretmen, öğrencilerden B cisminin yere çarpma süresini (t_1) bir süreölçer ile ölçmelerini istiyor.

Mustafa Öğretmen, daha sonra B cisminin yerine daha büyük kütleli C cismini II. düzenekteki gibi bağlıyor. Sistemi serbest bıraktıktan sonra öğrencilerinden cismin yere çarpma süresini (t_2) ölçmelerini istiyor.



Şekil I



Şekil II

Buna göre

a) B cisminin yere çarpma süresi (t_1) ile C cisminin yere çarpma süresini (t_2) karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

.....

b) Şekil I ve Şekil II'deki iplerde oluşan T_1 ve T_2 gerilme kuvvetlerinin büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

c) Mustafa Öğretmen, deneyi yer çekimi ivmesi değerinin daha büyük olduğu bir bölgede tekrarlarsa ivme ve ipteki gerilme kuvveti değerleri nasıl değişir?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

29. Bir asansörün güvenliğini sağlayan hız düzenleyicisi, yatay düzlemde ortak bir mile bağlı ve simetrik olarak dönen iki adet 2 kg'lık kütleden oluşmaktadır. Bu kütleler, normal çalışma durumunda dönme ekseninden 10 cm uzakta dönmektedir. Kütleleri bu konumda tutan yayın yay sabiti k = 800 N/m'dir. Asansörün hızı belirli bir sınırı aştığında kütleler, dönme ekseninden 12 cm uzaklığa ulaşmaktadır. Bu noktada kütleler, bir anahtara temas ederek asansörün acil durum fren sistemini devreye sokmaktadır.

Buna göre fren sisteminin devreye girdiği andaki hız düzenleyicisinin açısal hızı kaç rad/s büyüklüğündedir? (Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

30. 

Karahindiba; genellikle yol kenarlarında, tarla ve bahçelerde kendiliğinden yetişen sarı çiçekli ve yabani bir bitki türüdür. Olgunlaştığında karahindibanın çiçekleri, paraşüt benzeri ince tüylerle çevrili küçük tohumlara dönüşür. Yer çekimi ivmesinin $\vec{g}$, sürtünme katsayısının k olduğu hava ortamında zamanla bu tüyler yere düşmektedir. Karahindiba tohumunun kütlesi m, hareket doğrultusundaki en geniş yüzey alanı A'dır.

Buna göre

a) Karahindiba tohumunun limit hızının büyüklüğünü veren matematiksel modeli limit hızın bağlı olduğu değişkenler cinsinden yazınız.

.....

.....

.....

.....

b) Serin ve nemli bir havada sürtünme katsayısı %10 ve karahindiba tohumlarının hareket doğrultusundaki en geniş yüzey alanı %25 artarsa diğer değişkenler sabit kalmak koşuluyla oluşan bu durum için limit hızın büyüklüğünün nasıl değişeceğini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

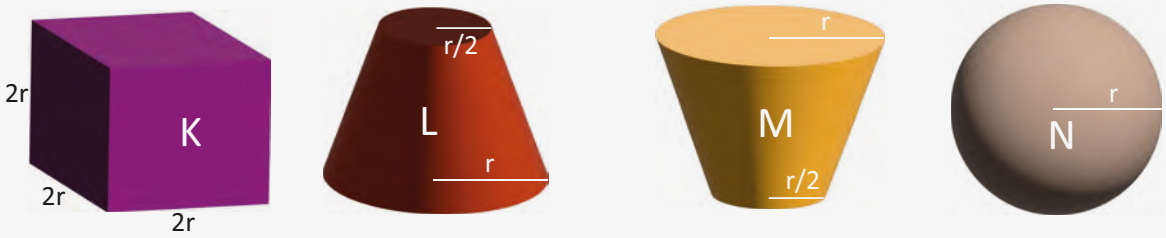
c) Karahindibanın dünya genelinde geniş alanlara yayılması ile limit hız arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

.....

.....

.....

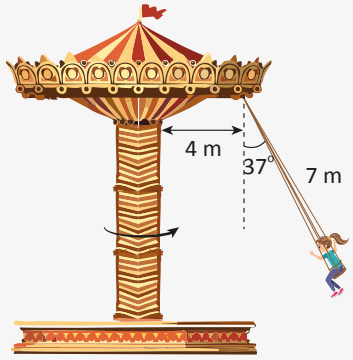
31. Eşit kütleli K, L, M ve N katı cisimlerinin boyutları şekilde verilmiştir. Cisimler aynı ortamda eşit yükseklikten serbest bırakıldıktan belli bir süre sonra limit hıza ulaşmaktadır.



Buna göre aşağıda verilen ifadelerin başına ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin doğrusunu "Açıklama" bölümüne yazınız.

D/Y	İfadeler	Açıklama
	K ile L cisimlerinin limit hızlarının büyüklükleri eşittir.	
	L ile N cisimlerinin limit hızlarının büyüklükleri eşittir.	
	M ile L cisimlerinin limit hızlarının büyüklükleri eşittir.	
	K cisminin limit hızı en büyüktür.	
	N cisminin limit hızı en küçüktür.	

32.



Sekolin isimli dönen salıncaklar, lunaparklarda bulunan eğlence araçlarındandır. Görselde verilen ve merkez eksenden 4 m uzaklıkta 7 m'lik bir zincire bağlı salıncakta oturan kişi, salıncak harekete başladıktan sonra düşey eksenle 37° lik açı yapacak şekilde düzgün çembersel hareket yapıyor. ($\sin 37^\circ = 0{,}6$; $\cos 37^\circ = 0{,}8$; $\pi = 3$, $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Üzerinde oturan kişiyle salıncağın toplam kütlesi 80 kg olduğuna ve tüm sürtünmeler ihmal edildiğine göre

a) Salıncağın periyodunu ve frekansını hesaplayınız.

.....

.....

.....

b) Salıncağın çizgisel ve açısal hızının büyüklüğünü hesaplayınız.

.....

.....

.....

c) Salıncağı tutan zincire etki eden gerilme kuvvetini hesaplayınız.

.....

.....

.....

33. Bir çevre projesi kapsamında yangın sonrası ağaçsız kalan dik bir yamaca helikopterle tohum topları bırakılıyor. Bu tohum toplarının zarar görmeden toprağa ulaşması ve doğru derinliğe saplanması için limit hız kavramı hayati önem taşımaktadır.

Buna göre

a) Yerden 250 m yükseklikteki bir helikopterden bırakılan küre şeklindeki bir tohum topu, bir süre hızlandıktan sonra limit hıza ulaşmaktadır.

Tohum topu limit hıza ulaştığı anda tohum topunun üzerindeki net kuvveti açıklayınız.

.....

.....

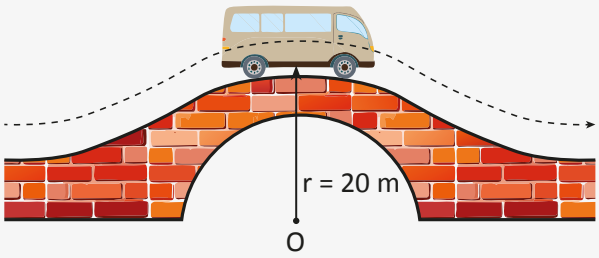
b) **Tohum topunun daha kısa sürede yere ulaşması istendiğinde hangi özellikleri nasıl değiştirilmelidir? Nedenini açıklayınız.**

.....

.....

.....

34.



Sürtünmelerin ihmal edildiği bir yolda ilerleyen 1200 kg kütleli bir minibüs, O merkezli ve 20 m yarıçaplı tümsek şeklindeki köprünün en tepe noktasını 10 m/s hızla geçerek çembersel hareket yapıyor.

Köprünün en tepe noktasını geçtiği an için

a) **Minibüsün yarıçap ve hız vektörünü çiziniz.**

.....

.....

.....

.....

.....

b) **Minibüsün serbest cisim diyagramını çiziniz.**

.....

.....

.....

.....

.....

c) **Minibüse etki eden normal kuvetin büyüklüğünü hesaplayınız.** ($\pi = 3$, $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

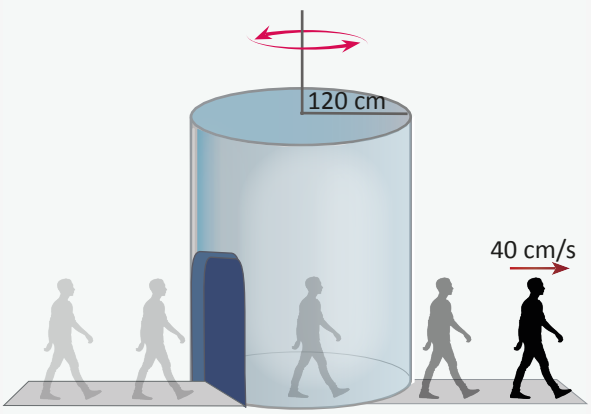
.....

.....

.....

.....

35.



40 cm/s'lik sabit süratle doğrusal bir yolda ilerleyen Yaman, sabit frekansla dönmekte olan 120 cm yarıçaplı silindir şeklindeki tek girişli bir döner kapıdan kapıya temas etmeden geçiyor.

Buna göre döner kapının olası periyot değerlerini bulunuz.

.....

.....

.....

.....

36.



Formula 1 gibi yarışlarda araçların tasarımı kadar yarıştıkları pistlerin mühendisliği de önem taşır. Özellikle keskin virajlara verilen eğim, araçların bu zorlu bölümleri hedeflenen süratte ve maksimum güvenlikle geçebilmeleri için titizlikle hesaplanır. Yandaki görselde bir Formula 1 aracının bu tür eğimli bir virajı güvenle aldığı görülmektedir.

Bu yarış otomobilinin yarışçı ile birlikte kütlesi 800 kg'dır ve yarıçapı 80 m olan virajın eğimi 10°dir.

(Sürtünmeleri ihmal ediniz. $\tan 10^{\circ} = 0{,}176$ alınız.)

Buna göre

a) Yarış otomobiline ait serbest cisim diyagramını çiziniz.

.....

.....

.....

.....

b) Yarış otomobilinin virajı güvenle dönebileceği hızın maksimum değerini hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

c) Yarış otomobiline uygulanan merkezcil kuvvetin büyüklüğünü hesaplayınız.

.....

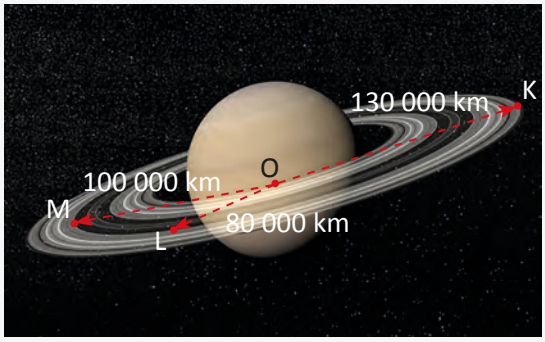
.....

.....

37. Bir öğrenci, Alev Alatlı'nın *Schrödinger'in* (Şırödinger) *Kedisi* (*Rüya*) adlı kitabında yer alan aşağıdaki paragrafı okuyor.

"Çocukluk arkadaşı Zühal'in kir pas içindeki sevimli yüzü gözlerinin önünde canlandı. Arkadaşının adaşı halkalı gezegen Satürn'ü görmek için bakındı, Koç Aries'in arkasından on sekiz uydusunun refakatinde baş verdiğini gördü. Jüpiter'den küçük, dünyadan yedi yüz elli defa daha büyük, sudan hafif Satürn sıvı ve gazlardan oluşmuştu. Ödünç alıp oynamayı düşlediği halkası, altmış bin kilometre genişliğinde buz parçacıklarından oluşan bir kuşaktı."

Öğrenci, bu metni okuduktan sonra Satürn gezegenini merak ediyor ve araştırmaya başlıyor. Araştırma sırasında bir dergide aşağıdaki bilgilerle karşılaşıyor:



Satürn'ün buz ve tozla kaplı kayalardan oluşan yedi ana halkası olduğu bilinmektedir. Bunlar, gezegenin yüzeyine yakınlıklarına göre D, C, B, A, F, G, E olarak sıralanır. Diğer halkalara kıyasla daha parlak olan A, B, C halkalarında bulunan K, L, M buz parçalarının yarıçapları görselde olduğu gibi sırasıyla 130 000 km, 100 000 km ve 80 000 km'dir. O merkezli Satürn'ün bu halkalarında K, L, M parçaları düzgün çembersel hareket yapmaktadır. Gezegenin kütlesi M, düzgün çembersel hareket yapan parçanın, gezegenin merkezine olan uzaklığı R olmak üzere gezegen etrafında dönen parçaların çizgisel sürati $\sqrt{\frac{M}{R}}$ ile doğru orantılıdır.

Buna göre K, L, M parçalarının

a) Çizgisel süratlerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

b) Açısal süratlerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

c) Periyotlarını karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

ç) Merkezcil ivmelerini karşılaştırınız.

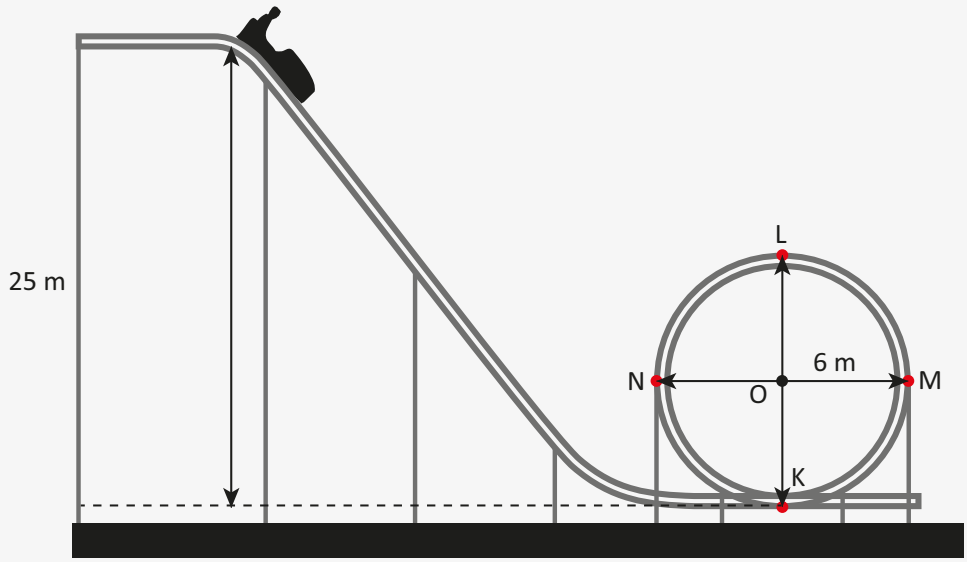
.....

.....

.....

38. Günlük hayatta özellikle pilotlarla ilgili haberlerde g kuvveti kavramından sıklıkla bahsedilir. İsminin aksine g kuvveti, bir kuvvet değil ağırlık olarak hissedilen ivmenin ölçüsüdür. Yer çekimi ivmesinin katları cinsinden ifade edilir. Dünya yüzeyinde 1 g'nin değeri yaklaşık olarak 9,8 N/kg'dır. Lunapark eğlence araçlarından olan hız trenleri, yolcuları aşırı g kuvvetlerine maruz bırakan bir sisteme sahiptir.

Şekilde verilen sistem, 25 m yükseklikten başlıyor ve 6 m yarıçaplı düşey bir döngüden oluşuyor. Sistemdeki kütlesi önemsiz vagona 50 kg kütleli Ali Yasin biniyor. Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda vagon ilk hızsız hareketine başlıyor.



Buna göre Ali Yasin'e çembersel rayın

a) En alt (K) kısmında etki eden g kuvvetini hesaplayınız.

b) En üst kısmında (L) etki eden g kuvvetini hesaplayınız.

c) Yan yüzeyinde (M) etki eden g kuvvetini hesaplayınız.

39. Selim ve Berra, rüzgârsız bir havada aynı uçaktan ağırlığı önemsiz paraşütle atlıyorlar. Belli bir süre sonra paraşütlerini açarak eşit büyüklükte sabit hızla inişe geçiyorlar.

Buna göre aşağıda verilen ifadelerin başına ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin doğrusunu "Açıklama" bölümüne yazınız.

D/Y	İfadeler	Açıklama
	Selim'in kütlesi Berra'nın kütlesinden büyük olabilir.	
	Berra'nın paraşütünün yüzey alanı, Selim'in paraşütünün yüzey alanına eşit olabilir.	
	Selim ile Berra'nın ağırlıkları kesinlikle eşittir.	
	Her ikisine uygulanan hava direnç kuvvetleri eşittir.	
	Yere yaklaştıkça her ikisi de yavaşlamaya başlar.	

40. Türkiye'nin prestijli spor organizasyonlarından biri olan "Cumhurbaşkanlığı Uluslararası Bisiklet Turu"nda sporcuların hızı arttıkça karşılaştıkları en büyük engel hava direnç kuvveti olmaktadır. Bazı durumlarda bir yarışçı düz bir yolda pedal çevirirken belirli bir hıza ulaştığında ne kadar güç harcarsa harcasın hızı artmamaktadır. Yarışçılar, bu durumun olumsuz etkisini azaltmak için bazı önlemler almaktadır.

Buna göre

a) Yarışlarda sporcular, öndeki bisikletçinin hemen arkasına tek sıra hâlinde dizilirler.

Arkadaki bisikletçinin öndekiyle aynı hızı korurken çok daha az enerji harcamasının sebebini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Bir bisikletçi, yokuş aşağı inerken hızını artırmak için sele üzerine kapanır ve kollarını içeri büker.

Sporcunun kütlesi değişmediği hâlde sadece vücut pozisyonunu değiştirerek daha yüksek bir limit hıza ulaşmasını sağlayan nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

c) Sporcuların damla şeklinde kasklar kullanmasının temel nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

Karekoddan yararlanarak daha fazla soruya ulaşabilirsiniz.

2. ÜNİTE

ELEKTRİK VE MANYETİZMA

2.1. ELEKTRİKSEL KUVVET VE ELEKTRİKSEL ALAN

2.2. MANYETİK ALAN VE MANYETİK KUVVET

2.3. İNDÜKSİYON AKIMI

2.4. TRANSFORMATÖRLER

▶ **Anahtar Kavramlar**

- **elektriksel kuvvet**
- **elektriksel alan**
- **manyetik alan**
- **manyetik kuvvet**
- **manyetik akı**
- **indüksiyon akımı**
- **indüksiyon gerilimi**
- **alternatif akım**
- **transformatör**

▶ Bu ünitede sizlerden

- elektriksel kuvvetin ve elektriksel alanın matematiksel modelini oluşturmanız, Faraday kafesi ve kullanım alanları ile ilgili bilgi toplamanız, mıknatısların birbiriyle etkileşimine yönelik bilimsel gözlem yapmanız,
- üzerinden akım geçen düz bir iletken telin oluşturduğu manyetik alanın ve akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın matematiksel modelini oluşturmanız, elektromıknatısların kullanım alanlarına ilişkin bilgi toplamanız,
- manyetik alanda üzerinden akım geçen düz bir iletken tele etki eden manyetik kuvvetin matematiksel modelini oluşturmanız,
- manyetik kuvvet ile ilgili çıkarımlarınızı elektrik motorlarının çalışma prensibine yansıtmanız, manyetik akıya etki eden etmenler arasındaki ilişkiyi belirlemeniz ve indüksiyon geriliminin matematiksel modelini oluşturmanız, alternatif akım hakkında bilimsel çıkarım yapmanız, transformatörün yapısı ve kullanım alanlarına yönelik değerlendirme yapmanız

beklenmektedir.

Bu ünitede sizlerden soru kutusunu ve testi (açık uçlu maddeler) cevaplamanız, çıkış kartı ve çalışma yaprağını doldurmanız, deney ve basit elektrik motoru tasarlamanız, bilgi görseli ve sunu hazırlamanız istenmektedir.



Ünite Karekodu

Ünite Sunusu Karekodu

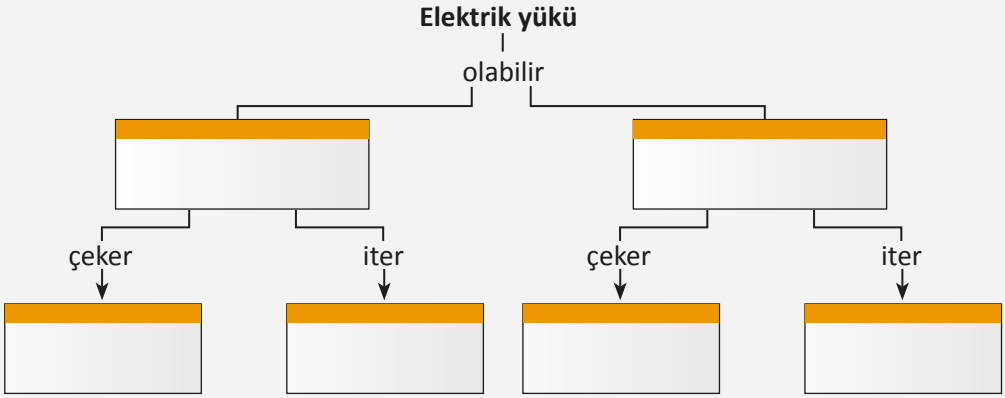
Uzun vadede fosil yakıtların enerji ihtiyacını karşılamada yetersiz kalacağı endişesi, insanlığı yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Güneş, rüzgâr, dalga, biyokütle ve hidrojen enerjileri ile hidrolik ve jeotermal enerjiler yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. XXI. yüzyılda bu kaynakların kullanımının toplam enerji tüketiminin en az %20 ila %50'sine denk geleceği tahmin edilmektedir.

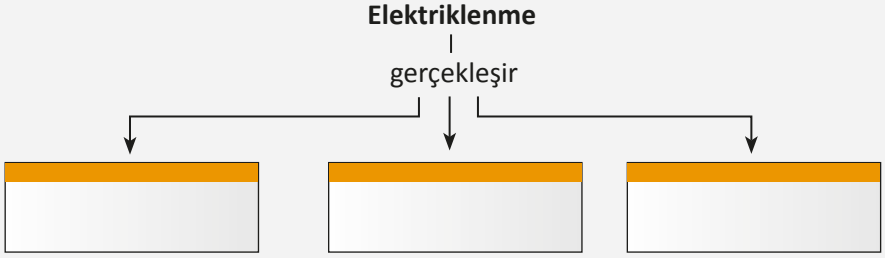
Klasik rüzgâr türbinleri, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgârın türbin kanatlarına çarparak kinetik enerjisini aktarması ile kanatlar dönmeye başlar. Dönme kinetik enerjisi, bu kanatlara bağlı olan iç kısımdaki rotorların dönmesi ile rotora bağlı alternatörlere aktarılır. Alternatörler ise bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Yüksek kurulum maliyeti, ses ve görüntü kirliliği oluşturması ve rüzgârın az olduğu zamanlarda çalışamaması klasik rüzgâr türbinlerinin dezavantajlarından bazılarıdır.

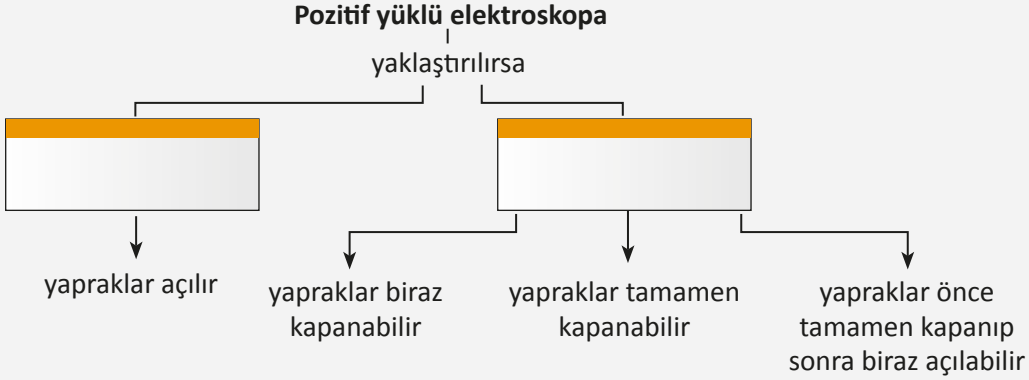
MAGLEV (manyetik levitasyon) rüzgâr türbinlerinin yapısı klasik rüzgâr türbinlerinden farklıdır. Bu türbinlerin boyları daha kısa, kanatları da daha küçüktür. MAGLEV rüzgâr türbinleri; mil, rulman gibi mekanik bağlantılı ekipmanlar yerine sabit mıknatıslar yardımıyla havada asılı kalan kısımlardan oluşur. Mıknatısların manyetik kaldırma kuvveti sayesinde sürtünme kayıpları azaltılır. Böylece çok düşük süratlerdeki rüzgârlar ile enerji üretilebilir.

Başlarken

1. Aşağıda elektrik yüklerinin etkileşimi ve çeşitleri, elektriklenme çeşitleri, yüklü cisimler ile elektroskop arasındaki etkileşim hakkında bir kavram haritası verilmiştir. Kavram haritasında boş bırakılan yerleri doldurunuz.







2. Şekil I, Şekil II ve Şekil III'te birbirinin etkileşim alanında bulunan mıknatıslar verilmiştir.



Şekil I Şekil II Şekil III

Buna göre

a) Mıknatısların kutuplarının etkileşimi sonucu birbirine uyguladıkları kuvvetlerin yönünü yukarıdaki şekiller üzerinde çizerek gösteriniz.

b) Çizdiğiniz kuvvetlerden yararlanarak mıknatısların kutuplarının davranışını açıklayınız.

.....

.....

3. Aşağıda Dünya'nın manyetik alanı ile ilgili açıklamalar ve ilişkili kavramlar verilmiştir. Açıklamaların başındaki harfi ilişkili olduğu kavramın başındaki yay ayracın içine yazarak açıklamaları ve kavramları doğru bir şekilde eşleştiriniz.

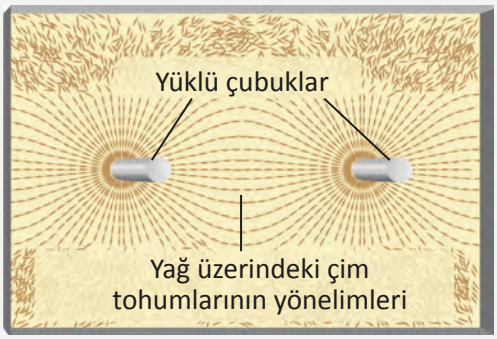
Manyetik Alan ile İlgili Açıklamalar	**Açıklamalar ile İlişkili Kavramlar**
a) Güneş'ten gelen yüklü parçacıkların Dünya'nın manyetik alanı ile etkileşmesi	( ) Arı
b) İğne şeklinde sabit eksen etrafında dönebilen mıknatıs yardımıyla yön bulma	( ) Köpek balığı
c) Kumsalda yumurtadan çıktıktan sonra denizin yolunu bulan canlılar	( ) Deniz kaplumbağası
ç) Güney Afrika'dan Avustralya'ya yüzerek göç eden canlılar	( ) Kutup ışıkları
d) Kovandan ayrıldıktan sonra tekrar yuvasını bulan canlılar	( ) Pusula
e) Uzay araçlarının yönelim sistemlerinde kullanılması	( ) Uydu teknolojisi
	( ) Aslan

4. Aşağıda verilen metin ve görselden, ayrıca fen bilimleri dersinde öğrendiğiniz elektrostatik ile ilgili bilgilerden hareketle soruları cevaplayınız.

Görsel I'de tarağın uçlarına yapışmış bir şekilde duran küçük kâğıt parçaları, Görsel II'de ise yağ içine batırılmış yüklü çubuklar ile çim tohumlarının yağ içindeki yönelimleri gösterilmiştir. Tarağın kâğıt parçalarını çekmesi ve çim tohumlarının yönelimleri yüklü cisimlerin etrafında oluşan elektriksel alan ile ilgilidir.



Görsel I



Görsel II

a) Tarağın kâğıt parçalarını nasıl çektiği ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

b) Tarağın ve kâğıt parçalarının yüklerinin cinsi hakkındaki tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

c) Çubukların yüklerinin cinsi hakkındaki tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

ç) Tarağa ve kâğıda etki eden elektriksel kuvvetlerin yönü hakkındaki tahminlerinizi yazınız.

.....

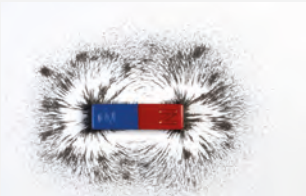
.....

d) Elektriksel kuvvet ile elektriksel alanı ilişkilendirerek açıklayınız.

.....

.....

5. Aşağıda mıknatısların etrafına serpiştirilmiş demir tozlarının aldığı şekil gösterilmiştir. Demir tozlarının mıknatısların etrafında belli bir şekil alması mıknatısların oluşturduğu manyetik alan ile ilgilidir.







Buna göre

a) Mıknatısların etkileşimini manyetik alan çizgileri ile ilişkilendiriniz.

.....

.....

.....

.....

b) Birbirinin etkileşim alanında bulunan aşağıdaki mıknatısların etkileşimini manyetik alan çizgilerini çizerek modelleyiniz.



Şekil I

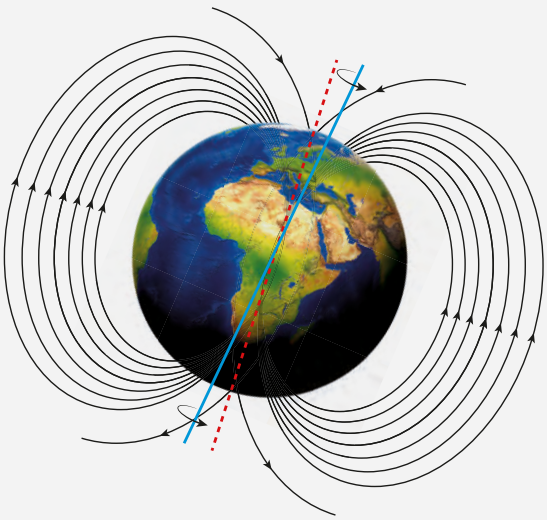


Şekil II



Şekil III

6. Yandaki görselde Dünya'nın manyetik alanı modellenmiştir. Dünya'nın manyetik alanını manyetik alan çizgilerinden hareketle inceleyiniz. Çubuk mıknatısın manyetik alan çizgileriyle Dünya'nın manyetik alan çizgilerinin ilişkisini sözlü olarak açıklayınız.



2.1. ELEKTRİKSEL KUVVET VE ELEKTRİKSEL ALAN

Doğadaki dört temel kuvvetten biri olan elektromanyetik kuvvetin etkileri, milattan önceki yıllardan beri bilinmektedir. Ağaç reçinesinin fosilleşmiş bir biçimi olan kehribarın (Görsel 2.1) bir bez ile ovulması sonucunda saman ve tüyleri çektiği Antik Dönem'de bilinen bir durumdur. Kehribar, Antik Yunancada elektrik kelimesinin kökeni olan "electron"a karşılık gelmektedir.

Cisimler arasındaki itme ve çekme, yaylardaki gerilme ve sıkışma kuvvetlerinin sebebi atomik düzeyde elektriksel kuvvetlerdir. Elektriksel kuvvetler, maddelerin yapı taşı olan atomların ve moleküllerin oluşumunu ve birbiri ile etkileşimini sağlar. Elektromanyetik kuvvetlerin bilimsel olarak açıklanmasıyla radyo, televizyon, elektrik motoru, jeneratör, transformatör, parçacık hızlandırıcısı, bilgisayar gibi birçok alet ve cihazın geliştirilmesi mümkün olmuştur.



Görsel 2.1: *Kehribar*

2.1.1. Elektriksel Kuvvet

Bazen araba kapısına dokunulunca hafifçe elektrik çarpar. Halı üzerinde yürüyen bir kişi daha sonra bir metale dokunduğunda benzer bir çarpılma durumu yaşar. Bulutların etkileşime girerek yüklenmesi ve bu yükün ani akışıyla şimşek ve yıldırım meydana gelir (Görsel 2.2). Bu tür olaylar, elektriksel kuvvetlerin etkisiyle gerçekleşir. Tüm bu olayların sebebi; sürtünme sonucu biri pozitif, diğeri negatif yükle yüklenen cisimler arasında elektronların hareket etmesi ve bir yük akışı meydana gelmesidir.



Görsel 2.2: *Şimşek ve yıldırım*

1. Etkinlik **Elektriksel Kuvvet**

Amaç	Elektrik yükleri arasındaki elektriksel kuvvetin matematiksel modeline yönelik tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, elektroskop, kutu, yüklü yalıtkan cisim
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında verilen soru kutusunu hazırlayınız ve soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen görselleri inceleyiniz ve soruları cevaplayınız.

Otomobilin Üretim Aşamasında Homojen Olarak Boyanması	Fotokopi Makinesinde Bir Belgenin Çoğaltılması
	
a) Araba boyanırken kullanılan boya ile araba yüzeyinin elektrik yüklerinin cinsi hakkındaki tahminlerinizi yazınız. .... b) Tahminlerinizi gerekçelendirerek açıklayınız.	a) Kâğıdın metin bulunan kısımları ile makinenin kullandığı mürekkep boyanın elektrik yüklerinin cinsi hakkındaki tahminlerinizi yazınız. .... b) Tahminlerinizi gerekçelendirerek açıklayınız. ....

2. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

Soğuk ve kuru havalarda yün kazak çıkarılırken kazağın saçlara sürtünmesinden dolayı ses ve ışık oluştuğu gözlemlenir. Çamaşır kurutma makinesinden çıkarılan giysiler birbirine ve vücuda yapışabilir. Elektronik aletlerin ekranlarına tozlar tutunur. Tüm bu olaylar ile arabaların boyanması, fotokopi makinelerinde metinlerin çoğaltılması gibi uygulamalarda elektrik yüklerinin ve elektriksel kuvvetlerin etkisi vardır. Elektriksel kuvvet, günlük hayatın birçok alanında önemli rol oynar.

Günlük hayatta elektriksel kuvvetin başka hangi durumlarda karşınıza çıkabileceği ile ilgili fikirlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

3. Aşağıda verilen görselleri ve açıklamalarını inceledikten sonra soruları cevaplayınız.



Görselde verilen Van de Graff (Van dı Graaf) jeneratörünün metal küre kısmında genellikle yüksek miktarda pozitif yük birikir. Gerekli önlemler alınarak bu küreye dokunan bir kişinin saç telleri görseldeki gibi dikleşir.



Görselde modellemesi verilen DNA'nın her iki ipliği de negatif yüklüdür. Hücre içi iyonik ortam DNA'nın sarmal yapısının korunmasında etkili olan faktörlerden biridir.

a) Van de Graff jeneratörünün metal küresine dokunan kişinin saçlarının dikleşmesini elektriksel kuvvet ile ilişkilendirerek açıklayınız.

.....

.....

b) Dikleşen saç miktarını etkileyen faktörleri açıklayabilmek için hangi bilgilere ihtiyaç olduğunu yazınız.

.....

.....

c) DNA'nın sarmal yapısını koruyabilmesini elektriksel kuvvet ile ilişkilendirerek bu olayın canlı yaşamı bakımından önemine yönelik düşüncelerinizi yazınız.

.....

.....

4. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.

5. Noktasal yükler arasındaki elektriksel kuvvetin bağlı olduğu değişkenler ile ilgili aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

a) Elektrik yüklerinin yük miktarı, elektriksel kuvvetin büyüklüğünü nasıl etkiler?

.....

.....

b) Elektrik yükleri arasındaki uzaklık elektriksel kuvvetin büyüklüğünü nasıl etkiler?

.....

.....

c) Elektrik yüklerinin arasındaki ortamın özellikleri elektriksel kuvvetin büyüklüğünü nasıl etkiler?

.....

.....

6. Grup arkadaşlarınızla iş birliği içinde elektriksel kuvvetin büyüklüğünün bağlı olduğu değişkenlere yönelik hipotezler oluşturunuz ve hipotezlerinizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

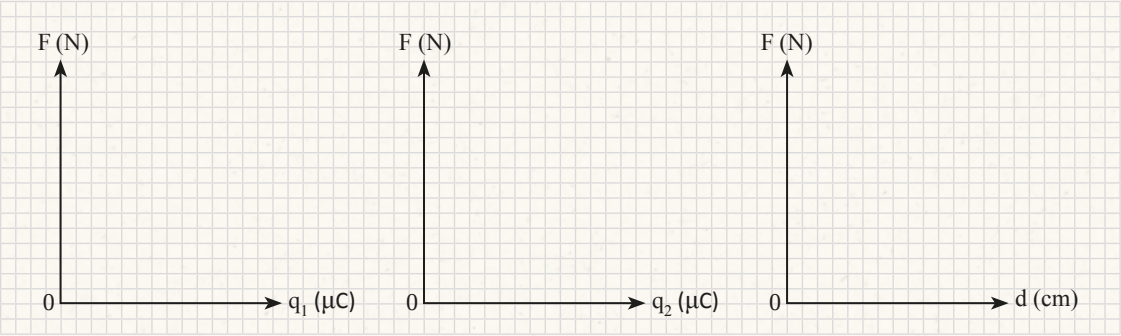
7. Yandaki karekoddan yararlanarak elektriksel kuvvet ile ilgili simülasyona ulaşınız.

8. Ana sayfada yer alan "Makro Ölçek" kısmına tıklayınız.

9. Aşağıdaki tabloya farklı durumlar için q_1 ve q_2 yüklerinin arasındaki uzaklık ve yüklerin büyüklüklerinin değerlerini belirleyip yazınız. Belirlediğiniz değerleri simülasyonda kullanarak her bir durum için yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetlerin büyüklüğünü tabloda ilgili alana yazınız.

	q_1'in Yük Miktarı	**q_2'nin Yük Miktarı**	**Yükler Arası Uzaklık**	**q_1'in q_2'ye Uyguladığı Kuvvetin Büyüklüğü**	**q_2'nin q_1'e Uyguladığı Kuvvetin Büyüklüğü**
1. durum					
2. durum					
3. durum					
4. durum					
5. durum					

10. Elde ettiğiniz verilerden hareketle aşağıda verilen kuvvet (F)-yük (q_1), kuvvet (F)-yük (q_2), kuvvet (F)-uzaklık (d) grafiklerini çiziniz.



11. Çizdiğiniz grafiklerden yararlanarak hipotezlerinizi destekleyen ya da çürüten kanıtları aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

12. Simülasyon, tablo ve grafikler üzerinden topladığınız verileri kullanarak ve arkadaşlarınızla fikir alışverişinde bulunarak elektriksel kuvvetin bağlı olduğu etmenler arasındaki ilişkiyi keşfediniz. Keşfettiğiniz ilişkiden yararlanarak elektriksel kuvvetin matematiksel modelini aşağıdaki alana yazınız.

.....

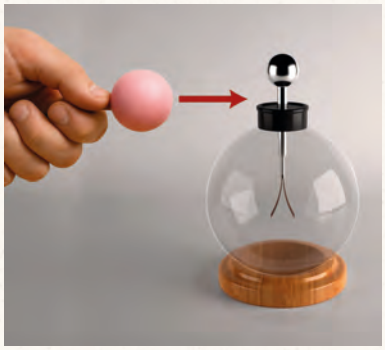
.....

.....

.....

13. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen uygulamayı yapınız.

Elektriksel kuvvetin büyüklüğü ile ilgili yaptığınız çıkarımlara ek olarak ortamın elektriksel geçirgenliğinin de bu kuvvete etkisi vardır. Bu etki, ortamın elektriksel geçirgenliğine bağlı olarak değişebilen Coulomb (Kulomb) sabiti ile ifade edilir. Elektriksel kuvvet Coulomb sabiti ile doğru orantılıdır. Elektriksel kuvveti yüklerin büyüklükleri, yükler arasındaki uzaklık ve Coulomb sabiti ile açıklayan matematiksel model "Coulomb Yasası" olarak adlandırılır.



Nötr bir elektroskopa elektrik yüklü bir yalıtkanı şekildeki gibi yaklaştırınız. Daha sonra yalıtkanın elektroskopa olan mesafesini değiştirerek elektroskopun yapraklarının açılma mesafelerini gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi Coulomb Yasası'yla ilişkilendirerek aşağıda verilen alana yazınız.

Gözlemleriniz

.....

.....

.....

.....

14. Aşağıdaki a maddesinde yer alan örnek problem durumunda yükler arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü F olarak verilmiştir. Diğer problem durumları için yükler arasındaki elektriksel kuvvetin kaç F olduğunu tabloda ilgili alana yazınız. Ayrıca problem durumlarından hareketle Coulomb Yasası'nın matematiksel modeli ile ilgili yaptığınız genellemenizi tabloya yazınız.

Problem Durumları	Elektriksel Kuvvetin Büyüklüğü	Genellemeniz
a) Yük miktarları q_1 ve q_2 olan cisimler arasındaki mesafe d, aralarındaki ortamın Coulomb sabiti k'dir.	F	
b) Yük miktarları $2q_1$ ve q_2 olan cisimler arasındaki mesafe d, aralarındaki ortamın Coulomb sabiti k'dir.		
c) Yük miktarları $2q_1$ ve $2q_2$ olan cisimler arasındaki mesafe d, aralarındaki ortamın Coulomb sabiti k'dir.		
ç) Yük miktarları q_1 ve q_2 olan cisimler arasındaki mesafe 2d, aralarındaki ortamın Coulomb sabiti k'dir.		
d) Yük miktarları q_1 ve q_2 olan cisimler arasındaki mesafe d, aralarındaki ortamın Coulomb sabiti 2k'dir.		

Değerlendirme

Öğretmeninizin rehberliğinde bir soru kutusu oluşturunuz. Coulomb Yasası ile ilgili aşağıda verilen sorulara benzer farklı madde türlerinden (açık uçlu, doğru-yanlış, boşluk doldurma, çoktan seçmeli) oluşan sorular hazırlayarak kâğıtlara yazınız. Hazırladığınız soru kâğıtlarını oluşturduğunuz soru kutusunun içine atınız. Soru kutusunun içinden rastgele bir kâğıt alarak, kâğıdın üzerindeki soruları okuyup cevaplayınız.

Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü nelere bağlıdır? Açıklayınız.

Aşağıdaki tabloda verilen ifadelerin karşısına ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadelerin doğrusunu "Açıklama" kısmına yazınız.

İfadeler	D/Y	Açıklama
Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü yüklerin cinsine bağlıdır.		
Elektriksel kuvvetin büyüklüğü yükler arasındaki mesafe azalırsa artar.		

Aşağıdaki boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

- Yüklü cisimler arasında itme ve çekme şeklinde oluşan elektriksel kuvveti ..... açıklar.
- Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü, cisimlerin yük miktarı ile ..... orantılıdır.

Benjamin Franklin
Benjamin Franklin (1706-1790), uçurtma ile yaptığı bir deneye dayanarak yıldırımdan korunmanın bir yolunu bulduğunu açıklamıştır. Yüksek binalara sivri uçlu metal çubuklar yerleştirilip iletken kablolarla toprağa bağlandığında bulut-taki yüklerin yıldırıma sebep olmadan boşaltılabileceğini iddia etmiştir. Günümüzde paratoner olarak adlandırılan bu sistemler yardımıyla yıldırımların binalara hasar vermesi önlenebilmektedir.

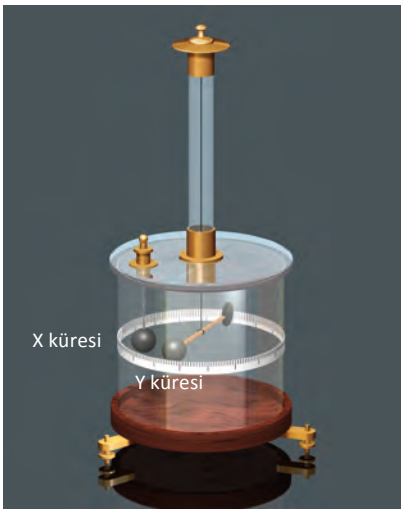
Elektriksel yük, parçacıkların birbirine elektriksel kuvvet uygulamasına neden olan fiziksel bir niceliktir. Korunumlu bir nicelik olarak elektriksel yükün sembolü "q", SI'da birimi "coulomb"dur [kulomb (C)]. Doğada iki cins yük vardır. Benjamin Franklin (Bencemin Frenklın), 1747 yılında zıt cins yükler için pozitif ve negatif isimlendirmelerini önermiştir. Pozitif yüklü cisimlerin pozitif yük miktarları negatif yük miktarlarından fazladır. Atomların nötr, diğer bir deyişle net yüklerinin sıfır olmasının sebebi, eşit miktarda pozitif ve negatif yük içermeleridir. Atom çekirdeğinde yer alan proton sayısı ile çekirdeğin etrafında bir bulut içinde dağılmış olarak bulunan elektronların sayısı birbirine eşittir. Bu durumda elektronun yükünün protonun yüküne miktarca eşit fakat cins olarak zıt olması gerekir. Atomu oluşturan parçacıkların yükleri ve kütlelerinin yaklaşık değerleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1: *Atom Altı Parçacıkların Yaklaşık Yük ve Kütleleri*

Atom Altı Parçacık	Yaklaşık Yük Miktarı (C)	Yaklaşık Kütle (kg)
Elektron	$-1{,}6 \cdot 10^{-19}$	$9{,}11 \cdot 10^{-31}$
Proton	$+1{,}6 \cdot 10^{-19}$	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$
Nötron	0	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$

1 C yük, nicelik olarak dikkate değer büyüklükte bir yüktür. Bazı güçlü sayılabilecek yıldırımlar 20 C ila 30 C arası yük taşır. Günlük hayatta saça sürtülen tarağın ya da çıkarılan yün kazağın yüklenme miktarları çok daha küçüktür ve bu yük mikrocoulomb (μC) civarındadır ($1\ \mu C = 10^{-6}$ C).

Yüklü cisimler arasında itme veya çekme şeklinde gözlemlenen elektrostatik etkileşimlere **elektriksel kuvvet** denir. Charles Coulomb (Şarl Kulomb), kendi icadı olan burulma terazisini (Görsel 2.3) kullanarak yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetlerin büyüklüklerini hesaplamıştır. Görsel 2.3'teki burulma terazisindeki yüklü X ve Y küreleri, yük cinslerine bağlı olarak birbirini iter ya da çeker. Üst kısma sabitlenmiş tel, Y küresinin elektriksel kuvvete maruz kalıp dönmesinden dolayı burulmaya başlar. Ölçülen burulma açısı, elektriksel kuvvetin büyüklüğünün nicel bir ölçüsünü verir.



Görsel 2.3: *Burulma terazisi*

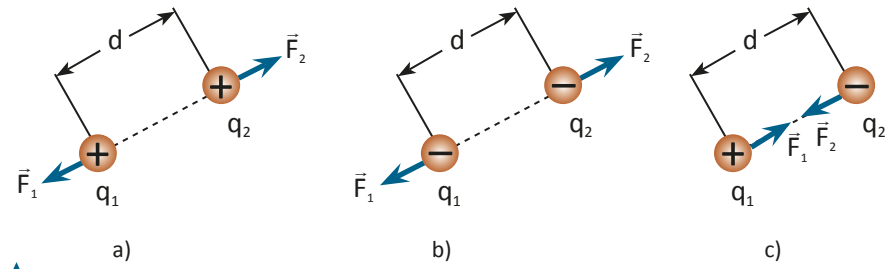
Coulomb'un deneyleri sonucunda sabitlenmiş noktasal yükler arasındaki elektriksel kuvvet ile ilgili şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Elektriksel kuvvet; aynı cins yükler için itme, zıt cins yükler için çekme şeklindedir.
- Elektriksel kuvvetin büyüklüğü, yükler arasındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır.
- Elektriksel kuvvetin büyüklüğü, yüklerin yük miktarlarının çarpımı ile doğru orantılıdır.
- Elektriksel kuvvet, yükleri birleştiren doğru boyunca yönelir.

Bu gözlemler sonucunda aralarındaki mesafe d, yük miktarları q_1 ve q_2 olan noktasal yükler arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğünü (F) veren Coulomb Yasası matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Matematiksel modelde Coulomb sabiti olarak tanımlanan k, yükler arasındaki ortamın cinsi ile değişebilen bir orantı sabitidir. Ortamın yalıtkanlık özelliği artarsa k'nin değeri azalır. SI'da kuvvetin birimi "newton" (N), yükün birimi "coulomb" (C), uzunluğun birimi "metre" (m) olduğundan Coulomb sabitinin (k) birimi $N \cdot m^2/C^2$ olarak ifade edilir.



Şekil 2.1: *a) Pozitif noktasal yükler arasındaki elektriksel kuvvet b) Negatif noktasal yükler arasındaki elektriksel kuvvet c) Biri pozitif, diğeri negatif olan noktasal yükler arasındaki elektriksel kuvvet*

Şekil 2.1: a'daki pozitif yükler ve Şekil 2.1: b'deki negatif yükler birbirini iterken Şekil 2.1: c'deki biri pozitif, diğeri negatif olan yükler birbirini çeker. Yük miktarlarının ilişkisinden bağımsız olarak elektriksel kuvvetler; Newton'ın III. Hareket Yasası olan etki-tepki prensibine göre eşit büyüklükte ve zıt yönde olmalıdır.

Günlük hayatta elektriksel kuvvetlerden filtreleme sistemleri, LCD [liquid crystal display (likuid kristal displey) sıvı kristal ekran] ve plazma ekranlar, CRT [cathode ray tube (ketod rey tub) katot ışınlı tüp] televizyonlar, gıda sterilizasyonu vb. alanlarda yararlanılmaktadır. Bu sistemlerin çalışma ilkesi şu şekilde açıklanabilir:

Filtreleme Sistemleri: Hava ve sıvıların temizlenmesinde kullanılır. Durgun yükler yardımıyla hava veya sıvıdaki parçacıklara elektriksel kuvvetler uygulayarak parçacıkları çeker. Baca filtreleme sistemleri, işletmenin maliyetini azaltarak ülke ekonomisine ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur. Bazı ev tipi hava temizleyicilerinde ve endüstriyel su arıtma sistemlerinde de kullanılan bu teknoloji havadaki ve sudaki kirleticilerin uzaklaştırılmasına yardımcı olur.

LCD Ekran: Sıvı kristallerinin yönelimi ve ışığın piksellerden geçme oranı elektriksel kuvvet yardımıyla değiştirilerek istenen renk ve görüntü elde edilir. LCD ekran, yüksek görüntü kalitesi ve verime sahiptir. Farklı açılardan farklı görüntüye sahip olması, fiyatının yüksekliği, ham madde tüketimi ve atık sorunu bu ekranların dezavantajlarındandır.

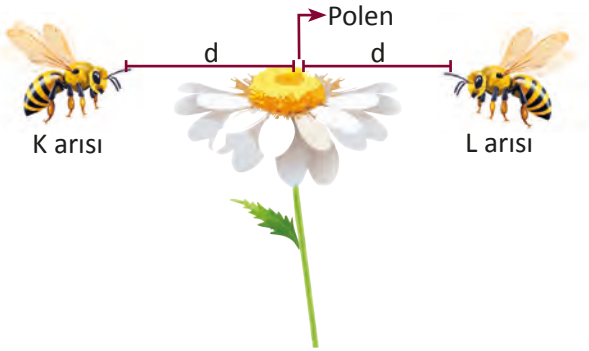
Plazma Ekran: Elektriksel kuvvet yardımıyla ekrandaki gaz iyonlaştırılır ve plazma hâline geçer. Plazma hâline geçen gaz görüntü elde etmede kullanılır. Hızlı tepki süresi, görüntü kalitesi ve görüş açısının genişliği plazma ekranların avantajlarındandır. Yüksek enerji tüketimi ve ömrünün kısa olması ise bu ekranların dezavantajlarından sayılabilir.

CRT Televizyon: Elektronlar, elektriksel kuvvetler ile levhalar arasında istenen miktarda saptırılarak ekran üzerine düşürülür ve bu şekilde görüntü elde edilir. Ağır metaller kullanılan CRT televizyonlar eski teknolojiye sahiptir.

Gıda Sterilizasyonu: Elektriksel kuvvetler yardımıyla gıdalarda bulunan zararlı mikroorganizmalar temizlenebilir. Diğer sterilizasyon sistemlerine kıyasla bu sistemlerin etkisi fazla ve işlem süresi kısadır. Kimyasal kullanılmayan elektrikli sistemlerin verimi fazladır.

Coulomb Sabiti (k)
Boş uzayın elektriksel geçirgenliği (dielektrik) "ε_0" ile sembolize edilir. Coulomb sabiti (k) de ε_0 cinsinden $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ olarak ifade edilir. Boş uzayın elektriksel geçirgenliği yaklaşık olarak $8{,}85 \cdot 10^{-12}\ C^2/(N \cdot m^2)$ alınırsa Coulomb sabiti yaklaşık olarak $k = 8{,}98 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$ şeklinde elde edilir.

Örnek



Arılar, uçarken hava sürtünmesinden ve kanatlarını çok seri çırpmalarından dolayı elektrikle yüklenir. Uçuş süresi ve kanat çırpma sayısı arının yüklenme miktarını artırır. Şekildeki gibi bir çiçeğe yaklaşan K arısı, bir süre uçtuktan sonra çiçek üzerindeki noktasal kabul edilen polene d kadar mesafede duruyor. K arısı ve polen ile aynı doğrultuda fakat zıt yöndeki özdeş L arısı da polene d kadar uzaklığa K arısı ile aynı anda geliyor. Noktasal kabul edilen arıların yükleri aynı, polen ise arıların yükü ile zıt cins yükle yüklüdür.

Aynı cins arılar özdeş ortamlarda uçtuklarına göre

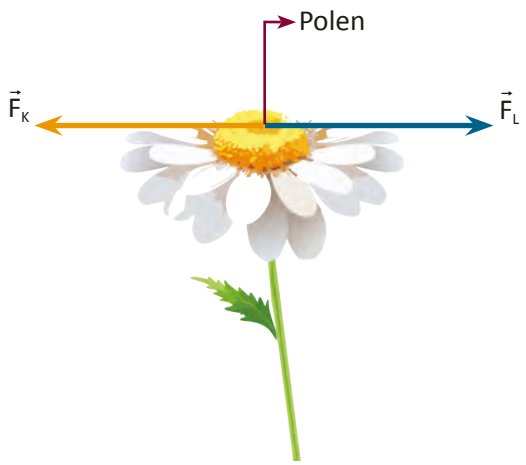
a) K ve L arılarının polene uyguladığı elektriksel kuvvetlerin yönünü polen üzerinde çizerek belirtiniz.

b) L arısının K arısıyla aynı süre uçup aynı sayıda kanat çırptığı durum için polene etki eden bileşke elektriksel kuvvetin büyüklüğü ile ilgili tahminlerinizi gerekçeleriyle yazınız.

c) Polenin L arısına doğru hareket edebilmesi hangi durumlarda gerçekleşir?

Cevap

a)



Arılar aynı cins yükle yüklü, polen ise arıların yükü ile zıt cins yükle yüklüdür. Zıt cins yüklü cisimler birbirini çeker. K arısının polene uyguladığı elektriksel kuvvetin ($\vec{F}_K$) yönü K arısına doğru, L arısının polene uyguladığı elektriksel kuvvetin ($\vec{F}_L$) yönü ise L arısına doğru olarak polen üzerinde gösterilmiştir.

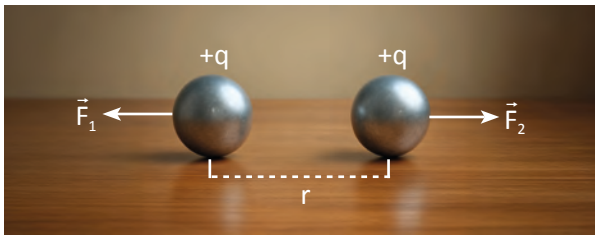
b) Aynı süre uçup aynı sayıda kanat çırpan arıların yük miktarları aynı olur. Elektriksel kuvvetin büyüklüğü polenin yükü ile arının yükünün çarpımı ile doğru, d mesafesinin karesi ile ters orantılıdır. Bu sebeple polene arılar tarafından etki eden kuvvetlerin büyüklükleri eşittir. Zıt yönlü, eşit büyüklükte kuvvete maruz kalan polene etki eden bileşke kuvvet sıfırdır.

c) Polenin L arısına doğru hareket etmesi için L arısının polene uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğünün K arısının polene uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğünden fazla olması gerekir. Buna göre polenin L arısına doğru hareket edebilmesi;

- birim zamanda kanat çırpma sayıları aynı olduğunda L arısının K arısından daha uzun süre uçması,
- L arısının birim zamanda K arısından fazla kanat çırpması ve K arısı ile eşit süre uçması,
- L arısının polene daha yakın olması

durumlarında mümkün olabilir.

1. Alıştırma



Elektriksel kuvvetin bağlı olduğu değişkenleri belirlemek için yapılan bir deneyde +q yüklü iki cisim, aralarında r mesafesi olacak şekilde tutuluyor. Şekildeki konumlardayken cisimlerin birbirine uyguladığı zıt yönlü $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ elektriksel kuvvetlerinin büyüklüğü eşit ve F olarak ölçülüyor. Cisimlerin arasındaki ortam hava ve havanın Coulomb sabiti k'dir.

Buna göre

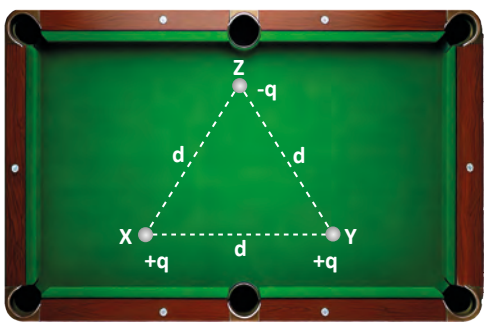
a) Cisimlerden birinin yükü 2q yapılırsa elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç F ölçülür?

b) Cisimlerin arasındaki mesafe 2r yapılırsa elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç F ölçülür?

c) Cisimler arasındaki ortam hava yerine su olursa elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç F ölçülür?
(Havanın Coulomb sabiti suyunkinin yaklaşık 80 katıdır.)

ç) Deney sonucunda elektriksel kuvvetin bağlı olduğu değişkenler ile ilgili elde ettiğiniz sonuçları açıklayınız.

2. Alıştırma



Mehmet; yükleri sırasıyla +q, +q ve -q olan X, Y ve Z bilardo toplarını masa üzerine şekildeki gibi bıraktığında topların hareket etmediğini gözlemliyor. Noktasal kabul edilen bilardo toplarının arasındaki mesafe d ve X topunun Y topuna uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü F'dir.

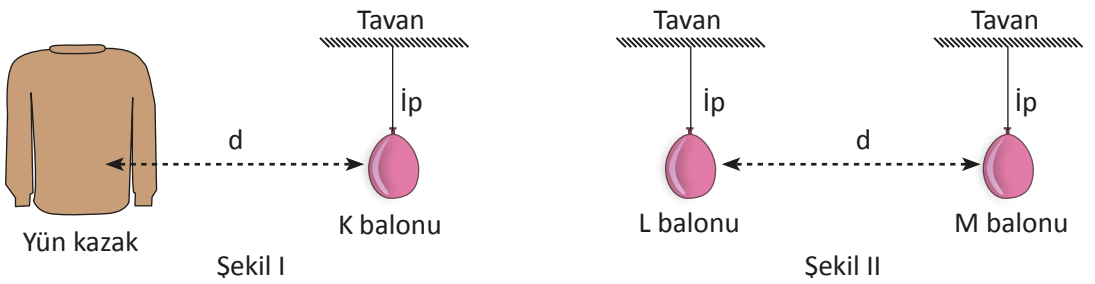
Bilardo topları sadece birbirinin etki alanında olduğuna göre

a) X topuna etki eden bileşke elektriksel kuvveti F cinsinden ifade ediniz.

b) Z topuna etki eden bileşke elektriksel kuvveti F cinsinden ifade ediniz.

3. Alıştırma

Coulomb Yasası ile ilgili uygulama yapmak isteyen Lina, bir dizi deney düzeneği hazırlıyor. Şişirdiği nötr ve noktasal kabul edilen K, L ve M balonlarını nötr ve noktasal kabul edilen farklı yün kazaklara sürterek balonların eşit büyüklükte negatif yükle yüklenmesini sağlıyor. Lina, Şekil I'de gösterilen deney düzeneğinde yün kazakların biri ile tavana iple bağladığı K balonu arasındaki mesafeyi d olarak ayarlıyor ve balonu serbest bırakıyor. Şekil II'de gösterilen deney düzeneğinde ise tavana özdeş iplerle bağlı L ve M balonları arasındaki mesafeyi d olarak ayarlıyor ve balonları serbest bırakıyor. Bu durumda K balonuna etki eden elektriksel kuvvet $\vec{F}_1$, L balonuna etki eden elektriksel kuvvet ise $\vec{F}_2$ dir.



Elektriksel kuvvetler aynı doğrultuda olduğuna göre

a) $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetlerinin büyüklüklerini açıklayarak karşılaştırınız.

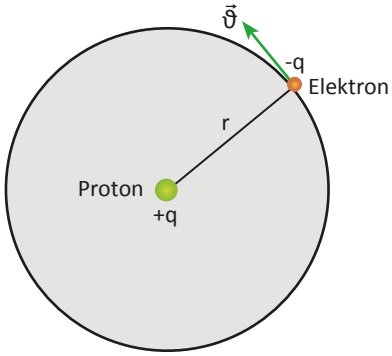
b) K balonu bırakıldığı anda yün kazağa etki eden kuvvetin büyüklüğünü ve yönünü $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetleri ile karşılaştırınız.

c) K, L ve M balonlarının hareket yönlerini belirtiniz.

ç) K, L ve M balonları bırakıldıkları andan dengeye geldikleri ana kadar $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetlerinin büyüklükleri nasıl değişir? Açıklayınız. (Yün kazak ve balonlar birbirine temas etmemektedir.)

d) K, L ve M balonlarının dengeye geldikleri an için balonların bağlı oldukları ipin düşey eksenle yaptığı açıların büyüklüklerini karşılaştırınız.

4. Alıştırma



Danimarkalı fizikçi Niels Bohr (Nils Bor), atomik düzeydeki davranışların daha iyi anlaşılmasını sağlamak için kendi adıyla anılan bir atom modeli öne sürmüştür. Bohr, tek elektronu ve tek protonu olan hidrojen atomuyla çalışmalar yapmıştır. Bohr atom modeli, tek elektronlu başka sistemlerde de geçerlidir. Çekirdeğinde üç protonu bulunan, iki elektronunu kaybetmiş (tek elektronu kalmış) lityum iyonu bu sisteme örnek olarak verilebilir.

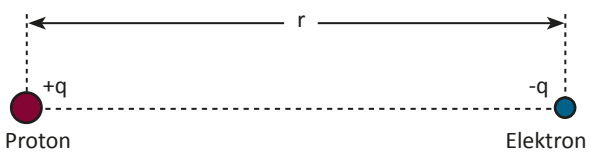
Bohr atom modelinde elektronun şekilde olduğu gibi sabit bir noktadaki hidrojen atomunun çekirdeği etrafında, r yarıçaplı yörüngede, $\vec{\vartheta}$ çizgisel hızı ile düzgün çembersel hareket yaptığı kabul edilmektedir. (Proton ve elektronun yüklerini sırasıyla $q_p = +q$, $q_e = -q$; ortamın Coulomb sabitini k olarak alınız.)

Buna göre

a) Merkezcil kuvvetin matematiksel modelini kullanarak hidrojen atomundaki m kütleli elektronun hızının büyüklüğünü ve periyodunu k, q, m ve r cinsinden ifade ediniz.

b) Hidrojen atomunda r yarıçaplı yörüngedeki elektrona etki eden elektriksel kuvvet ile lityum iyonunda r/3 yarıçaplı yörüngedeki elektrona etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüklerini karşılaştırınız. (Atom modeli ölçekli çizilmemiştir.)

5. Alıştırma



Sürtünmelerin ihmal edildiği boş uzayda yükleri sırasıyla +q ve -q olan proton ve elektron aralarında r kadar mesafe varken serbest bırakılıyor. Protonun kütlesi elektronun kütlesinin yaklaşık 2000 katıdır.

Buna göre

a) Protona ve elektrona etki eden elektriksel kuvvetlerin büyüklüğü zamanla nasıl değişir? Açıklayınız.

b) Yükler, hangi yükün ilk konumuna daha yakın bir noktada çarpışır? Newton'ın II. Hareket Yasası'ndaki ivme kavramından yararlanarak açıklayınız. (Yükler sadece birbirinin etki alanındadır.)

2.1.2. Elektriksel Alan

Mormyridae (mormayriday) balık ailesinden olan Afrika tatlı su balıkları, vücutlarının kuyruk kısımlarında zayıf elektriksel alan üretirler. Ürettikleri bu elektriksel alandaki değişimi algılayarak çevreleri ile ilgili bilgi toplayıp engelleri ve düşmanları fark edebilir ve avlanabilirler. Türkiye'de yaşamayan elektrikli yılan balıkları (Görsel 2.4) ise çok daha güçlü elektriksel alan üretip temas durumunda insanlar için bile tehlikeli olabilmektedir. Vatoz, köpek balığı, testere balığı gibi deniz canlıları elektroreseptör içeren bir duyu organına sahiptir. Bu deniz canlıları, ampullae of Lorenzini (ampulay of Lorenzini) olarak adlandırılan bu reseptörler sayesinde diğer canlıların kas ve sinir sistemlerinin çalışması sonucu oluşan biyoelektriksel alanları algılayabilmektedir. Elektriksel alanın etkilerinden tıp, fizik, astronomi, mühendislik gibi birçok disiplinde yararlanılmaktadır.



Görsel 2.4: *Elektrikli yılan balığı*

2. Etkinlik Elektriksel Alan

Amaç	Elektriksel alanın matematiksel modeline yönelik tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, elektroskop, kutu, yüklü yalıtkan cisim
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında verilen soru kutusunu hazırlayınız ve soruları cevaplayınız.

1. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.
2. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

> Bazı deniz canlıları daha büyük elektriksel alan üretir ve kendine yakın olan deniz canlılarını uzak olanlara göre daha kolay algılar. Bu canlıların bulunduğu ortamın cinsi, etrafındaki canlıları algılama durumu üzerinde etkilidir.

Elektriksel alanın bağlı olduğu etmenler hakkında bireysel olarak üçer soru hazırlayınız ve sorularınızı aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

3. Hazırladığınız soruları grup içinde birbirinize sorunuz ve size sorulan soruya sözlü olarak cevap veriniz.
4. Grup arkadaşlarınızla iş birliği içinde sorulara verdiğiniz cevaplardan yola çıkarak elektriksel alanın bağlı olduğu etmenlere yönelik hipotezler oluşturunuz ve hipotezlerinizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

5. Yandaki karekoddan yararlanarak hipotezlerinizi test edebileceğiniz "Elektrik Yükleri ve Alanları" adlı simülasyona ulaşınız.

6. Sağ tarafta yer alan "Elektrik Alanı", "Değerler" ve "Izgara" kutucuklarını işaretleyiniz.

7. Alt kısımda bulunan +1 nC (nanocoulomb) ve -1 nC yükünü sırasıyla sürükleyip ekrandaki herhangi iki çizginin kesişim noktasına bırakınız.

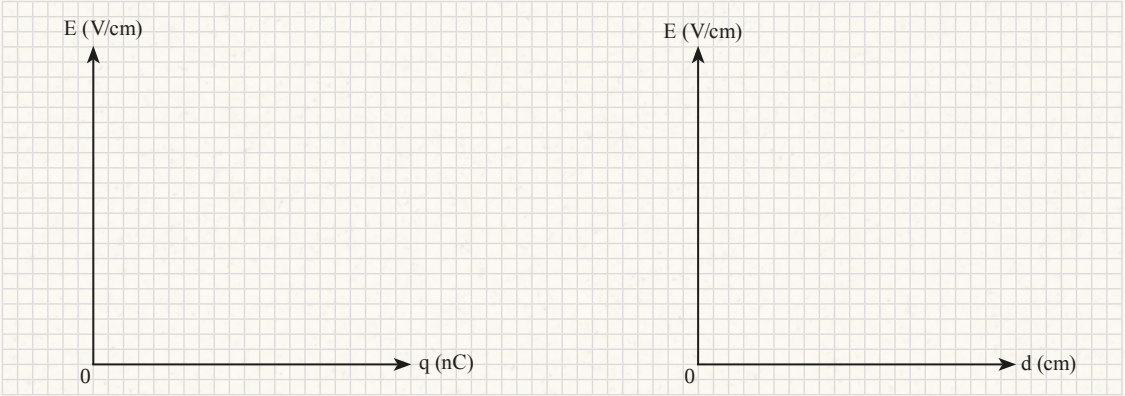
8. Yükler çevresinde oluşan ve oklar ile temsil edilen elektriksel alanın yönü ile ilgili gözlemlerinizi tabloda verilen alana yazınız.

+1 nC Yükü	-1 nC Yükü

9. Alt kısımdaki sensör ve yan taraftaki mezura yardımıyla farklı yük ve mesafe değerleri için ölçümler yapınız ve elektriksel alanın büyüklüğü ile ilgili veriler toplayınız. Topladığınız verileri tabloya kaydediniz.

Yükün Büyüklüğü	Yüke Olan Uzaklık	Elektriksel Alanın Büyüklüğü

10. Elde ettiğiniz verilerden hareketle aşağıda verilen elektriksel alan büyüklüğü (E)-yük (q), elektriksel alan büyüklüğü (E)-yüke olan uzaklık (d) grafiklerini çiziniz.



11. Topladığınız veriler ve oluşturduğunuz grafiklerden yararlanarak keşfettiğiniz elektriksel alanın bağlı olduğu etmenleri yazınız.

.....

.....

.....

.....

12. Elektriksel alana ilişkin bulduğunuz ilişkileri öğretmeninizin rehberliğinde matematiksel olarak modelleyip modellemenizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

13. Nötr bir elektroskopa elektrik yüklü bir yalıtkan çubuğu şekildeki gibi yaklaştırınız. Daha sonra yalıtkanın elektroskopa olan mesafesini değiştirerek elektroskopun yaprakları arasındaki açıyı gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi elektriksel alan ve elektriksel alanın matematiksel modeli ile ilişkilendirerek açıklayınız. Açıklamanızı aşağıda verilen alana yazınız.



Gözlemleriniz

.....

.....

.....

.....

.....

.....

14. Aşağıdaki a maddesinde yer alan örnek problem durumunda q yükünden d kadar uzaklıktaki bir noktada yükün oluşturduğu elektriksel alanın büyüklüğü E olarak verilmiştir. Diğer problem durumları için cisimlerin verilen noktalarda oluşturduğu elektriksel alanın kaç E olduğunu tabloda ilgili alana yazınız. Ayrıca elektriksel alanın matematiksel modeli ile ilgili problem durumlarından hareketle yaptığınız genellemenizi tabloya yazınız.

Problem Durumları	Elektriksel Alanın Büyüklüğü	Genellemeniz
a) Yük miktarı q olan cisimden d kadar uzaklıktaki bir noktada yükün oluşturduğu elektriksel alan (Ortamın Coulomb sabiti k'dir.)	E	
b) Yük miktarı 2q olan cisimden d kadar uzaklıktaki bir noktada yükün oluşturduğu elektriksel alan (Ortamın Coulomb sabiti k'dir.)		
c) Yük miktarı q olan cisimden 2d kadar uzaklıktaki bir noktada yükün oluşturduğu elektriksel alan (Ortamın Coulomb sabiti k'dir.)		
ç) Yük miktarı q olan cisimden d kadar uzaklıktaki bir noktada yükün oluşturduğu elektriksel alan (Ortamın Coulomb sabiti k/2'dir.)		

Değerlendirme

1. Öğretmeninizin rehberliğinde bir soru kutusu oluşturunuz. Elektriksel alan ile ilgili aşağıda verilen sorulara benzer farklı madde türlerinden (açık uçlu, doğru-yanlış, boşluk doldurma, çoktan seçmeli) oluşan sorular hazırlayarak kâğıtlara yazınız. Hazırladığınız soru kâğıtlarını oluşturduğunuz soru kutusunun içine atınız. Soru kutusunun içinden rastgele bir kâğıt alarak, kâğıdın üzerindeki soruları okuyup cevaplayınız.

> Noktasal yüklerin oluşturduğu elektriksel alanın büyüklüğü nelere bağlıdır? Açıklayınız.

> Noktasal yüklerin etraflarında oluşturduğu elektriksel alanla ilgili
>
> I. Yönü pozitif yükten dışarı doğrudur.
>
> II. Yükten uzaklaştıkça büyüklüğü artar.
>
> III. Yükün bulunduğu ortamın özelliğine bağlıdır.
>
> ifadelerinden hangileri doğrudur?

2. Aşağıda elektriksel alanla ilgili bazı ifadeler verilmiştir. Doğru ifadelerin başındaki yay ayracın içine "✓" işareti koyunuz.

( ) Elektriksel alanın oluşma sebebi elektriksel yüklerdir.

( ) Nötr bir elektroskopa yüklü bir cisim yaklaştırıldığında yaprakların açılma sebebi elektriksel alandır.

( ) Pozitif noktasal yükün oluşturduğu elektriksel alan yüke doğrudur.

( ) Negatif noktasal yükün oluşturduğu elektriksel alan yükten dışarı doğrudur.

( ) Pozitif noktasal yükten uzaklaşıldıkça elektiksel alanın büyüklüğü azalır.

( ) Negatif noktasal yükten uzaklaşıldıkça elektriksel alanın büyüklüğü artar.

3. Pozitif noktasal bir yük yatay bir masa üzerine sabitlendikten sonra yükten d kadar uzaklıkta oluşan elektriksel alanın büyüklüğü E oluyor.

E'nin değerini artırmak için neler yapılabilir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

4. Negatif noktasal bir yük yatay bir masa üzerine sabitlendikten sonra yükten d kadar uzaklıkta oluşan elektriksel alanın büyüklüğü E oluyor.

Buna göre

a) Yük miktarı artarsa E'nin değeri nasıl değişir?

.....

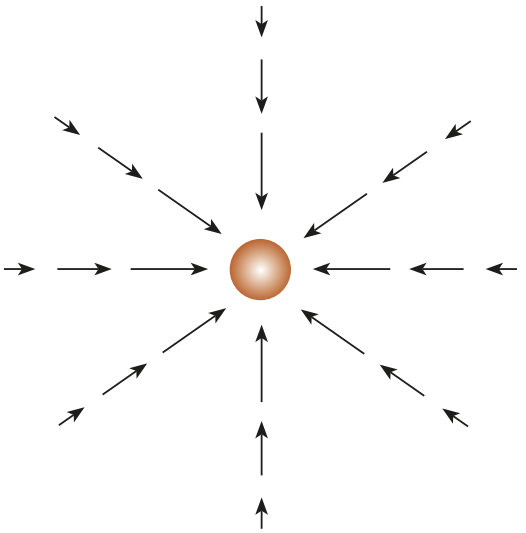
.....

b) d mesafesi azalırsa E'nin değeri nasıl değişir?

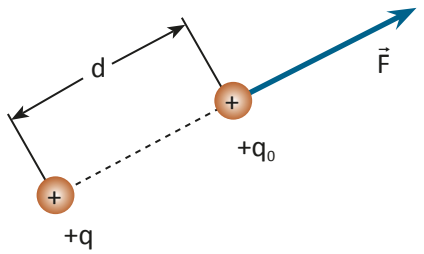
.....

.....

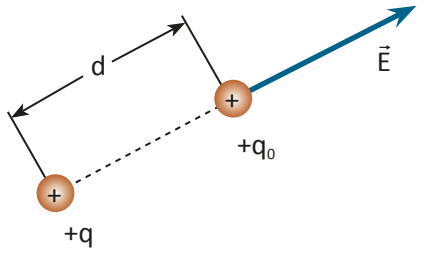
Noktasal Yüklerin Elektriksel Alanı



Şekil 2.2: *Kütle çekimi alan çizgileri*



Şekil 2.3: *Test yüküne etki eden elektriksel kuvvet*



Şekil 2.4: *Test yükünün bulunduğu noktada elektriksel kuvvet ile aynı yönlü olan +q yükünün elektriksel alanı*

Doğadaki kuvvetler, temas gerektiren ve temas gerektirmeyen kuvvetler şeklinde ikiye ayrılır. Dokunarak itme-çekme kuvveti, kaldırma kuvveti, sürtünme kuvveti gibi kuvvetler makro ölçekte temas gerektiren kuvvetlerdir. Elektriksel kuvvet, manyetik kuvvet, kütle çekim kuvveti gibi kuvvetler ise temas gerektirmeyen kuvvetlerdir.

Kütlesi olan cisimler etraflarında bir kütle çekim alanı oluşturur (Şekil 2.2). Bu alana giren başka bir kütle, kütle çekim kuvvetine maruz kalır. Kütle çekim alanı, kütle çekim ivmesi ($\vec{g}$) ile ilgilidir. Bir kütlenin uzayda belli bir noktada oluşturduğu kütle çekim ivmesi; kütle çekimini oluşturan kütlenin büyüklüğü ile doğru, kütleden uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. Kütle çekim ivmesi, birim kütle başına düşen kütle çekim kuvveti olarak tanımlanır ve kuvvetin yönü onu oluşturan kütleye doğrudur.

Elektriksel kuvvet ile kütle çekim kuvveti, elektriksel alan ile kütle çekim ivmesi birbirine benzetilebilir. Yükü olan cisimler etraflarında elektriksel alan oluşturur. Bu elektriksel alana giren yüklü bir başka cisim elektriksel kuvvete maruz kalır. Yüklü parçacığın uzayda belli bir noktada oluşturduğu elektriksel alanın büyüklüğü; yükün büyüklüğü ile doğru, yüke olan uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.

Vektörel bir nicelik olan elektriksel alan "$\vec{E}$" sembolü ile gösterilir. SI'da elektriksel alanın birimi "volt/metre" (V/m) veya "newton/coulomb"dur (N/C). Yükü q olan noktasal bir cismin bir noktada oluşturduğu elektriksel alanı bulmak için o noktaya q yüküne kıyasla ihmal edilebilir miktarda pozitif yüke sahip ve elektriksel alanı ihmal edilen hayalî bir test yükü (q_0) yerleştirilir ve test yüküne etki eden elektriksel kuvvet bulunur (Şekil 2.3). Elektriksel kuvvet ile aynı yönlü olan **elektriksel alan** (Şekil 2.4), birim yük (q_0) başına düşen kuvvet ($\vec{F}$) olarak tanımlanır. Elektriksel alanın büyüklüğü matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$E = \frac{F}{q_0}$$

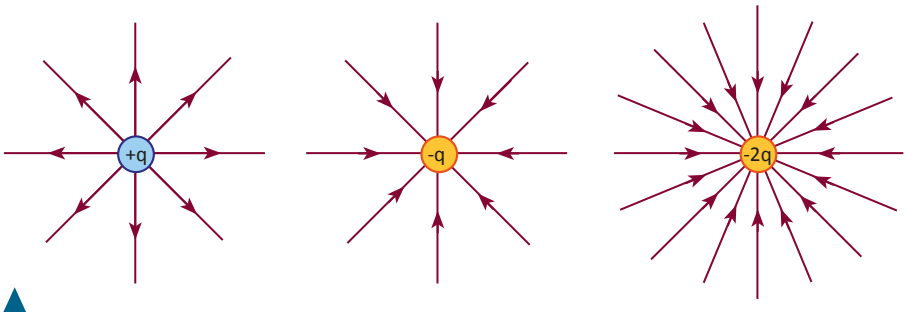
Bu modelde F, q yükünün q_0 test yüküne uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğüdür. F yerine Coulomb kuvvetinin büyüklüğünün matematiksel modeli olan $F = k \cdot \frac{q \cdot q_0}{d^2}$ yazılırsa elektriksel alanın büyüklüğü,

$$E = k \cdot \frac{q}{d^2}$$ olarak elde edilir.

Elektriksel alan, elektriksel alan çizgileriyle modellenir. Yağ içine bırakılmış çim tohumları, yüklü bir iletkenin etrafında elektriksel alan çizgileri doğrultusunda hizalanır (Görsel 2.5). Yüklü iletkenin oluşturduğu elektriksel alan, çim tohumlarının üzerindeki yüklerin kutuplanmasını sağlar. Yüklü iletken, böylece hafif olan çim tohumlarına elektriksel kuvvet uygulayarak onları oluşturduğu elektriksel alan doğrultusunda hizalar. Birbirinin etki alanında olmayan pozitif ve negatif noktasal yüklerin çevrelerinde oluşturduğu elektriksel alan çizgileri Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Görsel 2.5: *Elektriksel alan doğrultusunda hizalanan çim tohumları*

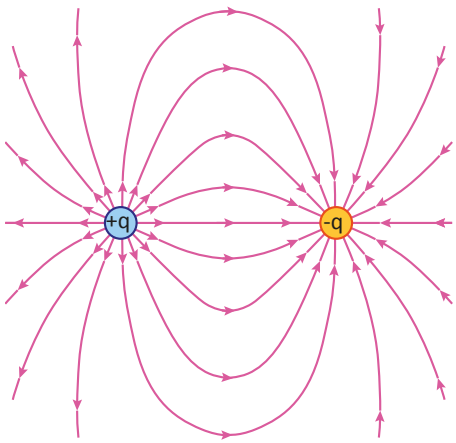


Şekil 2.5: *Birbirinin etki alanında olmayan noktasal yüklerin oluşturduğu elektriksel alan çizgileri modeli*

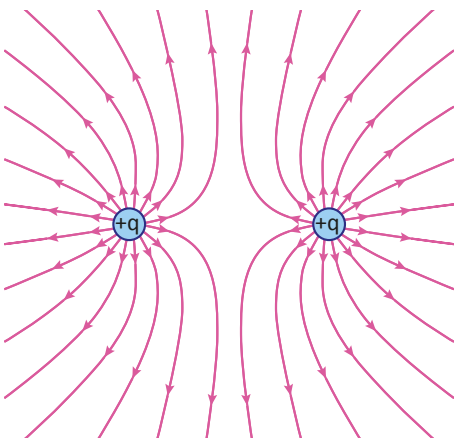
Şekil 2.5'teki modellemeden yararlanılarak elektriksel alan çizgilerinin özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Pozitif yüklerden (ya da sonsuzdan) başlar.
- Negatif yüklerde (ya da sonsuzda) sonlanır.
- Elektriksel alanın büyüklüğü, elektriksel alan çizgilerinin yoğunluğu (sıklığı) ile doğru orantılıdır.
- Yükten çıkan ya da yüke doğru yönelmiş çizgi sayısı ile yükün büyüklüğü doğru orantılıdır.
- Birbirini hiçbir zaman kesmez.
- Bir noktadaki elektriksel alan vektörünün yönü, o noktadaki elektriksel alan çizgisine teğettir.

Elektriksel alan çizgileri, birbirinin etki alanında bulunan zıt cins noktasal yükler için Şekil 2.6 ve aynı cins noktasal yükler için Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Şekil 2.7'de verilen pozitif noktasal yüklerin oluşturduğu elektriksel alan çizgilerinin yönü yükten dışarı doğru çizilmiştir. Negatif noktasal yüklerin elektriksel alan çizgileri ise yüklere doğru çizilir. Bu durumda şeklin görünümünde değişecek olan tek şey okların yönü olur. Tüm bu modellemelerde çizgiler 2 boyutta çizilmiştir. Gerçekte elektriksel alanın 3 boyutlu uzay boyunca yayıldığı unutulmamalıdır.

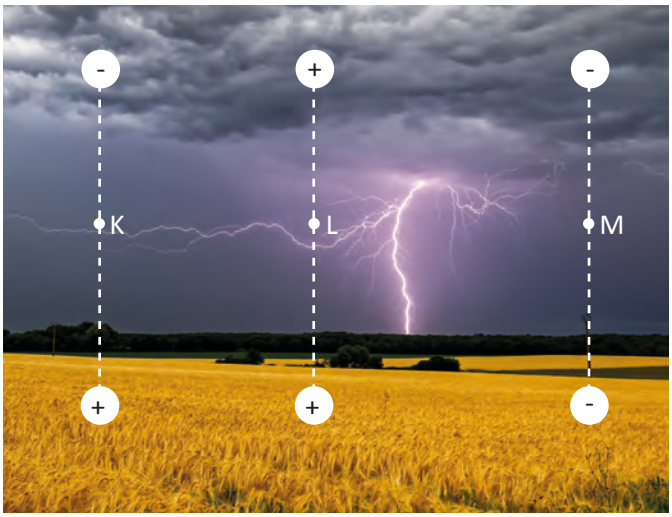


Şekil 2.6: *Birbirinin etki alanında olan zıt cins noktasal yüklerin oluşturduğu elektriksel alan çizgileri modeli*



Şekil 2.7: *Birbirinin etki alanında olan pozitif noktasal yüklerin oluşturduğu elektriksel alan çizgileri modeli*

Örnek



Fırtınalı havalarda genellikle bulutların alt kısımları negatif, yer pozitif yükle yüklenir. Bazı durumlarda bunun tersi de gerçekleşebilir. Yandaki görselde bulut ve yeryüzünün farklı noktalarında bulunan eşit büyüklükteki noktasal yüklerden bazıları gösterilmiştir. Sadece düşey doğrultudaki yükler birbirinin etki alanındadır.

Düşey doğrultudaki yüklerin arasındaki mesafeler birbirine eşit olduğuna göre bu mesafelerin ortasında bulunan K, L ve M noktalarındaki elektriksel alan büyüklüklerini karşılaştırınız.

Cevap

Eşit büyüklükteki yüklerin yüklere eşit mesafede oluşturduğu elektriksel alan büyüklükleri birbirine eşittir. Pozitif yüklerin oluşturduğu elektriksel alanın büyüklüğü E_1, negatif yüklerin oluşturduğu elektriksel alanın büyüklüğü E_2 olarak ifade edilirse bu alanların büyüklükleri birbirine eşittir ($E_1 = E_2$).

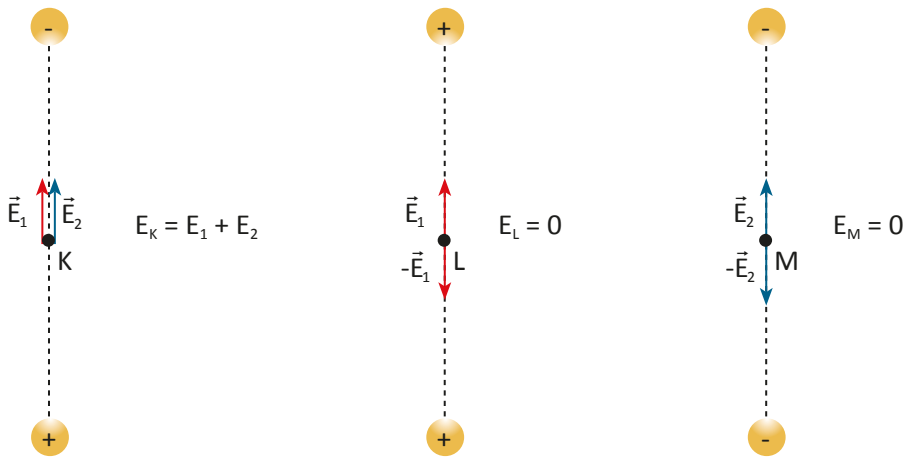
Elektriksel alanın yönü; pozitif yükler için yüklerden dışarı, negatif yükler için ise yüklere doğru yönelmiştir.

K noktasında yüklerin oluşturduğu elektriksel alanların yönleri aynı olacağından bileşke elektriksel alanın büyüklüğü $E_K = E_1 + E_2$ olarak bulunur.

L noktasında yüklerin oluşturduğu elektriksel alanların yönleri birbirine zıt olacağından bileşke elektriksel alan sıfır olur ($E_L = 0$).

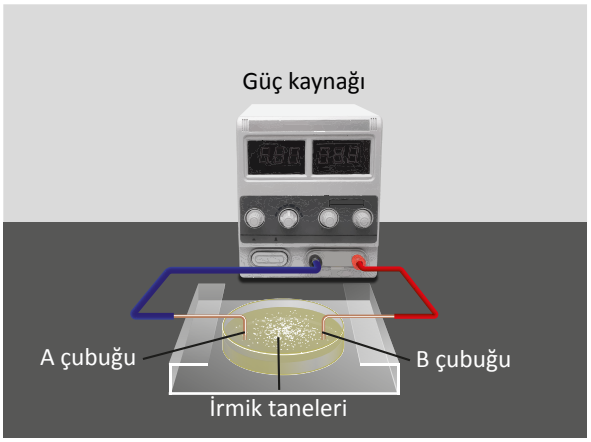
M noktasında yüklerin oluşturduğu elektriksel alanların yönleri birbirine zıt olacağından bileşke elektriksel alan sıfır olur ($E_M = 0$).

Elektriksel alanların büyüklükleri $E_K > E_L = E_M = 0$ olarak ifade edilebilir.

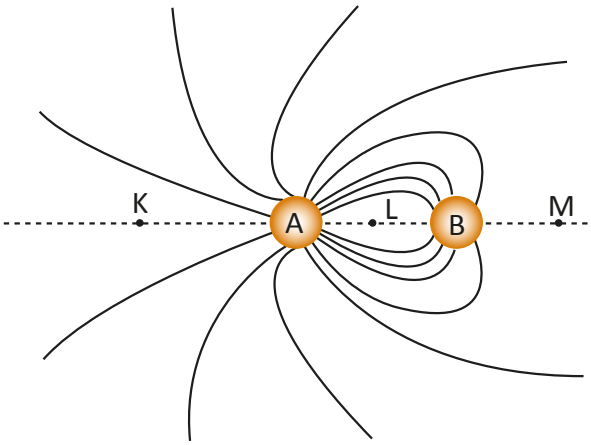


6. Alıştırma

Binnaz, elektriksel alan çizgilerini gözlemlemek için Şekil I'deki gibi bir düzenek hazırlıyor. Bir kabı yağ ile dolduruyor ve yağın yüzeyine dik bir şekilde A ve B iletken metal çubuklarını kabın içine batırıyor. Daha sonra yağın yüzeyine ince irmiği (semolina) döküyor. İletken çubukları güç kaynağı ile yükledikten bir süre sonra irmik tanelerinin yağ yüzeyinde belirli çizgiler üzerinde hizalandığını gözlemliyor. Yağ yüzeyinde oluşan çizgileri ve iletken çubukların üstten görünümünü bir kâğıda Şekil II'deki gibi çiziyor.



Şekil I



Şekil II

İletken çubuklar noktasal yükler olarak kabul edildiğine göre

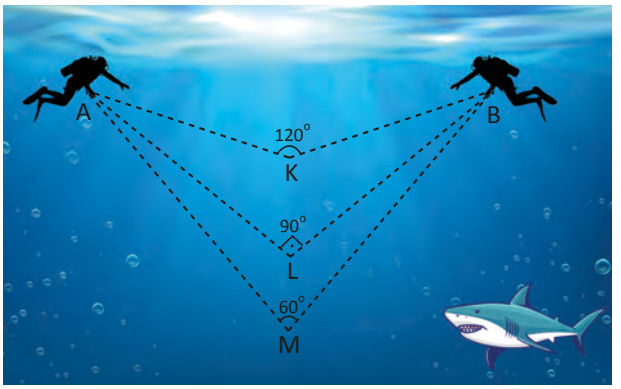
a) İrmik tanelerinin yağ yüzeyinde belirli çizgiler üzerinde hizalanmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

b) İletken çubukların yük cinsleri ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

c) İletken çubukların yük miktarlarının büyüklüklerini karşılaştırınız.

ç) Şekilde verilen K, L ve M noktalarının hangilerinde elektriksel alan sıfır olabilir? Açıklayınız.

7. Alıştırma

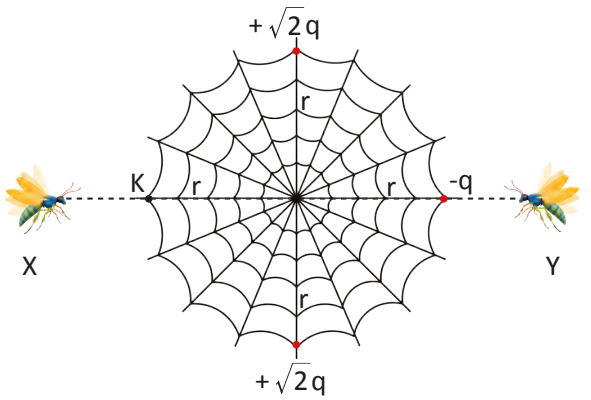


Köpek balıkları, çevrelerindeki zayıf elektriksel alana bile çok duyarlıdır. Bu özelliklerinden dolayı yüzücü ve dalgıçları korumak için "SharkPOD" [protecting oceanic device (protekting oşınik divays) koruyucu okyanus aleti] adlı bir alet geliştirilmiştir. Bu alet iki metal elektrottan oluşmaktadır. Elektrotlardan biri dalgıcın hava tüpüne, diğeri ise paletine bağlanmaktadır. Elektrotlar, dalgıcın etrafında güçlü elektriksel alan oluşturmakta ve köpek balıklarının ona yaklaşmasını engellemektedir.

Şeref ve Önder, denize daldıkları bir gün yanlarında bu aleti de götürüp üzerlerine yerleştiriyorlar. Suyun altında şekilde gösterildiği gibi aynı yatay hizada durup aleti çalıştırıyorlar. Aletler, kendilerinden daha derinde olan aynı düşey doğrultudaki K, L ve M noktalarında elektriksel alan oluşturuyor. Aletler ve noktalar aynı düzlemdedir.

Şeref ve Önder'in kullandıkları A ve B aletleri noktasal yüklü cisimler olarak kabul edilirse aletlerin yük miktarlarının eşit ve yük cinslerinin aynı olduğu durum için köpek balığının K, L ve M noktalarında algılayacağı elektriksel alanların büyüklüğünü karşılaştırınız. (|KA| = |KB|, |LA| = |LB|, |MA| = |MB|)

8. Alıştırma



Uçan böceklerin bir kısmı etraflarında oluşan elektriksel alandaki değişimleri algılayabilmektedir. Hayvanların antenleri vücuda yalıtkan yapılarla bağlı olduğundan vücutlarının diğer bölümlerinden farklı bir şekilde elektrik yüklü olmakta ve bu sayede duyu organı olarak görev yapabilmektedir. Elektriksel alanlara yaklaşan bu tip uçan böceklerin antenleri hareket ederek böceğin elektriksel alan kaynağının yerini fark etmesini sağlayabilmektedir.

Örümcek ağları elektrik yüklü olduğundan bazı uçan böcekler ağa takılmamak için yolunu değiştirebilir. Örümcek ağlarının yükü nispeten küçük olduğundan bazı böcekler, ağa çok kısa mesafe kaldığında ağı algılayabilir. Şekilde yere paralel konumlanmış, yarıçapı r olan çembersel bir örümcek ağının üstten görünümü ve ağın farklı noktalarında biriken $+\sqrt{2}q$, $+\sqrt{2}q$ ve -q büyüklüğündeki yükler gösterilmiştir. X böceği ağın üzerindeki K noktasında, Y böceği ise ağın merkezinde ağa yakalanıyor.

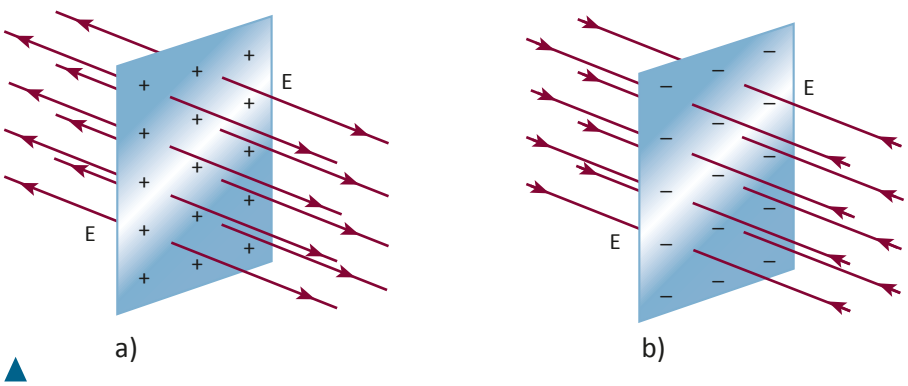
K noktası ve yükler ağın merkezine r kadar uzaklıkta olduğuna göre

a) X ve Y böceklerinin ağa yakalandıkları konumda algıladıkları elektriksel alanların büyüklüklerini karşılaştırınız.

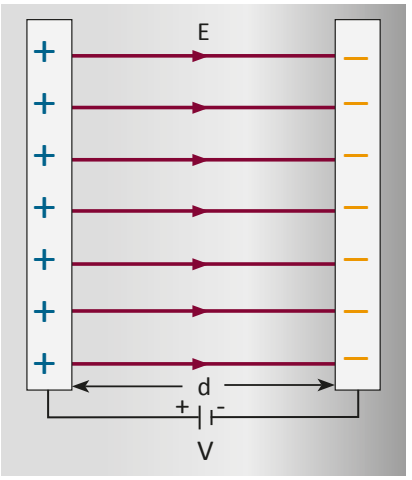
b) -q yükü yerine +q konursa Y böceğinin ağa yakalandığı noktada algıladığı elektriksel alan değişir mi? Açıklayınız.

Düzgün Elektriksel Alan

Büyük boyutlu bir iletken levha üzerindeki yüklerin dağılımı homojen olduğunda levhanın levhaya yakın yerlerde oluşturduğu elektriksel alan, noktasal yüklerin oluşturduğundan farklı olur. Levhanın kenarları dışında kalan bölgelerinin oluşturduğu elektriksel alan çizgileri arasındaki mesafe, levhaya yakın olan kısımlarda değişmez. Elektriksel alan çizgileri levhaya dik olarak çizilir. Elektriksel alanın büyüklüğü, levhaya olan uzaklığa bağlı değildir. Yönü ve büyüklüğü sabit olan elektriksel alan, **düzgün elektriksel alan** olarak tanımlanır. Şekil 2.8: a ve Şekil 2.8: b'de homojen bir şekilde sırasıyla pozitif ve negatif yüklerle yüklenmiş iletken levhaların kenarları dışındaki kısımlarının oluşturduğu elektriksel alan çizgileri gösterilmiştir.



Şekil 2.8: *a) Boyutları büyük olan ve homojen bir şekilde pozitif yükle yüklenmiş iletken levhanın oluşturduğu elektriksel alan çizgileri modeli b) Boyutları büyük olan ve homojen bir şekilde negatif yükle yüklenmiş iletken levhanın oluşturduğu elektriksel alan çizgileri modeli*



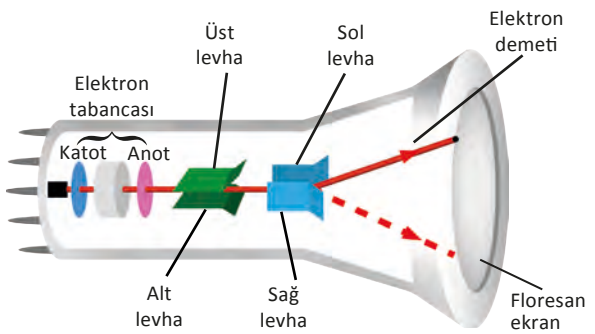
Şekil 2.9: *İdeal durumda paralel levhalar arasında oluşan düzgün elektriksel alan*

Zıt cins yükle yüklü ve yükü levha üzerine homojen dağılmış iki özdeş levha, aralarında d mesafesi olacak şekilde birbirine paralel yerleştirildiğinde paralel levha sistemi elde edilir. Paralel levhaların arasında düzgün elektriksel alan oluşur ve levhalar dışında elektriksel alan sıfır olur. Bu, ideal durum için geçerlidir. İdeal durumda levhaların boyutlarının levhalar arası mesafeye kıyasla çok büyük olduğu kabul edilir. Gerçekte ise bu, iyi bir yaklaşım metodu olarak kullanılır (Şekil 2.9). Levhalar arasındaki potansiyel fark V, mesafe d olmak üzere levhalar arasında oluşan düzgün elektriksel alan büyüklüğünün matematiksel modeli şu şekilde ifade edilir:

$$E = \frac{V}{d}$$

Paralel levhaların kullanıldığı birçok alan vardır. Bunların başında elektronik devrelerde yer alan kapasitörler gelmektedir. Bunun yanında parçacık hızlandırmada ve saptırmada paralel levhalardan çokça yararlanılır.

Örnek



Bazı televizyon ekranlarında yüklü paralel levhaların içinden geçen elektronların hareket doğrultuları değiştirilerek görüntü oluşturulur. Paralel levhaların konumlandırılmasına göre elektronlar yukarı-aşağı veya sağa-sola saptırılabilir. Elektronlar, bu şekilde ekranın arka kısmında özel bir materyal ile kaplı noktalara çarptırılıp görüntü elde edilir. Şekilde bu sistemin bir modeli verilmiştir. Elektron tabancası kısmında sıcak katot metalinden üretilen elektronlar anot metaline doğru ivmelendirilir. Elektronlar, daha sonra üst üste ve yan yana konmuş levhaların arasından geçerken sapar ve floresan ekran üzerinde istenen yere çarpar.

Buna göre elektronlar gönderildiği doğrultunun

a) Yalnız üstüne doğru saptırılmak istenirse hangi levhaların, hangi cins yükle yüklenmesi gerektiğini açıklayınız.

b) Yalnız sol tarafına doğru saptırılmak istenirse hangi levhaların, hangi cins yükle yüklenmesi gerektiğini açıklayınız.

c) Hem alt hem sağ tarafına doğru saptırılmak istenirse hangi levhaların, hangi cins yükle yüklenmesi gerektiğini açıklayınız.

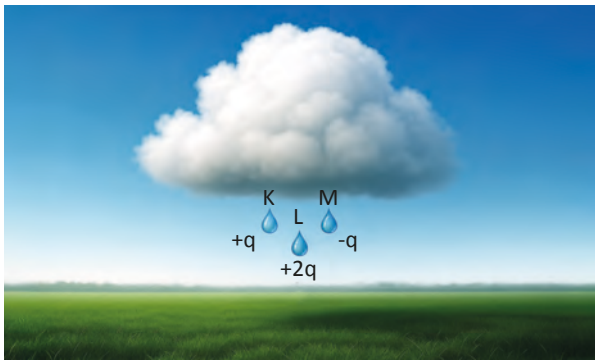
Cevap

a) Dikey saptırıcı levhalardan üst tarafta olan pozitif yükle, alt tarafta olan negatif yükle yüklenirse elektronlar gönderildiği doğrultunun yalnız üst tarafına doğru sapar.

b) Yatay saptırıcı levhalardan sol tarafta olan pozitif yükle, sağ tarafta olan negatif yükle yüklenirse elektronlar gönderildiği doğrultunun yalnız sol tarafına doğru sapar.

c) Dikey saptırıcı levhalardan alt tarafta olan pozitif yükle, üst tarafta olan negatif yükle yüklenmelidir. Yatay saptırıcı levhalardan sağ tarafta olan pozitif yükle, sol tarafa olan negatif yükle yüklenmelidir. Bu şekilde elektronlar, gönderildiği doğrultunun hem alt hem sağ tarafına doğru sapar.

9. Alıştırma



Zıt cins yükle yüklenen bulut ve yeryüzü sistemi paralel levhalara benzetilebilir. Bu durumda yağmurlu bir günde bulut ve yeryüzü arasında düzgün elektriksel alan oluştuğu kabul edilebilir. Şekildeki gibi yere doğru düşen K, L ve M yağmur damlalarının yükleri sırasıyla +q, +2q ve -q'dur. L yağmur damlası yere sabit hızla düşmektedir.

(Yer çekimi ivmesini her noktada aynı kabul ediniz. Damlalara etki eden hava direncini ihmal ediniz.)

Buna göre

a) Yeryüzü ve bulutun yük cinslerini belirterek elektriksel alanın yönünü çiziniz.

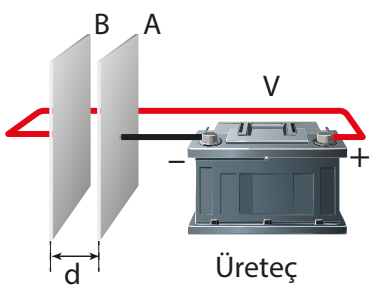
b) Yağmur damlalarına etki eden elektriksel kuvvetlerin yön ve büyüklüklerini karşılaştırınız.

c) K damlasının da sabit hızla yere düştüğü durum için K ve L damlalarının ağırlıklarını karşılaştırınız.

ç) K ve L damlalarının kütlelerinin aynı olduğu durum için K damlasının hareketini yorumlayınız.

d) M damlasının hareketini yorumlayınız.

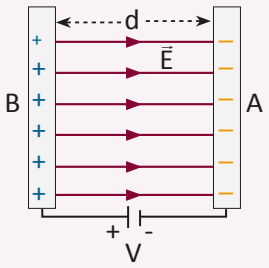
10. Alıştırma



CERN [Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Konsey Öropeen pur la Röşerş Nükleer) Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi] Fermilab [Fermi National Accelerator Laboratory (Förmi Neşınıl Ekselereytır Labıratori) Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı] gibi dünyaca ünlü laboratuvarlarda doğrusal parçacık hızlandırıcılar yardımıyla parçacıklar yüksek hızlara çıkarılabilir. Doğrusal parçacık hızlandırıcıların basit bir modellemesi yandaki şekilde verilmiştir. Sistemde A ve B levhaları V potansiyel farkına sahip üretece bağlıdır ve levhalar arasında d kadar mesafe vardır. Levhalar arasında düzgün elektriksel alan oluşmaktadır.

Buna göre

a) Tabloda belirtilen değişilikler sonrasında levhalar arasında oluşacak elektriksel alan çizgilerinin yeni şeklini tabloda ilgili kısma çiziniz.

İlk Durum	Levhalar Arası Mesafe (d) Artırılırsa	Üretecin Potansiyel Farkı (V) Artırılırsa
		

b) B levhasından kütlesi m olan +q yüke sahip bir parçacık serbest bırakılıyor.

Parçacığın ivmesinin büyüklüğünü ve A levhasına ulaşma süresini q, v, d, m cinsinden ifade ediniz. (Yer çekimini ve sürtünmeleri ihmal ediniz.)

2.1.3. Faraday Kafesi

Avustralya'daki Sydney (Sidney) Üniversitesine bağlı Sydney Nanobilim Merkezi, XXI. yüzyılın önemli yenileşim (inovasyon) merkezlerinden biridir. Yaklaşık 150 milyon dolara mal olan bu yapı, maddenin doğasını anlama ve yeni teknolojiler üretme hedefiyle tasarlanmıştır. Havada yüzen laboratuvar zeminlerine sahip olması sayesinde merkezde nanoölçek düzeyinde çok hassas ölçümler ve deneyler yapılabilmektedir. Ayrıca diğer laboratuvarlardan ve bina dışından gelebilecek etkilerden korunmasını sağlamak için her bir laboratuvar Görsel 2.6'dakine benzer şekilde metal malzemelerle kaplanmıştır.



Görsel 2.6: *Metalle kaplanmış laboratuvar*

Öğretmeninizin rehberliğinde gruplar oluşturunuz. 3. Etkinlik'te kullanmak üzere Faraday kafesi ve Faraday kafesinin kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşmak için kullanacağınız kaynakları (genel ağ, kütüphane, dergiler vb.) grup arkadaşlarınızla belirleyiniz. Belirlediğiniz kaynaklar yoluyla Faraday kafesi ve Faraday kafesinin kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşmak için araştırma yapınız. Araştırma yaptığınız kaynakların güvenilir olmasına özen gösteriniz. Araştırmalarınızı kaynak bilgisiyle düzenleyiniz.

3. Etkinlik Faraday Kafesi

Amaç	Faraday kafesi ve Faraday kafesinin kullanım alanları ile ilgili bilgi toplayabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki "Öz Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

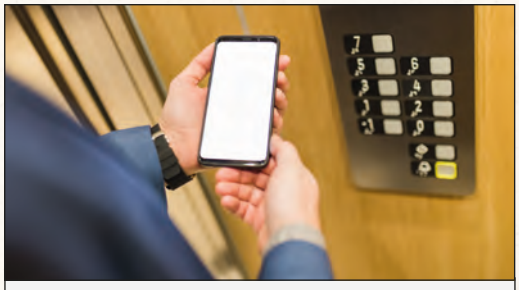
1. Aşağıda verilen görselleri ve açıklamalarını inceleyiniz.



Yolculuk sırasında uçağa yıldırım çarpınca yolcuların ve uçaktaki elektronik cihazların bu durumdan etkilenmemesi



Yolculuk sırasında kara ulaşım aracına yıldırım çarpınca yolcuların bu durumdan etkilenmemesi



Asansör içinde genellikle cep telefonlarının baz istasyonuyla bağlantısının kesilmesi



MRG (manyetik rezonans görüntüleme) cihazlarının bulunduğu odaların metal kaplı olması

2. İncelediğiniz görsellerdeki durumların sebepleri hakkında tahminlerde bulununuz.

3. Faraday kafesi ve Faraday kafesinin kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşmak için belirlediğiniz kaynakların adlarını yazınız.

.....

4. Belirlediğiniz kaynaklar yoluyla Faraday kafesi ve kullanım alanlarına yönelik ulaştığınız bilgileri aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

5. Faraday kafesi ve kullanım alanları hakkında grup arkadaşlarınız ile derlediğiniz bilgileri sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.

6. Sınıf arkadaşlarınızla tartışarak topladığınız bilgileri tartışma ortamında doğrulayınız.

7. Doğruluğunu teyit ettiğiniz bilgilerden yararlanarak Faraday kafesi ve kullanım alanları ile ilgili sunu hazırlayınız ve sunuyu arkadaşlarınıza sununuz.

Değerlendirme

Aşağıda verilen "Öz Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

Öz Değerlendirme Formu

Öğrencinin

Adı ve Soyadı: Numarası:

Bu form, kendinizi değerlendirmeniz amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmalarınızı en doğru yansıtan seçeneği "✓" ile işaretleyiniz. Bu formda işaretlediğiniz "Hiçbir Zaman" ve "Nadiren" seçeneklerine ait davranışlardaki eksikleri-nizi tamamlayınız.

Davranışlar	Dereceler				
	Her Zaman (5)	Sık Sık (4)	Bazen (3)	Nadiren (2)	Hiçbir Zaman (1)
1. Etkinlik yönergelerini doğru bir biçimde izledim.					
2. Etkinlikte sorulan sorulara doğru cevap verdim.					
3. Etkinlik sürecine duygu ve düşüncelerimi belirterek katkıda bulundum.					
4. Etkinlik boyunca arkadaşlarımla ortak hedeflere ulaşmak için dayanışma içinde çalıştım.					
5. Etkinlikte verilen görsellerdeki durumla-rın gerçekleşme sebeplerine doğru kay-naklardan ulaşabildim.					
6. Faraday kafesinin kullanım alanlarını kavradım.					
7. Faraday kafesi ve kullanım alanları ile ilgi-li sunu hazırlanmasına katkıda bulundum.					
8. Etkinlikte öğrendiklerimi günlük hayatta kullanmayı düşünüyorum.					

Etkinlikte gerçekleştirdiğiniz çalışmaları dikkate alarak görüşlerinizi aşağıda verilen alanlara yazınız.

1. Bu etkinlikten öğrendiklerim

.....

.....

2. Bu etkinlik sırasında en iyi yaptıklarım

.....

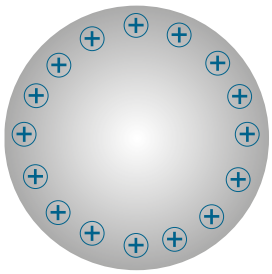
.....

3. Bu etkinlik sırasında en çok zorlandıklarım

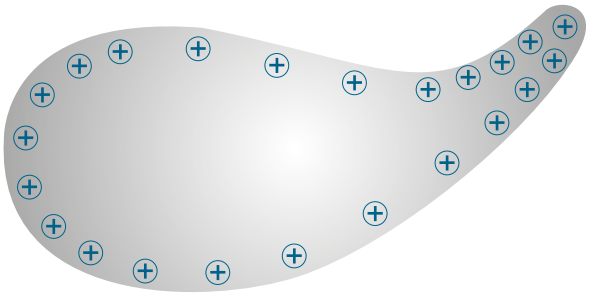
.....

.....

İletkenin net yükünü oluşturan tüm yük tanecikleri birbirine itme kuvveti uygular. Birbirini iten net yük tanecikleri birbirinden en uzak kısımlara, diğer bir deyişle iletkenin en dış yüzeyine dağılır. Pozitif ya da negatif yüklü bir kürede yük, kürenin en dış kısmına homojen bir şekilde dağılır (Şekil 2.10). Sivri kısımları olan yüklü bir cisimde ise net yük, cismin en dış yüzeyine dağılır fakat sivri kısımlarda daha yoğun bir şekilde toplanır (Şekil 2.11). Elektronların iletken katılarda bu şekilde hareket edebilmesi, elektronları denge durumunda olan iletken cisimlerin içinde elektriksel alanın sıfır olması sonucunu doğurur.

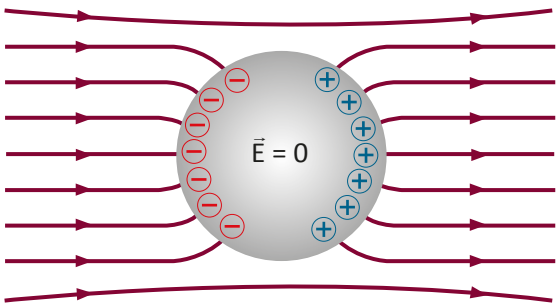


Şekil 2.10: *İletken kürenin dış yüzeyine homojen olarak dağılmış pozitif ve negatif yükler*



Şekil 2.11: *Sivri kısımlara sahip iletken cismin dış yüzeyine dağılmış pozitif yükler*

Elektrostatik kalkan etkisi gösteren Faraday kafesi, iletken maddelerin içinde elektriksel alanın sıfır olmasıyla açıklanır. Michael Faraday (Maykıl Feridey) tarafından keşfedilen bu olayda iletken, iç kısmını dış elektriksel alanlardan korur. Şekil 2.12'deki nötr iletken küre dış elektriksel alana maruz bırakıldığında iletken üzerindeki serbest elektronlar elektriksel alana ters yönde hareket etmeye başlar. Bu sayede iletkenin sol tarafı etki ile negatif yüklenir. İletkenin sağ tarafında elektron miktarı azaldığı için sağ taraf fazladan pozitif yüke sahip olur. Elektriksel alan çizgileri iletkenin sol kısmında biriken negatif yüklerde sonlanır ve iletkenin sağ tarafındaki pozitif yüklerden tekrar oluşmaya başlar. Böylece iletkenin iç kısmında (yüklerin arasında) elektriksel alan yok olur. Sonuç olarak iletkenin iç kısmı dış elektriksel alandan korunmuş olur.



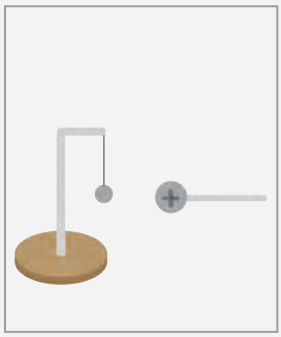
Şekil 2.12: *Dış elektriksel alana maruz kalan nötr iletken kürenin iç kısmında elektriksel alanın yok olması*

Faraday kafesi ile günlük hayatta sıklıkla karşılaşmak mümkündür. Metal dış yüzeye sahip asansörler, bir Faraday kafesidir ve cep telefonuna asansör dışından gönderilen elektromanyetik dalgaların asansörün iç kısmına girmesini engeller. Uçağa veya arabaya düşen yıldırım, Faraday kafesi özelliği gösteren bu yapıların iç kısımlarında yük akışına sebep olmaz. Açık bir arazide yıldırım çarpmasından korunmak için güvenli yerlerden biri metal bir gövdeye sahip arabanın içidir. Sağlık tesislerinde kullanılan MRG cihazlarının bulunduğu odalar metalle kaplanarak dışarıdan gelen radyo dalgalarının görüntü üzerinde etkili olması önlenir. Mikrodalga fırınların yüzeylerinin büyük kısmı metal kafesle kaplıdır. Üretilen mikrodalga ışınları, bu şekilde fırın dışına çıkamaz ve enerjisini fırın içindeki yemeğe aktararak yemeği ısıtır. Buna ek olarak fırın dışında bulunan bluetooth, wi-fi gibi ağ bağlantılarının mikrodalga fırının elektromanyetik radyasyonundan etkilenmesinin de önüne geçilmiş olur. Faraday kafesleri; istihbarat binaları, hapishaneler, gözlemevleri vb. yapılarda da kullanılmaktadır.

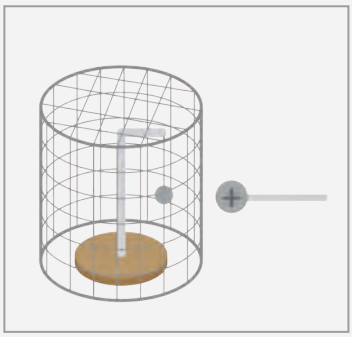
Karekoddan yararlanarak Faraday kafesi ile ilgili videoya ulaşabilirsiniz.

Örnek

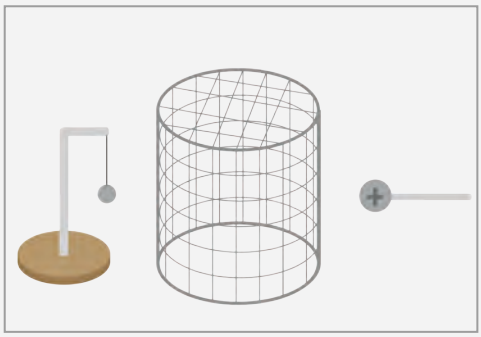
Faraday kafesi ile ilgili bir gösteri deneyi hazırlayan Özüm Öğretmen, pozitif yüklü bir cismi tavana yalıtkan iple bağlanmış nötr metal bir küreye Şekil I'deki gibi yaklaştırıyor. Daha sonra metal küreyi iletken telle ağ gibi örülmüş bir kafes içine yerleştiriyor. Metal küre kafesin içindeyken pozitif yüklü bir cismi kafesin dışına Şekil II'deki gibi yaklaştırıyor. Son olarak metal küreyi kafesin arka kısmına yerleştirip pozitif yüklü cismi kafesin ön tarafına Şekil III'teki gibi yaklaştırıyor.



Şekil I



Şekil II



Şekil III

Buna göre pozitif yüklü cisim yaklaştırıldığı andan itibaren metal kürenin

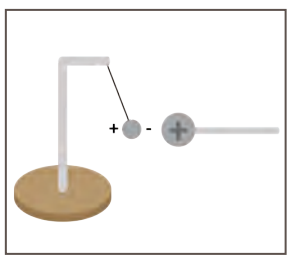
a) Şekil I'deki,

b) Şekil II'deki,

c) Şekil III'teki

hareket durumunu açıklayınız. (Metal küre ile yakınındaki cisimler arasında yeterince mesafe vardır.)

Cevap



a) Pozitif yüklü cismin metal küreye yakın olan kısımları etki ile negatif, uzak olan kısımları negatif yüke eşit miktarda pozitif yükle yüklenir. Pozitif yüklü cismin etki ile elektriklediği metalin negatif kısımlarına uyguladığı çekme kuvvetinin büyüklüğü, metalin pozitif kısımlarına uyguladığı itme kuvvetinden büyüktür. Bunun sebebi, metalin negatif yüklü kısımlarının yaklaştırılan cisme pozitif yüklü kısımlarından daha yakın olmasıdır. Yaklaştırılan pozitif yüklü cismin nötr metal küreye uyguladığı bileşke kuvvetin yönü yüklü cisme doğru olduğundan metal küre, pozitif yüklü cisme doğru hareket eder ve bir süre sonra düşey eksenle belli bir açı yaparak durur.

b) İletken bir ağ ile örülmüş metal kafesin içine (Faraday kafesi) yerleştirilmiş metal küre, dış elektriksel alanların etkisine maruz kalmaz. Bu sebeple kafes dışına bir cisim yaklaştırıldığında kafes içindeki küreye bileşke kuvvet etki etmez. Durmakta olan metal küreye bileşke kuvvet etki etmediğinden metal küre, ilk denge konumunu koruyarak durmaya devam eder.

c) Kafesin ön kısmına yaklaştırılan pozitif yüklü cismin elektriksel alanı, kafes içinde sıfır olsa da kafesin arka kısmında etkisini sürdürür. Bu sebeple metal küre, etki ile elektriklenerek Şekil I'deki gibi pozitif yüklü cisme doğru hareket eder ve bir süre sonra düşey eksenle belli bir açı yaparak durur.

11. Alıştırma

Faraday kafesinin kullanıldığı bir alan belirleyiniz ve bu alanda Faraday kafesinin kullanımını avantaj ve dezavantajları açısından değerlendiriniz.

12. Alıştırma

Eliz, bilimsel bir dergide okuduğu bir deneyi gerçekleştirmek istiyor. Bunun için kuzeni Zeynep'ten cep telefonunu masanın üzerine, kendi telefonunun yanına koymasını rica ediyor. Kendi telefonundan Zeynep'in telefonunu aradığında Şekil I'deki gibi telefonun çaldığını görüyor ve çalma sesini de duyuyor. Eliz, daha sonra Zeynep'in cep telefonunu Şekil II'deki gibi bir alüminyum folyo ile birkaç kat sıkıca sarıyor ve kendi telefonunun yanına koyuyor. Eliz, Zeynep'in telefonunu aradığında bu sefer telefonun çalmadığını fark ediyor.



Şekil I



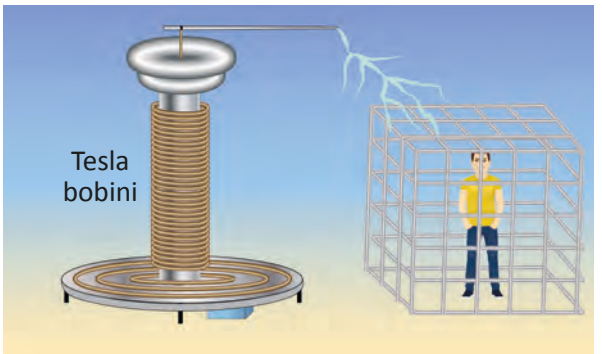
Şekil II

Buna göre

a) Alüminyum folyo ile sarılan telefonun çalmamasının sebebi nedir? Açıklayınız.

b) Telefon alüminyum folyo ile sarılmak yerine çalışmayan mikrodalga fırın içine konsa ve dışarıdaki bir telefondan aransaydı çalar mıydı? Gerekçesiyle açıklayınız.

13. Alıştırma



Tesla bobini, çok yüksek gerilim (potansiyel fark) oluşturabilen bir cihazdır. Bu cihaz, yakınındaki cisimlere yıldırım ve şimşeğe benzer elektrik kıvılcımları saçabilir.

Bir bilim fuarında bulunan Tesla bobini ve bobinin yanına yerleştirilmiş metal kafesin içine görevli giriyor. Görevli içerdeyken bobin çalıştırılıyor ve şekildeki gibi metal kafese doğru elektrik atlamaları gerçekleşiyor.

Buna göre

a) Görevli, elektrik kıvılcımlarından etkilenir mi? Açıklayınız.

b) Elektrik kıvılcımları kafesin hangi kısımlarına daha çok atlar? Açıklayınız.

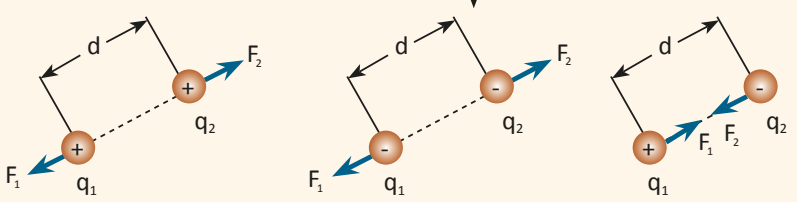
c) Kafesteki boşluk miktarının kafesin elektrik kıvılcımlarına karşı koruma seviyesini nasıl etkileyebileceği ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

Kontrol Noktası

Elektriksel Kuvvet

Yüklerin birbirine uyguladığı itme veya çekme kuvvetidir.

Yüklerin büyüklüklerinin çarpımı ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.



Yükler arasındaki ortamın özelliğinin elektriksel kuvvete etkisi Coulomb sabiti (k) ile ifade edilir.

Büyüklüğünün matematiksel modeli Coulomb Yasası ile açıklanır:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

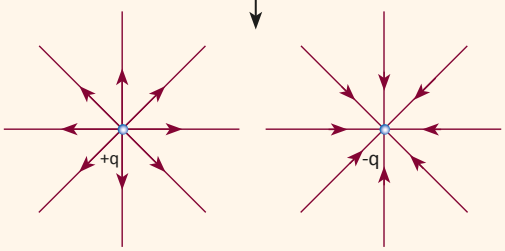
Elektriksel Alan

Yüklerin etraflarında oluşturdukları etki alanıdır.

Birim yük başına düşen elektriksel kuvvet olarak tanımlanır. Bu tanımdan hareketle büyüklüğünün matematiksel modeli şu şekilde ifade edilir:

$$E = \frac{F}{q_0}$$

Yönü pozitif noktasal yük için yükten dışarı, negatif noktasal yük için yüke doğrudur.



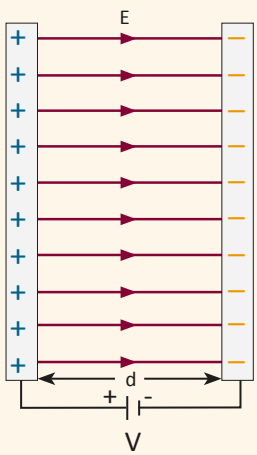
Bir noktadaki büyüklüğü noktasal yükün büyüklüğü ile doğru, yüke olan uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.

Noktasal yükler için büyüklüğünün matematiksel modeli şu şekilde ifade edilir:

$$E = k \cdot \frac{q}{d^2}$$

Yönü ve büyüklüğü her noktada aynı olan elektriksel alan düzgün elektriksel alandır. Paralel levhalar arasında oluşan düzgün elektriksel alanın matematiksel modeli şu şekilde ifade edilir:

$$E = \frac{V}{d}$$

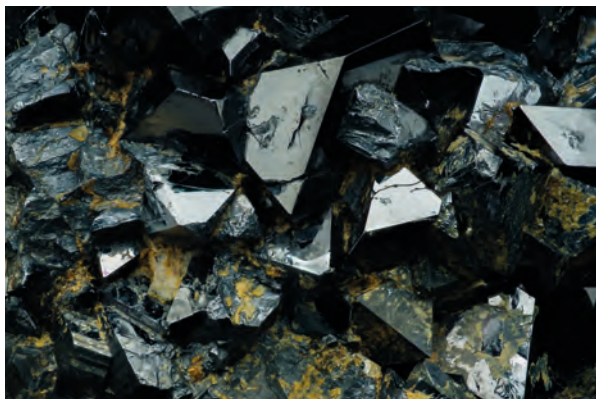


Faraday kafesi, iletken maddeden yapılmış kafes şeklindeki kapalı bir yapıdır. Bu yapı, kafesin iç kısmını dış elektriksel alanın etkilerinden korur.

Cep telefonlarının asansörlerde çekmemesi, uçağa veya arabaya düşen yıldırımdan iç kısımdakilerin etkilenmemesi, MRG cihazının bulunduğu odaların metal ile kaplanması dış elektriksel alanların etkilerinden korunulan durumlara örnek gösterilebilir.

2.2. MANYETİK ALAN VE MANYETİK KUVVET

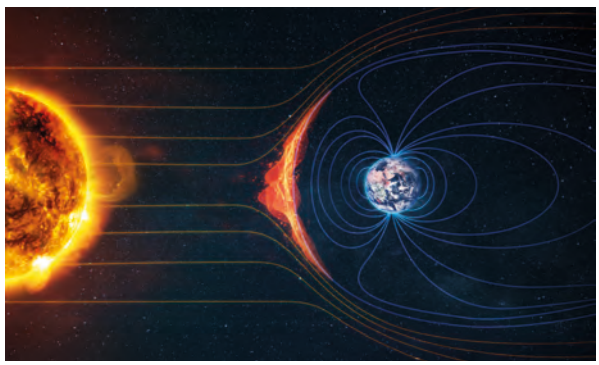
Antik Yunanlar, doğal bir mıknatıs ve demir oksit bileşiği (Fe_3O_4) olan manyetit taşının (Görsel 2.7) demiri çektiğini biliyorlardı. 1269 yılında Pierre de Maricourt (Piyer dö Mağikuo), küresel bir doğal mıknatısın yüzeyindeki farklı yerlere iğne yerleştirerek iğnelerin yönelimlerini incelemiştir. İğnelerin kürenin çevresini tamamen sardığını ve birbirinin zıt konumunda bulunan bir noktadan girip çap doğrultusunda diğer noktadan çıktığını gözlemlemiştir. Bu kısımlara mıknatısın kutupları adını vermiştir. Sonraki yıllarda gerçekleştirilen deneyler sonucunda şeklinden bağımsız her mıknatısın iki kutbunun olduğu anlaşılmıştır.



Görsel 2.7: *Doğal mıknatıs olan manyetit taşı*

2.2.1. Manyetik Alan

Manyetik alan doğadaki temel alanlardan biridir. Dünya'nın manyetik alanı, koruyucu bir kalkan görevi görür (Görsel 2.8). Bu alan sayesinde Güneş'ten gelen yüksek enerjili yüklü parçacıklar, kutuplar hariç hemen hemen tüm bölgelerde saptırılır ve bu parçacıkların bir kısmı Van Allen (Ven Elın) radyasyon kuşakları olarak adlandırılan bölgelerde hapsedilir. Bu kuşaklar, çoğunlukla proton ve elektrondan oluşan yüksek enerjili parçacıkları manyetik alan çizgileri boyunca tutarak onların atmosfere ulaşmasını büyük ölçüde engeller. Kutuplardaki manyetik alan çizgilerinin yönelimi ise bazı parçacıkların atmosfere girerek atmosferdeki gazlarla etkileşmesine olanak tanır. Bu sayede görsel bir şölen olan kutup ışıkları [aurora (arora)] meydana gelir (Görsel 2.9).



Görsel 2.8: *Dünya'nın manyetik alanının koruyucu etkisi*



Görsel 2.9: *Kutup ışıkları*

Manyetizma, elektronik cihazların çalışmasında önemli bir rol oynar. Tıpta görüntüleme cihazı olan MRG'nin çalışması, manyetik vinçler ile atıkların taşınması, mayınların tespiti, maden ve petrol arama, boru ve fay hatlarının tespiti, arkeolojik ve jeolojik araştırmalar gibi birçok sahada manyetik alandan yararlanılır. Magnetospirillum magnetotacticum (manyetosipirillum manyetotaktikum) gibi bazı bakteri türleri tek kristal manyetit taşından oluşan zincir şeklinde yapılar geliştirmiştir. Bu bakteriler, mıknatıs özelliği gösteren yapılarını kullanarak yönlerini bulabilmektedir.

4. Etkinlik Mıknatıslar ve Manyetik Alan

Amaç	Mıknatısların birbiriyle etkileşimine yönelik bilimsel gözlem yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki "Çıkış Kartı"nı doldurunuz.

1. Verilen metni okuyunuz ve aşağıdaki soruları cevaplayınız.

Türkiye, dünyanın önemli kuş göç yollarından birinde yer almaktadır. Her yıl milyonlarca kuş, kışlama ve üreme alanları arasında gerçekleştirdiği yolculukta Türkiye topraklarını kullanmaktadır. Türkiye, kuşların bu yolculuklarında dinlenme ve beslenme noktası olarak da işlev görmektedir.

a) Göçmen kuşlar binlerce kilometreyi bulan yolculuklarında yönlerini nasıl buluyor olabilir?

.....

.....

b) Balina ve yunuslar açık okyanusta yönlerini kaybetmeden nasıl hareket ediyor olabilir?

.....

.....

2. Issız bir yerde kaybolan bir kişi ya da bir uçak pilotu gideceği yönü bulurken bazı yöntemlerden yararlanır. İnsanların bu gibi durumlarda yönlerini bulma yöntemlerini aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

3. Aşağıda bazı bilim insanlarının pusula ile ilgili yaptıkları çalışmalardan bir kısmı verilmiştir. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

- Osmanlı Devleti'nde pusuladan ilk bahsedilen metin Pîrî Reis'in 1521 tarihli *Kitâb-ı Bahriyye* adlı eseridir.
- Seydi Ali Reis'in XVI. yüzyılda yazdığı *Kitâbü'l-Muhît fî İlmi'l-Eflâk ve'l-Ebhur* adlı eserinde pusulalarla ilgili bir bölüm yer almaktadır. Burada manyetik sapma açısından bahsedilmiştir.
- William Gilbert (Wilyım Gilbırt), yerin manyetik alanını jeofizik bakış açısıyla açıklayan ilk bilim insanıdır. Gilbert, 1600 yılında yaptığı deneyler sonucunda pusula iğnesinin hep belirli bir yöne doğru yönelmesinin sebebini Dünya'nın büyük bir mıknatıs gibi davranmasına bağlamıştır.
- Edmund Halley (Edmınd Heeli), pusula değişimleri ile ilgili ölçümler yapmıştır. Halley, 1701 yılında gerçekleştirdiği bilimsel yayında Dünya'nın manyetik alanındaki değişime bağlı pusula sapmasının ilk ayrıntılı haritalamasını ortaya koymuştur.

Pusulanın çalışma ilkesinden yararlanarak mıknatısların birbiriyle etkileşimine neden olan faktörleri belirtiniz.

.....

.....

.....

.....

4. Aşağıdaki metni okuyunuz ve soruyu cevaplayınız.

Milattan önce 700'lü yıllarda Yunan filozofu Thales'in (Tales) Manisa'ya yakın bir yerde mıknatıs taşı yataklarını bulduğu bazı kaynaklarda belirtilmektedir. Magnesia medeniyeti ismini bu bölgedeki mıknatıs (magnet) taşı yataklarından almaktadır. Manisa isminin de Manisa'ya yakın olan antik yerleşim yeri Magnesia'dan geldiği bilinmektedir. Dolayısıyla Manisa ilinin isminin de mıknatıs yataklarına dayandığı söylenebilir.



Thales, mıknatısların etkileşimini nasıl keşfetmiş olabilir? Tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

5. Mıknatısların etkileşimlerinin manyetik alan çizgileriyle temsil edilebileceği bir deney tasarlayınız. Tasarladığınız deneyi, deneyin aşamalarını ve deneyde kullanacağınız araç gereci aşağıdaki alana yazınız.

Araç Gereç:	
Tasarladığınız Deney	**Deneyin Aşamaları**

6. Tasarladığınız deney düzeneği üzerinden manyetik alanın büyüklüğüyle alan çizgilerinin sıklığı arasındaki ilişkiye dair veriler toplayıp ulaştığınız verileri aşağıdaki alana kaydediniz.

Toplanan Veriler

7. Mıknatısların etkileşimiyle ilgili verileri manyetik alan çizgileriyle açıklayınız.

.....

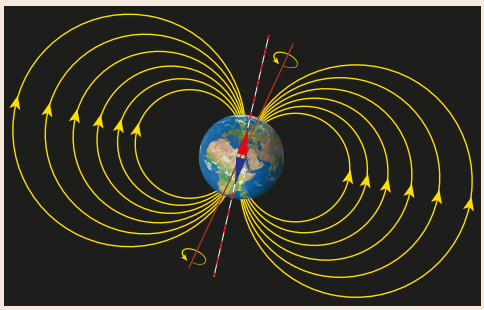
.....

.....

8. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

Dünya'nın manyetik alanı, büyük bir çubuk mıknatısın oluşturduğu manyetik alana benzetilebilir. Coğrafi Kuzey Kutbu ile Güney Kutbu'nu birleştiren hayalî doğru ile Dünya'nın içindeki hayalî çubuk mıknatısın kutuplarını birleştiren doğru arasında bir açı vardır. Bununla birlikte coğrafi Kuzey Kutbu ile manyetik güney kutbu aynı noktada olmasalar bile aynı yarım kürede bulunur. Dünya'nın yüzeyindeki manyetik alanın büyüklüğü, ortalama boyutlardaki bir çubuk mıknatısın yaklaşık iki yüzde biri kadardır.

Aşağıdaki tabloda verilen Dünya modellemesi üzerinde coğrafi ve manyetik kutupları gösteriniz. Tabloda verilen alana Dünya'nın manyetik alanı ve manyetik alan büyüklüğünü manyetik alan çizgileriyle açıklayarak yazınız.

Dünya'nın Manyetik Alanının Modellemesi	Açıklamanız
	

9. Yandaki karekoddan yararlanarak mıknatısların birbiriyle olan ilişkilerinin manyetik alan çizgileri ile gösterildiği simülasyona ulaşabilirsiniz.

10. Simülasyonda mıknatısların birbirine göre konumlarını değiştirerek birbiriyle etkileşimlerini, manyetik alan çizgilerinin yönü ve sıklığının nasıl değiştiğini gözlemleyiniz.

Değerlendirme

Aşağıda verilen çıkış kartını kendi ifadelerinizle doldurunuz.

ÇIKIŞ KARTI

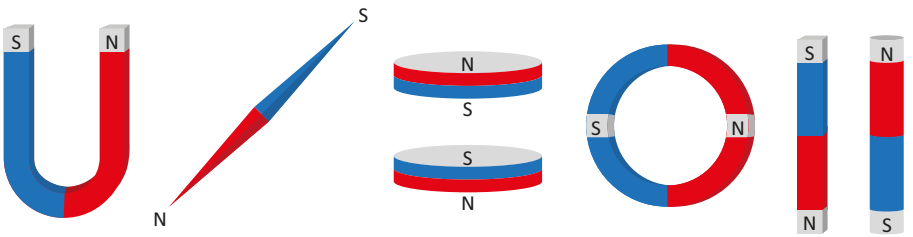
İsim:	**Tarih:**
Mıknatısların oluşturduğu manyetik alan ve özellikleri ile ilgili üç bilgi	
• • •	
Mıknatısların oluşturduğu manyetik alan ve özellikleri ile ilgili iki soru	
• •	
Mıknatısların oluşturduğu manyetik alan ve özellikleri ile ilgili bir örnek	
•	

Demir, nikel, kobalt ve bunlardan oluşan alaşımları çekebilen maddelere **mıknatıs** denir. Mıknatıslar, etraflarında manyetik alan oluşturarak birbirine veya başka manyetik özellik gösterebilen maddelere temas etmeden manyetik kuvvet uygulayabilir. Manyetik kuvvetin en yoğun olduğu bölgeler mıknatısın kutuplarıdır. Etrafına demir tozları serpiştirilen mıknatısın uçlarında demir tozları daha çok birikir (Görsel 2.10). Elektrik yüklerinin iki cins olmasına ve elektriksel alan oluşturarak birbirine kuvvet uygulamasına benzer şekilde mıknatısın manyetik kutupları da kuzey (N) ve güney (S) olmak üzere iki cinstir. Mıknatısın kutuplarına bu isimlerin verilme sebebi, mıknatısın kuzey kutbunun Dünya'nın coğrafi Kuzey Kutbu'na yakın bir noktaya doğru yönelme eğilimidir.

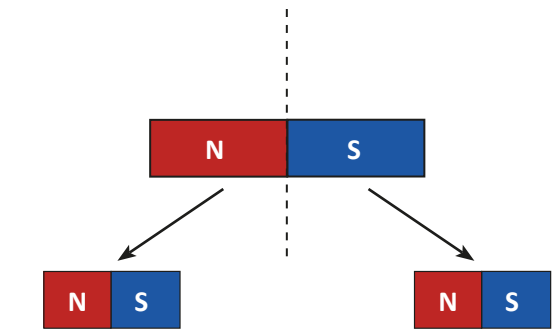


Görsel 2.10: *Mıknatıs etrafında demir tozlarının dağılımı*

Manyetit taşı gibi kalıcı mıknatıs olan doğal mıknatısların yanında yapay mıknatıslar da üretilmiştir. "AlNiCo" alüminyum, nikel, kobalt gibi maddelerin alaşımı ile 1930'lu yıllarda üretilen ilk sürekli mıknatıslardandır. Sonraları "AlNiCo"ya göre bazı avantajları olan "Ferrit" mıknatıslar geliştirilmiştir. Sürekli mıknatıs olabilen nadir toprak elementlerinin 1960'larda keşfi ile ilk olarak "SmCo" (samaryum-kobalt) mıknatısı üretilmiştir. Son yıllarda ikinci nesil, daha güçlü ve ucuz yapay mıknatıs "NdFeB" (neodim-demir-bor) neodyum kullanılmaktadır. Doğal mıknatısların belli bir şekli yokken yapay mıknatıslar, istenen şekil ve boyutlarda üretilebilir. Yapay mıknatıslar; çoğunlukla at nalı (U), iğne, disk, halka (yüzük), çubuk, silindir şeklinde üretilir (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: *Mıknatıs çeşitleri*

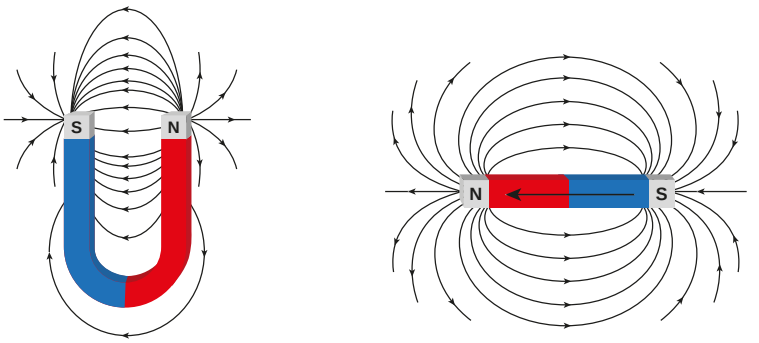


Görsel 2.12: *Bölünen mıknatısın parçalarının iki kutbunun olması*

Tek kutuplu mıknatıs yoktur. Bir mıknatıs ne şekilde bölünürse bölünsün elde edilen parçalar iki kutba sahip olarak mıknatıs özelliğini devam ettirir (Görsel 2.12). **Manyetik alan**, mıknatısların veya elektrik akımının çevresinde oluşan ve diğer mıknatıslara ya da hareketli elektrik yüklerine kuvvet uygulayan doğadaki temel alanlardan biridir. Vektörel ve türetilmiş bir fiziksel nicelik olan manyetik alan "$\vec{B}$" sembolü ile gösterilir. Manyetik alanın SI'da birimi "tesla"dır (T). Bunun yanında "gauss" (G) da kullanılır ($1\ G = 10^{-4}\ T$). Manyetik alan, manyetik alan çizgileri ile modellenir. Mıknatısın etrafına serpiştirilen demir tozları, manyetik alan çizgileri doğrultusunda hizalanır (Görsel 2.13). Birbirinin etki alanında olmayan U ve çubuk mıknatısın çevrelerinde oluşturduğu manyetik alan çizgileri Görsel 2.14'te gösterilmiştir.



Görsel 2.13: *U mıknatıs etrafında demir tozlarının dağılımı*



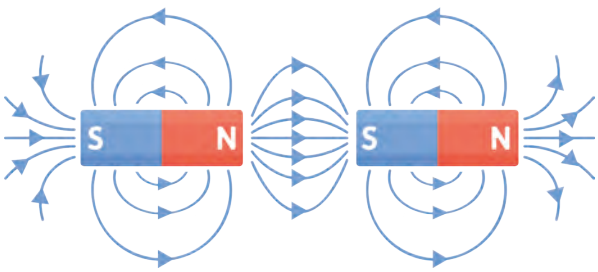
Görsel 2.14: *Birbirinin etki alanında olmayan mıknatısların oluşturduğu manyetik alan çizgileri modeli*

Manyetik alan çizgilerinin özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

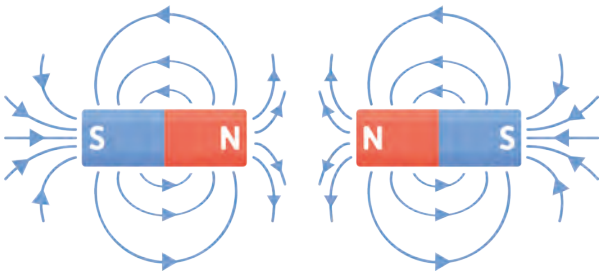
- Mıknatısın dışında N kutbundan S kutbuna doğru yönelir.
- Mıknatısın içinde devam eder ve S kutbundan N kutbuna doğru yönelir.
- Kapalı eğriler oluşturduğundan elektriksel alan çizgilerinin aksine başlangıç ve bitiş noktaları yoktur. Bu durum, doğada tek manyetik kutup bulunmaması ile ilgilidir.
- Manyetik alanın büyüklüğü, manyetik alan çizgilerinin yoğunluğu (sıklığı) ile doğru orantılıdır ve mıknatıstan uzaklaşıldıkça azalır.
- Mıknatıstan çıkan ya da mıknatısa giren çizgi sayısı mıknatısın kutup şiddeti ile doğru orantılıdır.
- Birbirini hiçbir zaman kesmez.
- Bir noktadaki manyetik alan vektörünün yönü, o noktadaki manyetik alan çizgisine teğettir.

Kutup Şiddeti
Mıknasın boyutu, şekli, yapıldığı malzemelerin türü, çevresel etkiler gibi faktörlerin bir ölçüsüdür.

Manyetik alan çizgileri, zıt kutupları birbirine yakın olan mıknatıslar için Şekil 2.13 ve aynı kutupları birbirine yakın olan mıknatıslar için Şekil 2.14'te gösterilmiştir. Tüm bu modellemelerde çizgiler 2 boyutta çizilmiştir. Gerçekte manyetik alanın 3 boyutlu uzay boyunca yayıldığı unutulmamalıdır.

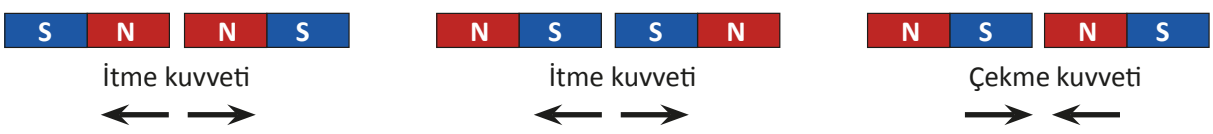


Şekil 2.13: *Zıt kutupları birbirine yakın mıknatısların oluşturduğu manyetik alan çizgilerinin modeli*



Şekil 2.14: *Aynı kutupları birbirine yakın mıknatısların oluşturduğu manyetik alan çizgilerinin modeli*

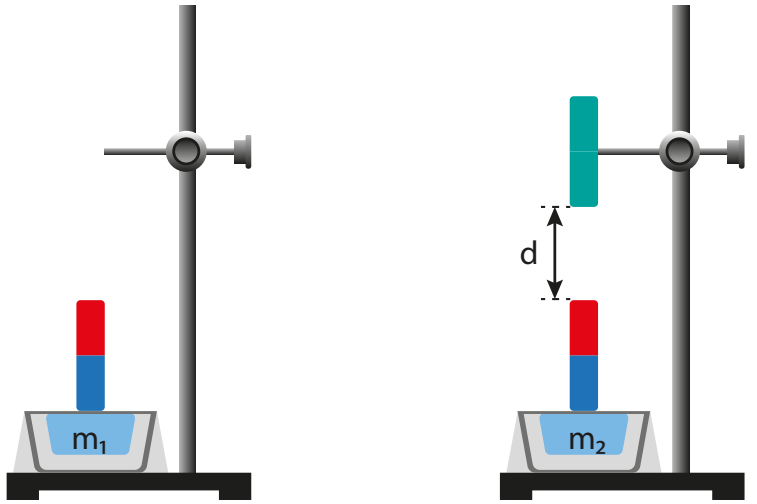
Manyetik alan çizgilerinin birbirine doğru yönelmesi mıknatısların birbirine çekme kuvveti uyguladığının, birbirinden uzaklaşacak şekilde yönelmesi mıknatısların birbirine itme kuvveti uyguladığının göstergesidir. Buna göre zıt kutupları birbirine yakın olan mıknatıslar birbirini çeker, aynı kutupları birbirine yakın olan mıknatıslar birbirini iter (Şekil 2.15). Bir manyetik alan içindeki hareketli bir elektrik yüküne ya da manyetik bir kutba etki eden kuvvete **manyetik kuvvet** denir. Manyetik kuvvet; mıknatısların kutup şiddetleri ile doğru, aralarındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır. Ayrıca mıknatısların bulunduğu ortam da bu kuvveti etkiler.



Şekil 2.15: *Birbirinin etki alanında bulunan mıknatısların birbirine uyguladığı itme ve çekme kuvvetleri*

Örnek

Şekil I'deki terazinin üzerine bir çubuk mıknatıs dikey olarak yerleştirildikten sonra terazideki değer m_1 olarak okunuyor. Daha sonra mıknatıstan düşey olarak d kadar uzaklığa özdeş bir mıknatıs Şekil II'deki gibi getirilip sabitleniyor ve terazideki değer m_2 olarak okunuyor.



Şekil I Şekil II

Buna göre

a) Mıknatısların aynı kutuplarının birbirine yakın olduğu durum için m_1 ile m_2 değerlerini karşılaştırınız.

b) Mıknatısların zıt kutuplarının birbirine yakın olduğu durum için m_1 ile m_2 değerlerini karşılaştırınız.

c) Mıknatısların aynı kutuplarının birbirine yakın olduğu durum için mıknatıs 2d kadar uzaklığa getirilirse m_2 değerinin nasıl değişeceğini açıklayınız.

ç) Mıknatısların zıt kutuplarının birbirine yakın olduğu durum için yaklaştırılan mıknatısın kutup şiddeti daha fazla olursa m_2 değerinin nasıl değişeceğini açıklayınız.

d) Mıknatıslar arasına başka bir madde konursa m_2 değerinin bu durumdan nasıl etkileneceğini açıklayınız.

Cevap

a) Şekil I'deki terazide okunan m_1 değeri mıknatısın kütlesini gösterir. Şekil II'de ise mıknatısın üzerine getirilen özdeş mıknatısın uyguladığı manyetik kuvvetten dolayı terazide okunan m_2 değeri kuvvetin yönüne göre m_1 değerinden fazla ya da az olur. Mıknatısların birbirine yakın olan aynı kutupları birbirini iteceğinden terazi üzerindeki mıknatısa aşağı yönlü manyetik kuvvet etki eder. Bu durumda terazide okunan m_2 değeri, m_1 değerinden fazla olur.

b) Mıknatısların zıt kutupları birbirine yakın olduğunda zıt kutuplar birbirini çekeceğinden terazi üzerindeki mıknatısa yukarı yönlü manyetik kuvvet etki eder. Bu durumda terazide okunan m_2 değeri, m_1 değerinden az olur.

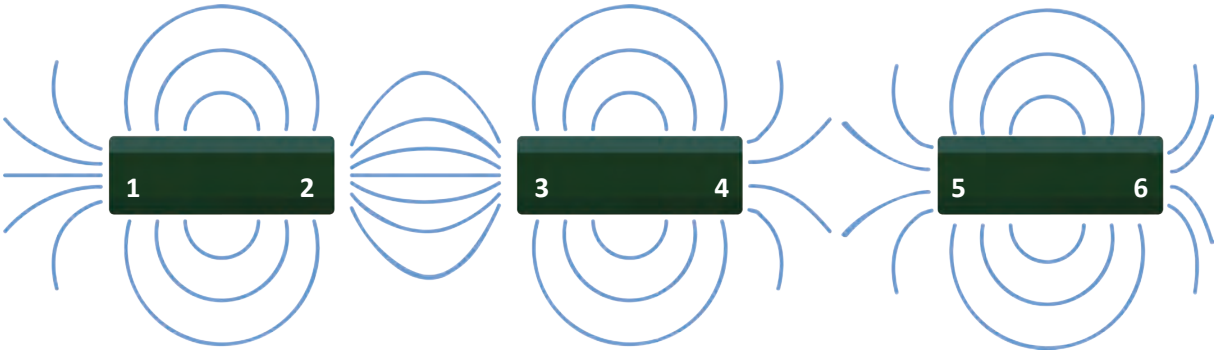
c) Mıknatıslar arası mesafe artırılırsa manyetik kuvvetin değeri azalır. Mıknatısların yakın olan kutupları aynı ise m_2 değeri ilk duruma göre azalır.

ç) Manyetik kuvvet, mıknatısların kutup şiddetleri ile doğru orantılıdır. Mıknatısların yakın olan kutupları zıt ise m_2 değeri ilk duruma göre azalır.

d) Manyetik kuvvet mıknatıslar arasındaki ortamın özelliklerine bağlı olarak değişeceğinden mıknatıslar arasına başka bir madde konursa m_2 değeri değişir.

14. Alıştırma

Vesile; özdeş K, L ve M çubuk mıknatıslarını aralarında eşit mesafe olacak şekilde masa üzerinde sabitliyor. Asetat kâğıdını mıknatısların üstüne bıraktıktan sonra demir tozlarını kâğıdın üzerine serpiştiriyor. Demir tozlarının kâğıt üzerinde belli bir düzende hizalandıklarını gözlemliyor. Daha sonra demir tozlarının hizalandıkları çizgilerin ve mıknatısların üstten görünümünü bir kâğıda şekildeki gibi çiziyor. Ardından mıknatısların kutuplarını şekildeki gibi rakamlarla belirtiyor.



K L M

K ve M mıknatıslarının birbiriyle etkileşimleri ve Dünya'nın manyetik alanı ihmal edildiğine göre

a) Demir tozlarının mıknatıs etrafında belirli çizgiler üzerinde hizalanma sebebini açıklayınız.

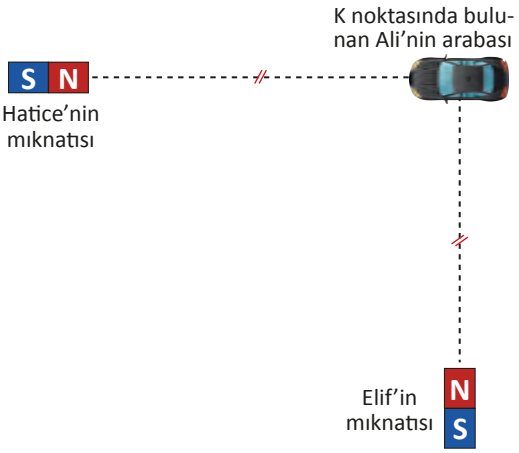
b) Demir tozlarının mıknatısların hangi kısımlarında daha yoğun bir şekilde bir araya geldiğini nedeniyle açıklayınız.

c) Her bir rakamın hangi kutup cinsine denk gelebileceğini yazınız.

ç) Manyetik alanın en büyük değerini hangi mıknatısların arasında aldığını açıklayınız.

d) Manyetik alanın en küçük değerini belirterek bu değerin hangi mıknatısların arasında oluştuğunu açıklayınız.

15. Alıştırma



Hatice ve Elif, üstten görünümü şekildeki gibi olan özdeş mıknatısları K noktasında bulunan Ali'nin demirden yapılmış oyuncak arabasına eşit uzaklıkta olacak şekilde yatay zemine sabitliyor. Kesikli çizgilerle gösterilen doğrultular birbirine diktir. Sürtünmeler ve Dünya'nın manyetik alanı ihmal edilmiştir. Hatice'nin mıknatısının noktasal kabul edilen Ali'nin sabitlenmiş arabasının bulunduğu K noktasında oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü B kadardır.

Buna göre

a) B büyüklüğündeki manyetik alanın yönünü çizerek gösteriniz.

b) Aşağıda verilen tablodaki boşlukları uygun şekilde doldurunuz.

Elif'in Mıknatısının K Noktasında Oluşturduğu Manyetik Alanın B Cinsinden Büyüklüğü ve Yönü	Mıknatısların K Noktasında Oluşturduğu Bileşke Manyetik Alanın B Cinsinden Büyüklüğü ve Yönü

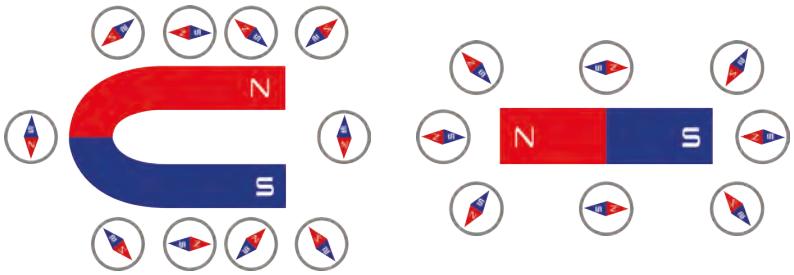
c) Serbest bırakıldığında Ali'nin arabasının hangi yöne doğru harekete başlayacağını çizerek açıklayınız.

ç) Hatice ve Elif'in mıknatısları ters döndürülürse serbest bıraktığında Ali'nin arabasının hangi yöne doğru harekete geçeceğini çizerek açıklayınız.

Pusula (Görsel 2.15), sabit bir eksen etrafında dönebilen mıknatıstan yapılma bir iğneye sahiptir. Mıknatısların etrafına pusula yerleştirilirse pusulanın iğnesi, mıknatısın o noktada oluşturduğu manyetik alan doğrultusuna yaklaşık olarak hizalanır (Şekil 2.16). Bir noktadaki manyetik alanın yönü belirlenirken o noktaya bir pusula yerleştirilebilir. Yerleştirilen pusulanın N kutbunun gösterdiği yön, o noktadaki manyetik alanın yönüdür.

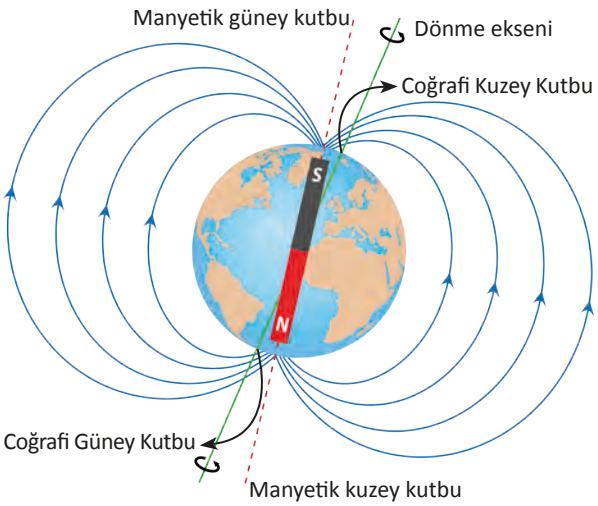


Görsel 2.15: *Pusula*



Şekil 2.16: *Pusula iğnesinin mıknatısın etrafında hizalanması*

Dünya'nın oluşturduğu manyetik alan, çubuk mıknatısınkine benzer (Şekil 2.17). Bu mıknatısın kuzey kutbunun olduğu yer manyetik kuzey, güney kutbunun olduğu yer manyetik güney kutbu olarak tanımlanır. Çubuk mıknatısın ekseni manyetik eksen olarak tanımlandığında bu eksenin Dünya'nın dönüş ekseni ile tam olarak üst üste gelmediği bilinmektedir. Günümüzde manyetik eksen ile dönme ekseni arasında yaklaşık 11,5°lik bir açı vardır. Bununla birlikte pusulanın kuzey kutbu, zıt kutupların birbirini çekmesi ilkesine göre tam olarak manyetik güney kutbuna doğru yönelir. Manyetik güney kutbu ise coğrafi Kuzey Kutbu'na yakın bir yerlerde bulunur. Sonuç olarak pusulanın kuzey kutbunun tam olmasa da kuzeyi gösterdiği kabul edilebilir. Manyetik sapma açısı Dünya'nın farklı yerlerinde farklı değerler alabilir.



Şekil 2.17: *Dünya'nın manyetik alanı*

Bazı canlılar, Dünya'nın manyetik alanını algılayıp yönlerini bulabilir. Göçmen kuşlardan bazılarının gözlerinde manyetik alanı algılamayı sağlayan bir protein bulunmuştur. Deniz kaplumbağa türlerinden (Görsel 2.16) bazılarının yumurtlama alanlarına göç ederken, arıların kovanların yerini tespit ederken; köpek balığı, yunus (Görsel 2.17) gibi hayvanların yönlerini belirlerken manyetik alanı algılayabilen dokularını kullandıkları düşünülmektedir.

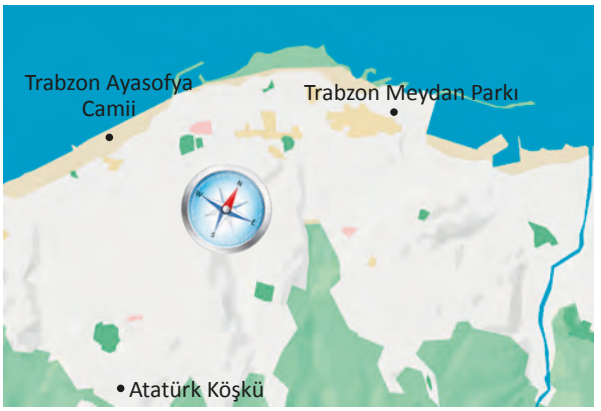


Görsel 2.16: *Deniz kaplumbağası*



Görsel 2.17: *Yunus*

Örnek



Turistik bir gezi için Trabzon'a gelen bir kişinin elinde bölgenin haritası bulunmaktadır. Bu kişi, bulunduğu konumda pusulayı haritanın üzerine koyduğunda pusulanın yönelimi şekildeki gibi olmaktadır. Pusulanın kırmızı ucu kuzeyi göstermektedir.

Buna göre

a) Trabzon Ayasofya Camii'nin hangi yönde olduğunu yazınız.

b) Atatürk Köşkü'nün hangi yönde olduğunu yazınız.

c) Trabzon Meydan Parkı'nın hangi yönde olduğunu yazınız.

Cevap

a) Pusulanın kırmızı ucu kuzeyi gösterdiğine göre Ayasofya Camii batı yönündedir.

b) Pusulanın kırmızı ucunun gösterdiği yönün tam tersinde güney yönü bulunmaktadır. Bu sebeple Atatürk Köşkü güney yönündedir.

c) Trabzon Meydan Parkı kuzeydoğu yönündedir.

16. Alıştırma



Bir deniz kaplumbağası, Dalyan'daki İztuzu Plajı'nda bulunan yumurtlama alanına doğru doğrusal bir yörüngede şekildeki gibi ilerliyor. Kaplumbağanın ilerleme yönü, Dünya'nın manyetik alanının yönü ile aynıdır. Haritada görülen iki balıkçı teknesi, kaplumbağanın hareket yörüngesine dik ve ön tarafları birbirine bakacak şekilde aynı doğrultuda sabit duruyor. Tekneler, ön kısımları N kutbu olan özdeş çubuk mıknatıslar gibi davranıyor. Kaplumbağa, bir noktadaki bileşke manyetik alan yönünde hareket ediyor. Teknelerin oluşturduğu manyetik alanı tekneleri birleştiren doğru üzerinde ve bu doğrunun üstünde kalan bölgelerde algılayabiliyor.

Teknelerin kaplumbağanın hareket yörüngesine dik uzaklıkları x ve y olduğuna göre kaplumbağanın

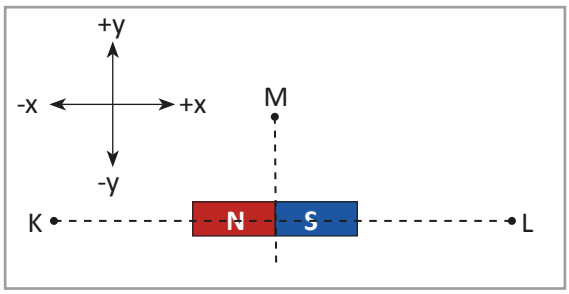
a) İztuzu Plajı'na ulaştığı durum için x ile y uzaklıklarının büyüklüklerini karşılaştırınız.

b) Marmaris'e ulaştığı durum için x ile y uzaklıklarının büyüklüklerini karşılaştırınız.

c) Fethiye'ye ulaştığı durum için x ile y uzaklıklarının büyüklüklerini karşılaştırınız.
(Şekil ölçekli çizilmemiştir.)

17. Alıştırma

Ömür ve Dilek, bir noktadaki manyetik alanın yönünü pusula ile gözlemlemek için üstten görünümü şekilde verilen masa üzerine bir çubuk mıknatıs yerleştirip sabitliyorlar. K, L ve M noktalarına pusulayı yerleştirmeden önce her bir nokta için pusula iğnesinin, denge durumunda tablodaki gibi yönelim göstereceğini tahmin ediyorlar.



	K Noktası	L Noktası	M Noktası
Ömür'ün tahminleri			
Dilek'in tahminleri			

Dünya'nın manyetik alanı, mıknatısın K, L, M noktalarında oluşturduğu manyetik alandan zayıf olduğuna göre

a) Dünya'nın manyetik alanı ihmal edilirse kimin tahminlerinin doğru olduğunu açıklayınız.

b) Dünya'nın manyetik alanı +y yönünde ise kimin tahminlerinin doğru olduğunu açıklayınız.

c) Dünya'nın manyetik alanı -x yönünde ise kimin tahminlerinin doğru olduğunu açıklayınız.

ç) Dünya'nın manyetik alanı -y yönünde ise her bir nokta için pusula iğnesinin denge durumundaki yönelimini tabloda verilen alana çiziniz.

K Noktası	L Noktası	M Noktası

2.2.2. Üzerinden Akım Geçen Düz İletken Telin Manyetik Alanı

Göçmen kuşlar, yön bulmada yerin doğal manyetik alanından yararlanır. Göç rotaları üzerinde bulunan yüksek gerilim hatları (Görsel 2.18) gibi insan yapımı sistemler, bu doğal manyetik alanı bozarak kuşların yönlerini şaşırmalarına neden olabilir. Bu bozulma, kuşların rotalarından sapmasına ve kaybolmasına yol açabilir. Ayrıca manyetik alan değişimleri, kuşların biyolojik saatlerini de etkileyerek beslenme düzenlerinde aksamalar meydana getirebilir. Bu nedenle kuşların göç yolları üzerine yüksek gerilim hatları inşa edilmemeli veya bu yapıların etkilerini azaltacak önlemler alınmalıdır.



Görsel 2.18: *Göçmen kuşlar ve göç rotaları üzerindeki yüksek gerilim hatları*

5. Etkinlik Üzerinden Akım Geçen Düz İletken Telin Manyetik Alanı

Amaç	Üzerinden akım geçen düz iletken telin oluşturduğu manyetik alana ilişkin tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, okul bahçesinin krokisi, pusula, farklı potansiyel farka sahip iki kalem pil, yeterli uzunlukta iletken tel, anahtar, ampermetre (akımölçer)
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki "Öz Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

1. Öğretmeniniz, arama kurtarma faaliyetinde bulmanız için bir nesneyi okul bahçesinde bir noktaya yerleştirdi ve nesnenin yerini okul bahçesi krokisinde belirtti. Okul bahçesinin krokisini ve pusulayı kullanarak okul bahçesinde bir arama kurtarma çalışması yapınız. Arama kurtarma çalışmasını yaparken şu hususlara dikkat ediniz:

- Krokide kuzey yönü K harfi, başlangıç ve hedef noktaları sırasıyla üçgen ve kare sembolleri ile belirtilmiştir.
- Başlangıç noktasından başlayarak hedefe ulaşınız.
- Hedefte bulunan nesneyi tekrar başlangıç noktasına getiriniz.

2. Gerçekleştirdiğiniz arama kurtarma faaliyetinde pusulanızın her yerde doğru çalışıp çalışmadığını belirtiniz.

.....

.....

3. Pusulalar arama kurtarma faaliyetlerinde her yerde doğru çalışmayabilir. Pusulanın her yerde doğru çalışmamasının sebeplerini yazınız.

.....

.....

.....

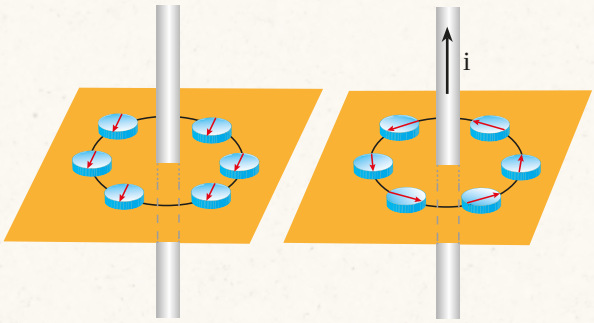
.....

.....

.....

4. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

Danimarkalı bilim insanı Hans Christian Ørsted (Hens Kristian Örstıd), 1820 yılında elektrik ile manyetizma arasındaki ilişkiyi keşfetmiştir. İletken tel üzerinde elektrik akımı yokken pusula iğneleri Dünya'nın manyetik alanı doğrultusunda hizalanır (Şekil I). Ørsted, elektrik devresinin anahtarını kapatıp iletken tel üzerinden akım geçirdiğinde telin yanında bulunan pusulaların iğnesinde bir sapma gözlemlemiştir. İletken telin etrafındaki pusula iğnelerinin hizalanması Şekil II'de gösterilmiştir.



Elektrik akımı yokken pusula iğnelerinin yönelimi Şekil I

Elektrik akımı varken pusula iğnelerinin yönelimi Şekil II

Telin etrafındaki pusula iğnesinin telden akım geçtiğinde sapmasının nedenini aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

5. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.

6. Pusula, farklı potansiyel farka sahip iki kalem pil, yeterli uzunlukta iletken tel, anahtar ve ampermetreyi kullanarak Ørsted'in deneyine benzer bir deney tasarlayınız. Tasarladığınız deneyi ve deneyin aşamalarını aşağıdaki alana yazınız.

Tasarladığınız Deney	Deneyin Aşamaları

7. Üzerinden akım geçen düz iletken tel ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) İletken tele olan uzaklık, telin oluşturduğu manyetik alanı nasıl etkiler? Tahminlerinizi yazınız.

.....

b) İletken tel üzerinden geçen akım, telin oluşturduğu manyetik alanı nasıl etkiler? Tahminlerinizi yazınız.

.....

8. Üzerinden akım geçen düz iletken telin oluşturduğu manyetik alanın, tele olan uzaklık ve elektrik akımının büyüklüğünün değişimi ile nasıl değiştiğine dair hipotezler oluşturunuz ve hipotezlerinizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

9. Aşağıdaki metni okuyunuz ve verilen soruları cevaplayınız.

Üzerinden akım geçen düz iletken telin oluşturduğu manyetik alanı ortamın özelliği de etkiler. Bu etki, manyetik alan katsayısı ile ifade edilir. Manyetik alan katsayısı, ortamın manyetik geçirgenliği ile doğru orantılıdır. Manyetik alan katsayısı artarsa üzerinden akım geçen düz telin oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü artar. Üzerinden akım geçen düz iletken tel, etrafında teli saran çemberler şeklinde manyetik alan çizgileri oluşturur. Çember üzerindeki manyetik alanın yönü sağ el kuralı ile belirlenir. Sağ el kuralına göre başparmak akımın yönünü gösterirken diğer dört parmağın kıvrılma yönü manyetik alanın dolanım yönünü gösterir.

a) Üzerinden akım geçen düz iletken tel ile pusula arasına demir yerleştirildiğinde pusula iğnesinin sapma miktarı bu durumdan nasıl etkilenir? Yukarıda verilen bilgiden yararlanarak tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

b) Düz iletken tel üzerinden geçen akımın yönü ters çevrilirse telin oluşturduğu manyetik alanın yönü nasıl değişir?

.....

.....

10. Altıncı basamakta tasarladığınız deney düzeneğinden yararlanarak oluşturduğunuz hipotezleri test ediniz. Hipotezlerinizi destekleyen ya da çürüten kanıtları aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

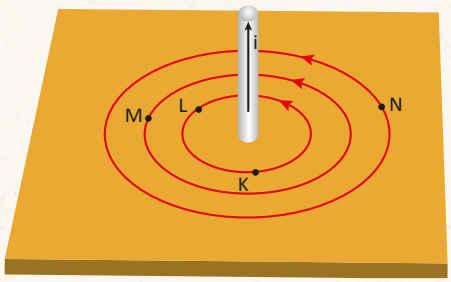
11. Yandaki karekoddan yararlanarak simülasyona ulaşınız.

12. Simülasyonda akımın şiddetini, yönünü ve noktanın iletkene uzaklığını değiştirerek manyetik alanın nasıl değiştiğini gözlemleyiniz.

13. Manyetik alanın, iletkene olan uzaklığı ve elektrik akımının değişimi ile ilişkisini matematiksel olarak modelleyiniz.

.....

14. Ulaştığınız matematiksel modeli aşağıdaki soruları cevaplayarak genelleyiniz.



I. Masaya dik olarak yerleştirilen şekildeki iletken düz telin üzerinden i büyüklüğünde akım geçiyor. Telin etrafını saran çemberler telin oluşturduğu manyetik alanı temsil etmektedir. Bu çemberlerin üzerindeki K, L, M ve N noktaları şekilde verilmiştir.

Buna göre

a) K, L, M ve N noktalarında oluşan manyetik alan büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

b) Tel üzerinden geçen akım 2i olursa K, L, M ve N noktalarındaki manyetik alan büyüklüğü önceki duruma göre nasıl değişir? Açıklayınız.

.....

.....

c) Tel üzerinden geçen akımın yönü ters çevrilirse K, L, M ve N noktalarındaki manyetik alan büyüklüğü önceki duruma göre nasıl değişir? Açıklayınız.

.....

.....

II. Üzerinden akım geçen düz iletken telden d kadar uzaklıktaki bir noktada telin oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünü azaltmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

.....

.....

Değerlendirme

Aşağıda verilen "Öz Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

Öz Değerlendirme Formu

Öğrencinin

Adı ve Soyadı: Numarası:

Bu form, kendinizi değerlendirmeniz amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmalarınızı en doğru yansıtan seçeneği "✓" ile işaretleyiniz. Bu formda işaretlediğiniz "Hiçbir Zaman" ve "Nadiren" seçeneklerine ait davranışlardaki eksiklerinizi tamamlayınız.

Davranışlar	Dereceler				
	Her Zaman (5)	Sık Sık (4)	Bazen (3)	Nadiren (2)	Hiçbir Zaman (1)
1. Etkinlik yönergelerini doğru bir biçimde izledim.					
2. Etkinlikte sorulan sorulara doğru cevap verdim.					
3. Etkinlik sürecine duygu ve düşüncelerimi belirterek katkıda bulundum.					
4. Etkinlik boyunca arkadaşlarımla ortak hedeflere ulaşmak için dayanışma içinde çalıştım.					
5. Etkinlikte verilen durumların gerçekleşme sebeplerini doğru tahmin edebildim.					
6. Deneyi tasarlarken verilen araç gerecin tamamını amacına uygun şekilde kullandım.					
7. Deney düzeneği ile kurduğum hipotezleri test edebildim.					
8. Deney sonucunda üzerinden akım geçen düz telin oluşturduğu manyetik alanı matematiksel olarak modelleyebildim.					
9. Etkinlikte öğrendiklerimi günlük hayatta kullanmayı düşünüyorum.					

Etkinlikte gerçekleştirdiğiniz çalışmaları dikkate alarak görüşlerinizi aşağıda verilen alanlara yazınız.

1. Bu etkinlikten öğrendiklerim

.....

.....

2. Bu etkinlik sırasında en iyi yaptıklarım

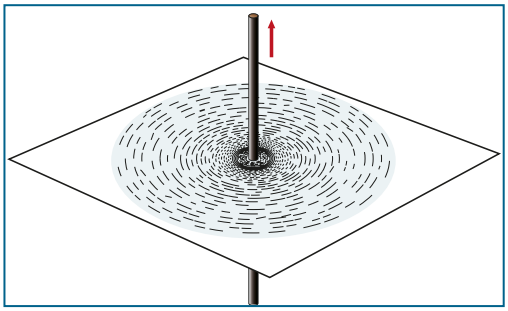
.....

.....

3. Bu etkinlik sırasında en çok zorlandıklarım

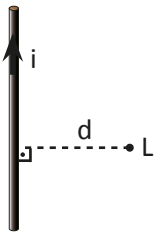
.....

.....



Şekil 2.18: *Manyetik alanın etkisi ile demir tozlarının hizalanması (temsilî)*

Mıknatıslar, çevrelerinde doğal olarak bir manyetik alan oluşturur. Elektrik akımı da bulunduğu ortamda manyetik alan oluşturma özelliğine sahiptir. Bu olgu, ilk kez 1820 yılında Danimarkalı fizikçi Hans Christian Ørsted tarafından deneysel olarak gözlemlenmiştir. Ørsted, üzerinden elektrik akımı geçen iletken bir telin yakınında bulunan pusula iğnesinin yön değiştirdiğini fark etmiş ve elektrik ile manyetizma arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu fiziksel olay, basit bir düzenekle deneysel olarak da gözlemlenebilir. Üzerinden akım geçen düz iletken bir telin çevresine demir tozları serpilirse bu toz parçacıkları telin etrafında çembersel desenler oluşturarak hizalanır (Şekil 2.18). Bu hizalanma, telin etrafındaki manyetik alan çizgilerinin varlığını kanıtlar.



Şekil 2.19: *Üzerinden akım geçen sonsuz uzunluktaki düz iletken tele d kadar uzaklıktaki L noktası*

Üzerinden akım geçen sonsuz uzunluktaki düz iletken telin etrafındaki bir noktada oluşan manyetik alanın büyüklüğü;

- tel üzerinden geçen akımın büyüklüğü (i) ile doğru,
- tele olan dik uzaklık (d) ile ters,
- ortamın manyetik alan katsayısı (K) ile doğru orantılıdır.

Şekil 2.19'da gösterilen ve üzerinden i büyüklüğünde akım geçen sonsuz uzunluktaki düz iletken tele d kadar dik uzaklıktaki L noktasında oluşan manyetik alanın büyüklüğü matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

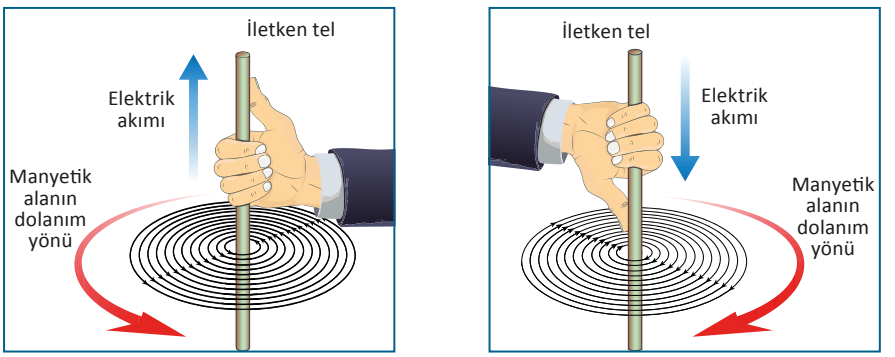
$$B = K \cdot \frac{2 \cdot i}{d}$$

Manyetik Alan Katsayısı (K)
Havanın manyetik geçirgenliği boşluğunkine çok yakın olduğu için hava ve boşluk ortamının manyetik geçirgenlikleri eşit kabul edilebilir. Bu sebeple hava ve boşluk ortamları için manyetik alan katsayısı $K = \frac{\mu_0}{4\pi}$ *ile ifade edilir.*

Matematiksel modeldeki K telin bulunduğu ortamın manyetik alan katsayısıdır. Ortamın manyetik alanı kuvvetlendirme ve zayıflatma özelliği **manyetik geçirgenlik** olarak tanımlanır. Manyetik alan katsayısı, ortamın manyetik geçirgenliği [mü (μ)] ile doğru orantılıdır. Boşluğun manyetik geçirgenliği μ_0 olarak ifade edilir.

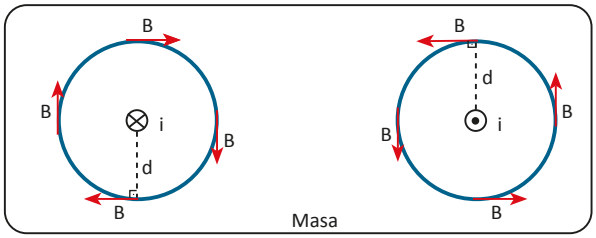
Üzerinden akım geçen düz iletken telin etrafında oluşturduğu manyetik alan çizgileri, teli saran çemberler şeklinde modellenir. Yarıçapı aynı olan çemberler üzerindeki her noktada manyetik alanın büyüklüğü aynıdır.

Bir çember üzerindeki manyetik alanın yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ el kuralına göre tel avuç içinde olacak ve sağ elin başparmağı düz iletken tel üzerinde akımın yönünü gösterecek şekilde konumlandırılır. El bu konumdayken dört parmağın kıvrılma yönü manyetik alanın dolanım yönünü gösterir (Şekil 2.20).



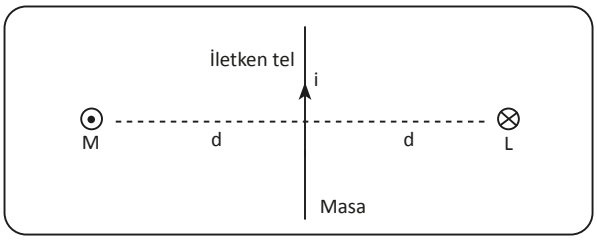
Şekil 2.20: *Manyetik alanın yönünün sağ el kuralı ile bulunması*

Masa üzerine dik yerleştirilen ve üzerinden zıt yönde i büyüklüğünde akım geçen düz iletken tellerin d yarıçaplı çember şeklinde oluşturduğu manyetik alan çizgilerinin üstten görünümü Şekil 2.21'de verilmiştir. Burada ⊗ sembolü akımın masadan içeri doğru yöneldiğini, ⊙ sembolü akımın masadan dışarı doğru yöneldiğini ifade etmektedir. Bir noktadaki manyetik alan vektörü, o noktada manyetik alan çizgisine teğettir.



Şekil 2.21: *Üzerinden zıt yönlü akım geçen düz iletken tellerin oluşturduğu manyetik alanın üstten görünümü*

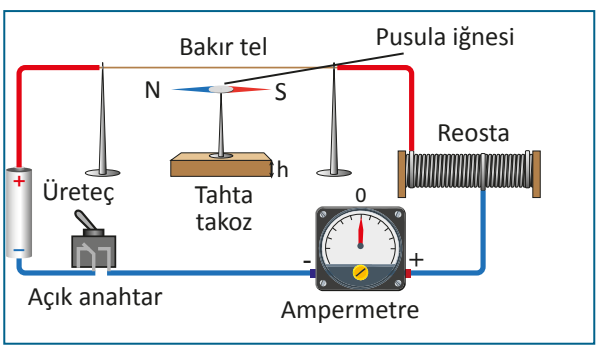
Masa üzerine masaya paralel bir şekilde yerleştirilen ve üzerinden akım geçen düz iletken telin solunda d kadar uzaklıkta bulunan M ve sağında d kadar uzaklıkta bulunan L noktalarında oluşan manyetik alanın yönü Şekil 2.22'de verilmiştir. Sağ el kuralına göre M noktasındaki manyetik alanın yönü masaya dik ve dışarı, L noktasındaki manyetik alanın yönü masaya dik ve içeri yöndedir.



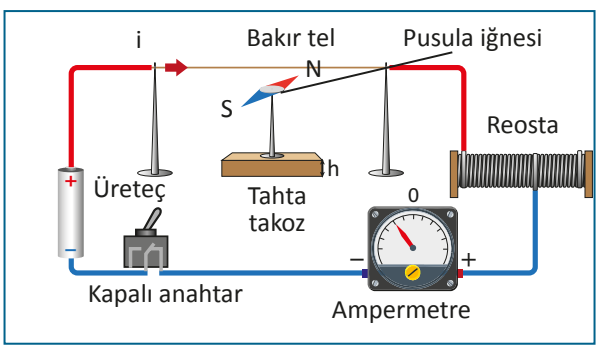
Şekil 2.22: *Masa üzerine masaya paralel yerleştirilmiş üzerinden akım geçen düz iletken telin sağında ve solunda oluşan manyetik alanın üstten görünümü*

Örnek

Ørsted tarafından yapılan deneyi fizik laboratuvarında öğrencilerine göstermek isteyen Ece Öğretmen; bakır bir tel, üreteç, reosta, anahtar ve ampermetre ile basit bir elektrik devresi kuruyor. Bakır telin hemen altına, zeminden yüksekliği h kadar olan tahta bir takoza bir çubuk sabitliyor ve çubuğun ucuna bir pusula yerleştiriyor. Devredeki anahtar açıkken pusula iğnesinin yönelimi Şekil I'deki gibi oluyor. Anahtarı kapattığında pusula iğnesinin Şekil II'deki gibi saptığını gözlemliyor.



Şekil I



Şekil II

Buna göre pusula iğnesinin

a) Sapma sebebini açıklayınız.

b) Sapma miktarının, reosta sürgüsü hareket ettirilerek direnç artırılırsa nasıl değişeceğini açıklayınız.

c) Sapma miktarının, üretecin potansiyel farkı artırıldığında nasıl değişeceğini açıklayınız.

ç) Sapma miktarının, h yüksekliği artırılırsa nasıl değişeceğini açıklayınız.

d) Kutuplarının Şekil II'dekinin tam tersi yönlerde sapması için neler yapılabileceğini açıklayınız.

Cevap

a) Üzerinden akım geçen düz iletken tel etrafında teli saran çember şeklinde manyetik alan oluşur. Pusula iğnesi, bu manyetik alan doğrultusunda saparak kendini hizalamaya çalışır.

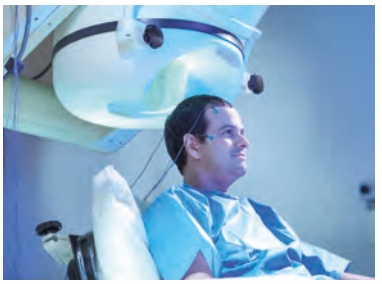
b) Reosta ile direnç artırıldığında pilin potansiyel farkı sabit olduğu için devreden geçen akım şiddeti azalır. Akım şiddeti ile telin etrafında oluşan manyetik alan doğru orantılı olduğundan pusulanın olduğu konumdaki manyetik alanın şiddeti de azalır. Bu durumda pusula iğnesinin sapma miktarı önceki duruma göre daha az olur.

c) Üretecin potansiyel farkı arttığında devreden geçen akım şiddeti de artar. Bu durum manyetik alan şiddetini artıracağından pusulanın sapma miktarı önceki duruma göre artmış olur.

ç) Tahta takozun h yüksekliğinin artması, pusulanın tele daha yakın olması anlamına gelir. Tele yakın olan bölgelerde manyetik alan şiddeti daha fazladır. Bu durumda pusulanın sapma miktarı artar.

d) Tel üzerinden geçen akımın yönü değiştirilirse ya da pusula telin altına değil üstüne konursa pusula iğnesi Şekil II'dekinin tam tersi yönlerde sapar.

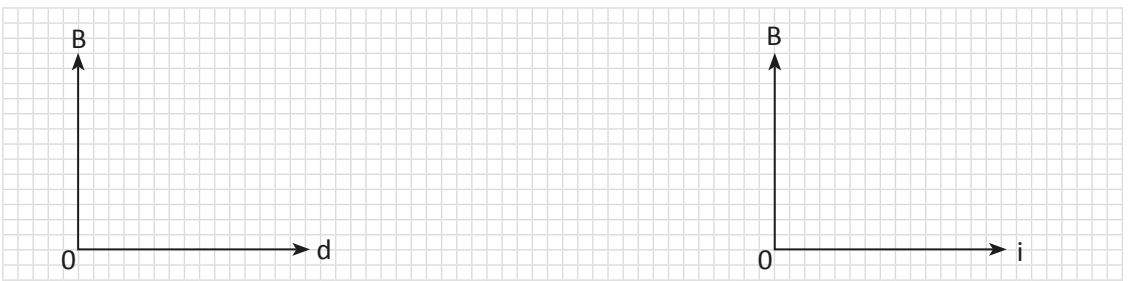
18. Alıştırma



Beyindeki sinir hücreleri (nöronlar), bilgiyi iletmek için hareket ederken anlık elektrik akımları oluşturur. Bu elektrik akımları, zayıf olduğundan etraflarında yaklaşık olarak 10^{-5} T büyüklüğünde çok zayıf bir manyetik alan üretir. Düşünme ve rüya görme anlarında da beynin manyetik alan ürettiği bulunmuştur. Manyetoensefalografi (MEG), beyin aktivitesini ölçmek için kullanılan ve vücuda müdahale gerektirmeyen bir nörogörüntüleme yöntemidir. Şekildeki gibi MEG cihazını kullanan kişinin beyin aktivitelerinin oluşturduğu milisaniyelik zayıf manyetik alan, fizikçiler tarafından geliştirilmiş SQUID [superconducting quantum interference device (supırkındakting kuantım intırfırıns divays) süper iletken kuantum girişim cihazı] dedektörler tarafından algılanır. MEG ve MRG cihazlarından elde edilen bilgiler birleştirilerek çok detaylı bir elektriksel beyin aktivitesi haritası elde edilebilir.

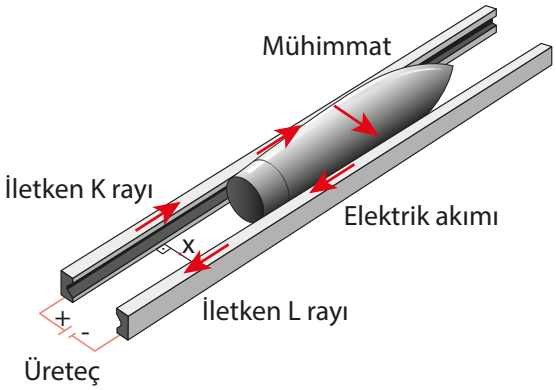
Nöronların hareketleri düz iletken tel üzerinden geçen elektrik akımı olarak kabul edilirse

a) Nöron hareketinin oluşturduğu manyetik alan (B)-nöronun hareket doğrultusuna dik uzaklık (d) grafiği ile nöronun hareketinin oluşturduğu manyetik alan (B)-akım şiddeti (i) grafiklerini çiziniz.



b) MEG cihazının hangi hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılabileceği ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

19. Alıştırma



Günümüzde savunma sanayii alanında elektromanyetik fırlatma sistemleri, özellikle de rail gun [rayl gan (raylı silah)] teknolojisi üzerine araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir. Elektrik akımının manyetik etkisinin kullanıldığı bu sistemlerde Türkiye'de de önemli gelişmeler olmaktadır. İlk olarak ŞAHİ-209 adlı elektromanyetik top sistemi geliştirilmiştir. TÜBİTAK'ın SAPAN adını verdiği elektromanyetik fırlatma sisteminde ise mühimmat, elektrik enerjisiyle ses süratini aşan bir süratte fırlatılmakta ve bu şekilde mühimmatın hava savunma sistemlerinden etkilenmemesi hedeflenmektedir. ASELSAN'ın TUFAN adını verdiği elektromanyetik atış sisteminin de geliştirme çalışmaları sürmektedir. Benzer teknolojiler, uydu fırlatma ve uçak gemilerinde de elektromanyetik mancınık olarak kullanılmaktadır.

Şekilde raylı silah sisteminin yatay zemin üzerinde duran bir modeli verilmiştir. Modelde birbirine paralel uzun iletken raylar ve rayların üzerinde harekete hazır bir mühimmat görülmektedir. Rayların uçları bir üretece bağlanmıştır. Anahtar kapatıldığında rayların ve mühimmatın üzerinden geçen elektrik akımının yönü oklarla gösterilmiştir. (Dünya'nın manyetik alan etkisini ihmal ediniz.)

Anahtar kapatıldığında rayları birleştiren doğrunun tam orta noktası olan X noktasında K rayının oluşturduğu manyetik alan $\vec{B}$ olduğuna göre

a) $\vec{B}$ nin yönünü belirtiniz.

b) L rayının X noktasında oluşturduğu manyetik alanı $\vec{B}$ cinsinden belirtiniz.

c) $\vec{B}$ nin büyüklüğünü artırmak için neler yapılabilir? Açıklayınız.

ç) X noktasındaki bileşke manyetik alan kaç $\vec{B}$ olur?

d) Üretecin kutupları yer değiştirdiğinde $\vec{B}$ nin büyüklüğünün ve yönünün nasıl değişeceğini açıklayınız.

e) Üretecin kutupları yer değiştirdiğinde X noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğünün ve yönünün nasıl değişeceğini açıklayınız.

20. Alıştırma

Elektrik akımının da mıknatıslar gibi manyetik alan oluşturduğunu öğrenen Işık, bu durumu test etmek için iletken düz tel, üreteç ve mıknatıs kullanarak aşağıdaki gibi sistemler oluşturuyor. Devrelerden akım geçtiğinde tellerin etrafına yerleştirilecek pusula iğnesinin manyetik alan doğrultusunda hizalanacağını iddia ediyor.

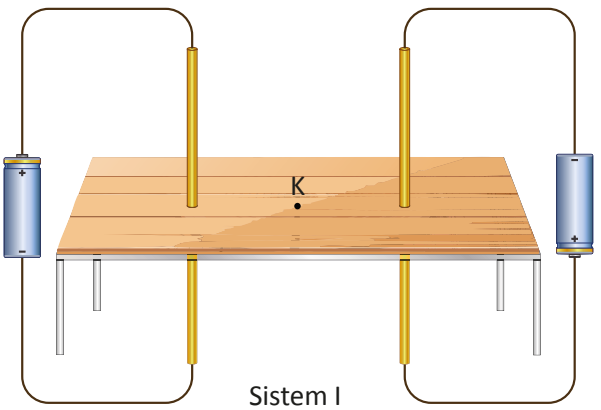
Her bir sistem için

a) tellerin, tellerin üzerinden geçen akımların ve mıknatısların üstten görünümünü,

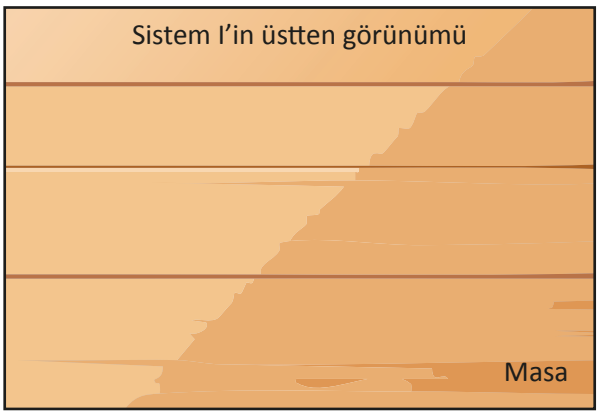
b) K, L ve M noktalarındaki bileşke manyetik alanın yönünü,

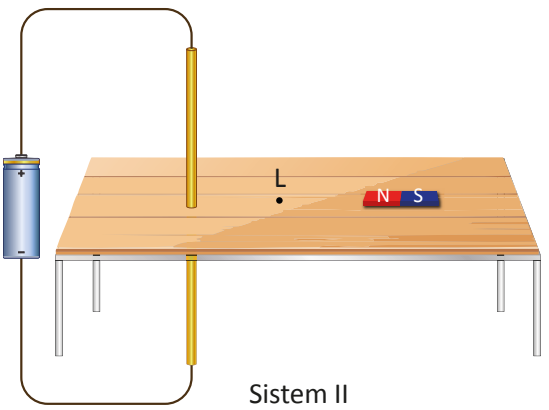
c) K, L ve M noktalarına yerleştirilecek pusula iğnesinin kutuplarının üstten görünümünü

şekillerin yanında verilen alana çiziniz. (Dünya'nın manyetik alan etkisini ihmal ediniz.)

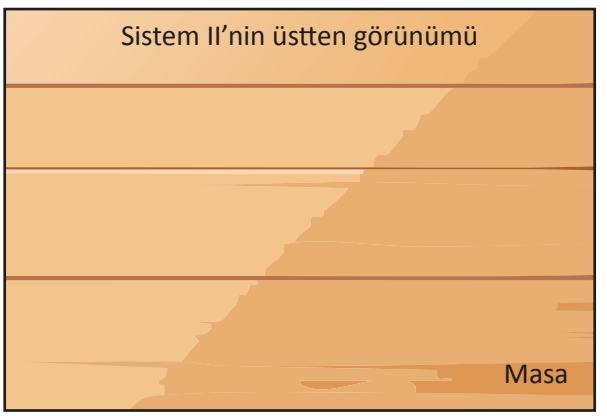


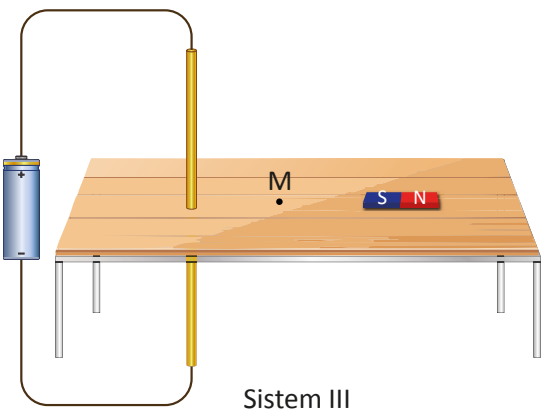
Sistem I



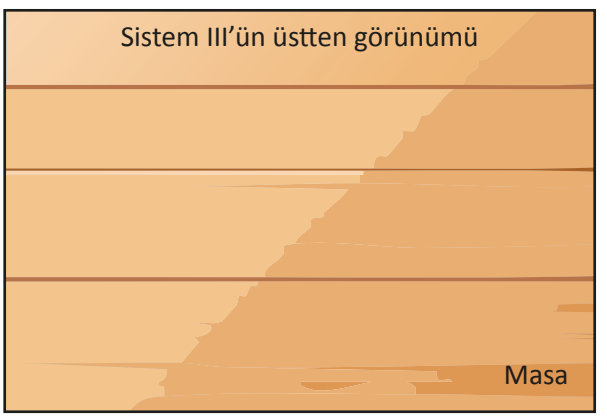


Sistem II



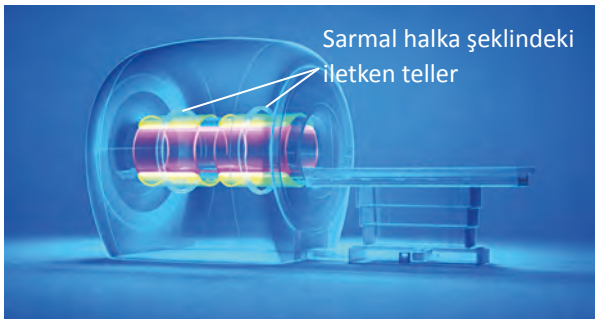


Sistem III



2.2.3. Akım Makarasının Manyetik Alanı

Tıpta hastalıkların teşhisinde kullanılan MRG cihazında manyetik alandan yararlanılır. MRG cihazının içinde üzerinden akım geçtiğinde manyetik alan oluşturan büyük halka şeklinde iletken teller bulunmaktadır. Sarmal bir şekilde sarılmış büyük halkalar, cihazın tünele benzeyen kısmında yer alır (Görsel 2.19). Bu halkalar, 1-2 tesla seviyesinde şiddetli bir manyetik alan oluşturma kapasitesine sahiptir. Öyle ki MRG cihazı, bulunduğu odanın uzak köşelerindeki demir benzeri metalleri çekebilir. Bu cihazın karşı odalardaki metal sedyeleri çektiği durumlarla da karşılaşılmıştır.

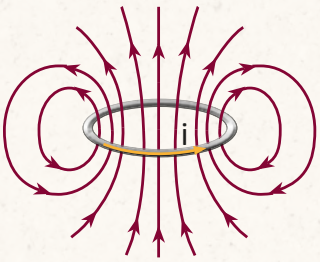


Görsel 2.19: *MRG cihazının iç bileşenleri ve sarmal halkalar (temsilî)*

6. Etkinlik Akım Makarasının Manyetik Alanı

Amaç	Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın matematiksel modeline ilişkin tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

1. Şekil I'de üzerinden saat yönünün tersi yönde akım geçen çembersel iletken tel ve telin oluşturduğu manyetik alan çizgileri gösterilmiştir. Şekil II'deki çembersel tellerin sarmal şeklinde bir doğru boyunca sarılmasıyla oluşturulan akım makarasını inceleyiniz ve soruları cevaplayınız.



Çembersel iletken tel
Şekil I



Akım makarası
Şekil II

a) Üzerinden verilen yönde i akımı geçen Şekil II'deki akım makarasının oluşturacağı manyetik alanın yönünü Şekil II'nin üzerinde manyetik alan çizgileri ile gösteriniz ve manyetik alanın yönünü nasıl bulduğunuzu açıklayınız.

.....

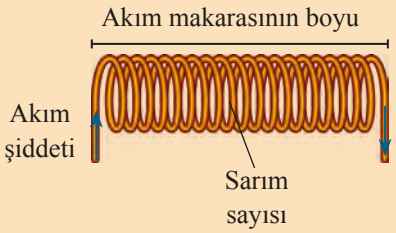
.....

b) Akım makarasının oluşturacağı manyetik alanın büyüklüğü nelere bağlı olabilir? Tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

2. Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğünü aşağıdaki değişkenlerin nasıl etkileyebileceği ile ilgili tahminlerinizi altlarında verilen alanlara yazınız.



Akım makarasının boyu

.....

.....

Akım makarasının üzerinden geçen akımın şiddeti

.....

.....

Akım makarasının sarım sayısı

.....

.....

3. Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğünün bağlı olduğu değişkenlere yönelik hipotezler oluşturunuz ve hipotezlerinizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

4. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.

5. Üçüncü basamakta oluşturduğunuz hipotezlerinizi test edebileceğiniz deneyler tasarlayınız. Tasarladığınız deneyleri, deneylerin aşamalarını ve deneylerde kullanacağınız araç gereci aşağıdaki alana yazınız.

Araç Gereç:	
Tasarladığınız Deney	**Deneyin Aşamaları**

6. Tasarladığınız deney üzerinden akım makarasının oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünün akım ve uzunlukla ilişkisine dair veriler toplayıp aşağıdaki alana kaydediniz.

Toplanan Veriler

7. Yandaki karekoddan yararlanarak simülasyona ulaşınız.

8. Simülasyonda akım şiddetini, sarım sayısını ve akım makarasının uzunluğunu değiştirerek akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü ve yönünün nasıl değiştiğini gözlemleyiniz.

9. Deney ve simülasyondan topladığınız verilerin analizine dayalı olarak akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğünün akım şiddeti ve uzunlukla ilişkisini aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

10. Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü, akım şiddeti ve uzunluk arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak modelleyiniz. Ulaştığınız matematiksel modeli aşağıdaki alana yazınız.

.....

11. Ulaştığınız matematiksel modeli aşağıdaki soruları cevaplayarak genelleyiniz.

a) Bir akım makarasının üzerinden geçen akım üç katına çıkarılırsa makaranın merkez ekseninde oluşan manyetik alan kaç katına çıkar?

.....

.....

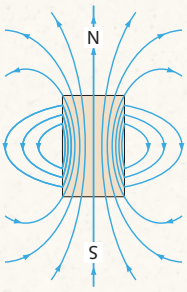
b) Üzerinden akım geçen bir akım makarasının boyu iki, sarım sayısı dört katına çıkarılırsa makaranın merkez ekseninde oluşan manyetik alan kaç katına çıkar?

.....

.....

Değerlendirme

1. Çubuk mıknatısın manyetik alan çizgileri Şekil I'de gösterilmiştir. Şekil II'deki akım makarasının oluşturduğu manyetik alan çizgilerinin çubuk mıknatısınkine benzediği biliniyor.



Şekil I



Şekil II

Buna göre Şekil II'de verilen sonlu bir uzunluktaki akım makarasının oluşturduğu manyetik alan çizgilerini ve makaranın üzerinden geçen akımın yönünü Şekil II üzerine çiziniz.

2. Üzerinden akım geçen akım makarasının halkaları birbirine çok yakın sarıldığında ve makaranın uzunluğu halkaların yarıçaplarına göre çok büyük olduğunda makara içindeki manyetik alan çizgileri birbirine paralel oluyor.

Buna göre akım makarasının içinde herhangi iki noktada oluşan manyetik alanın büyüklüğünü karşılaştırınız.

.....

.....

3. Aşağıda üzerinden akım geçen akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan ile ilgili bazı ifadeler verilmiştir.

Doğru ifadelerin başındaki yay ayracın içine "✓" işareti koyunuz.

( ) Akım şiddeti artırılırsa akım makarasının oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü artar.

( ) Makaranın sarım sayısı sabit tutulup uzunluğu artırılırsa manyetik alanın büyüklüğü artar.

( ) Makaranın uzunluğu sabit tutulup sarım sayısı artırılırsa manyetik alanın büyüklüğü azalır.

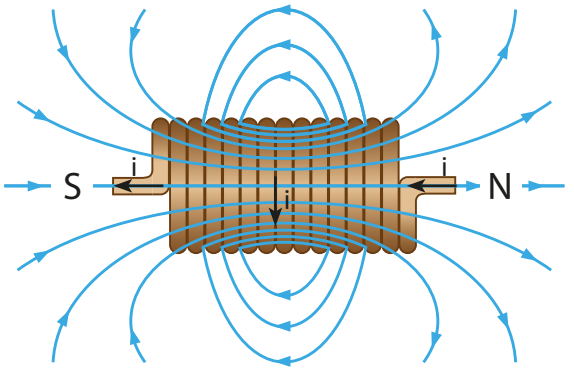
( ) Makaranın birim uzunluktaki sarım sayısı artırılırsa manyetik alanın büyüklüğü artar.

( ) Akımın yönü değişirse makaranın oluşturduğu manyetik alanın yönü değişir.

( ) Halkaları sık sarılmış ve boyu yarıçapına göre çok uzun akım makarasının manyetik alan şiddeti yarıçapa bağlıdır.



Görsel 2.20: *Akım makarası*



Şekil 2.23: *Sık sarılmış sonlu uzunluktaki akım makarasının manyetik alanı modeli*

Uzun iletken bir telin sarmal (helezonik) şekilde bir doğru boyunca sarılmasıyla oluşturulan düzeneğe **akım makarası** (selenoid) denir (Görsel 2.20). Üzerinden elektrik akımı geçen akım makarasının çevresinde manyetik alan oluşur. Sonlu uzunluktaki bir akım makarasının halkaları birbirine çok yakın şekilde sarılırsa oluşan manyetik alan çizgileri çubuk mıknatısınkine benzer. Dolayısıyla akım makarasının bir ucu mıknatısın N kutbu, diğer ucu S kutbu gibi davranır (Şekil 2.23). Akım makarasının uzunluğu artırıldığında iç kısmındaki manyetik alan düzgün manyetik alana benzemeye başlarken dış kısmındaki manyetik alanın şiddeti azalır.

İdeal akım makarasında akım makarasının uzunluğu, halkaların yarıçapına göre çok fazladır ve halkalar çok sık sarılmıştır. Bu durumda akım makarasının içindeki manyetik alan her noktada aynı (düzgün), dışındaki manyetik alan ise sıfır kabul edilebilir. İdeal durumdaki akım makarasının içinde ve merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü;

- tel üzerinden geçen akım şiddeti (i) ile doğru,
- sarım sayısı (N) ile doğru,
- telin ilk ve son sarımı arasındaki yatay uzaklık (L) ile ters,
- ortamın manyetik alan katsayısı (K) ile doğru orantılıdır.

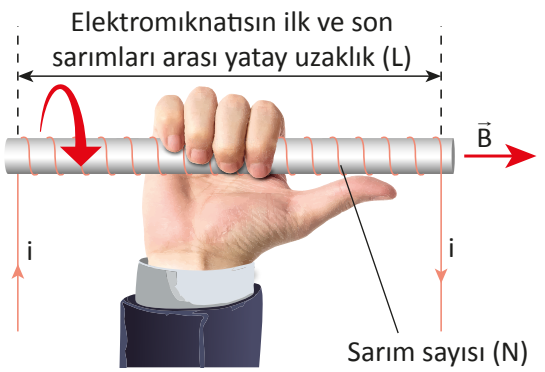
Üzerinden i büyüklüğünde akım geçen ideal akım makarasının merkez ekseninde oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünün (B) matematiksel modeli şu şekilde ifade edilir:

$$B = \frac{4 \cdot K \cdot \pi \cdot i \cdot N}{L}$$

Burada $\frac{N}{L}$ birim uzunluktaki sarım sayısıdır.

Bazen akım makarası demir, nikel, kobalt gibi maddelerin etrafına sarılabilir. Bu durumda akım makarasının oluşturduğu manyetik alandan etkilenen madde, mıknatıs özelliği kazanır ve akım makarasının oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünü artırır. Bu düzeneklere **elektromıknatıs** denir.

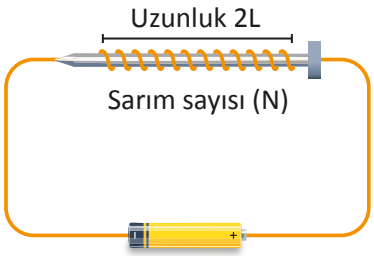
Elektromıknatısın oluşturduğu manyetik alanın yönü sağ el kuralı ile bulunabilir. Akım çembersel tellerin üzerinde dolaştığı için sağ elin dört parmağı çembersel tel üzerinde ve akımın dönüş yönünde kıvrılır. El bu konumdayken başparmak makaranın içinde oluşan manyetik alanın yönünü gösterir (Şekil 2.24).



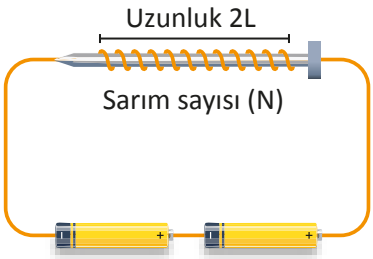
Şekil 2.24: *Elektromıknatısın manyetik alanının sağ el kuralı ile bulunması*

Örnek

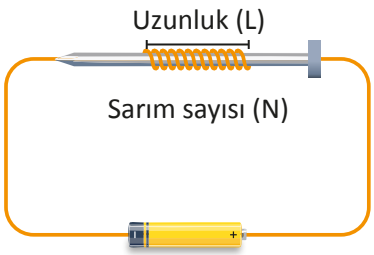
Elektromıknatısın oluşturduğu manyetik alanın bağlı olduğu değişkenleri test etmek için dört farklı düzenek kuruluyor. Bu düzeneklerde bir demir çivi etrafına iletken bir tel sarılıyor ve iletken telin uçları özdeş pillere bağlanıyor. Daha sonra devreler üzerinden akım geçiriliyor ve elektromıknatısların uçlarına yapışan özdeş demir raptiye miktarı gözlemleniyor. Raptiyeler yeterli sayıdadır ve raptiyelerin elektromıknatısların yaklaştırılan uçlarına uzaklıkları birbirine eşittir. Düzeneklerde kullanılan piller, elektromıknatısların ilk ve son sarımları arasındaki yatay uzaklık ve sarım sayısı şekillerde gösterilmiştir. (Şekillerde verilen çivilerin üzerindeki sarım sayıları temsilîdir. Düzeneklerin hepsinde devrenin direnci aynıdır.)



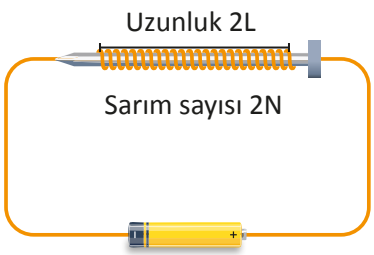
1. Düzenek



2. Düzenek



3. Düzenek



4. Düzenek

Buna göre

a) Raptiyelerin elektromıknatısların uçlarına yapışma sebebini açıklayınız.

b) Elektromıknatısın manyetik alanının bağlı olduğu değişkenlerin manyetik alanın büyüklüğünü nasıl etkilediğini açıklayınız.

c) Elektromıknatısların uçlarına yapışan raptiye miktarlarını karşılaştırınız.

Cevap

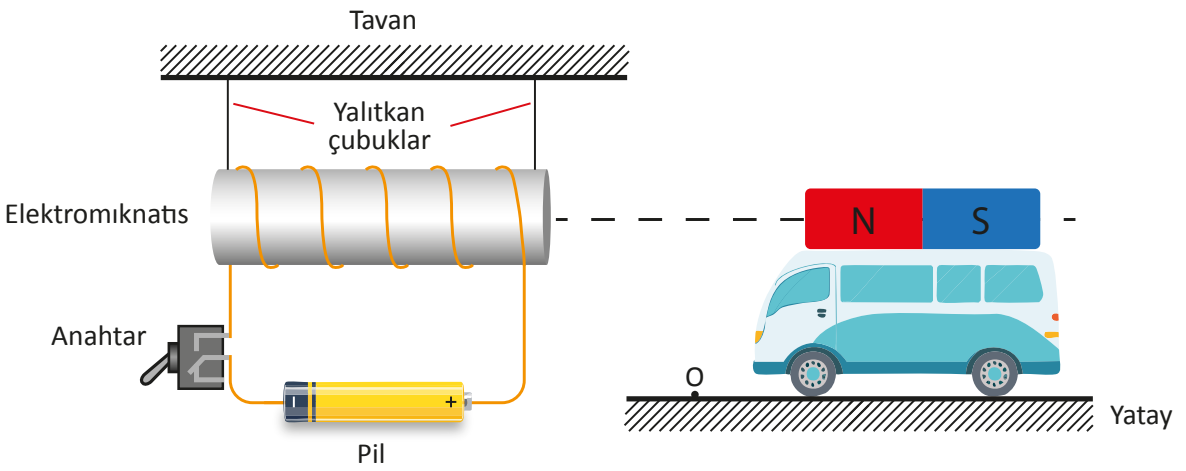
a) Üzerinden akım geçen akım makarası manyetik alan oluşturur. Çiviye sarılan akım makarasının mıknatıs özelliği güçlenir. Elektromıknatısa dönüşen akım makaraları demirden yapılmış raptiyeleri çeker.

b) Elektromıknatısın merkez ekseni boyunca oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü, akım şiddeti (i) ve birim uzunluktaki sarım sayısı (N/L) ile doğru orantılıdır. İletken telin, etrafına sarıldığı demir çivi de manyetik alanın büyüklüğünü artırır.

c) Manyetik alanı fazla olan elektromıknatıs daha fazla raptiye çeker. Devrelerin dirençleri aynı olduğu için devreden geçen akımı belirleyen pillerin potansiyel farklarıdır. 2. düzenekten 2i büyüklüğünde akım geçtiği kabul edilirse diğer düzeneklerden i büyüklüğünde akım geçer. Makaraların merkez ekseninde oluşan manyetik alan büyüklükleri 1. düzenekte i · (N/2L), 2. düzenekte 2i · (N/2L), 3. düzenekte i · (N/L) ve 4. düzenekte i · (2N/2L) ile doğru orantılıdır. Bu durumda 1. düzenekte en az raptiye çekilirken diğer düzeneklerde eşit miktarda raptiye çekilir.

21. Alıştırma

Pil, anahtar ve elektromıknatıs kullanılarak bir elektrik devresi oluşturuluyor. Elektrik devresinde elektromıknatıs, yalıtkan çubuklarla tavana sabitleniyor. Üzerine çubuk mıknatıs yapıştırılmış tahtadan oyuncak bir araba, elektromıknatıstan belirli bir mesafe uzaklığa konuyor ve yatay zemine şekildeki gibi yerleştiriliyor. Anahtar kapatıldığında araba, elektromıknatısa doğru harekete başlıyor ve bir süre sonra O noktasına ulaşıyor.



Buna göre

a) Elektromıknatısın merkez ekseninde oluşacak manyetik alanın yönünü çizerek gösteriniz.

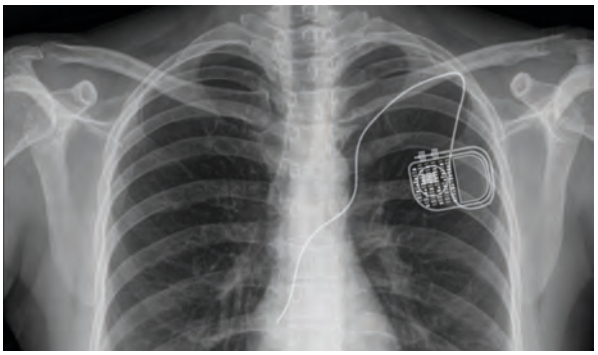
b) Araba üzerindeki mıknatısın kutuplarının yer değiştirmesi, arabanın hareket yönünü etkiler mi? Açıklayınız.

c) Arabanın O noktasına ulaşma süresini kısaltmak için neler yapılabilir? Açıklayınız.

ç) Araba hareket ederken arabanın ivmesinin büyüklüğünün nasıl değiştiğini açıklayınız.

2.2.4. Elektromıknatısların Kullanım Alanları

Kalp pillerinin (Görsel 2.21) çoğunda manyetik reed (riid) anahtarı denen sistemler bulunur. Bu sistemler, yakınındaki manyetik alandan etkilenerek anahtarı duruma göre kapalı ya da açık hâle getirebilir. Doktorlar, ameliyata gerek duymadan kalp pilinin çalışma modunu hastanın göğsünde doğru konuma mıknatıs yerleştirerek değiştirebilir. Bu sebeple yapay kalp pili olan kişilerin MRG cihazının yakınında bulunurken dikkatli olması gerekir.



Görsel 2.21: *Röntgen filminde görülen kalp pili*

Öğretmeninizin rehberliğinde gruplar oluşturunuz. 7. Etkinlik'te kullanmak üzere elektromıknatısların kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşabilmek için kullanacağınız genel ağ adresleri, kütüphaneler, dergiler, uzman kişiler vb. kaynakları grup arkadaşlarınızla belirleyiniz. Belirlediğiniz kaynaklar yoluyla elektromıknatısların kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşmak için araştırma yapınız. Araştırma yaptığınız kaynakların güvenilir olmasına özen gösteriniz. Araştırmalarınızı kaynak bilgisiyle düzenleyiniz.

7. Etkinlik — Elektromıknatısların Kullanım Alanları

Amaç	Elektromıknatısların kullanım alanlarına ilişkin bilgi toplayabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruyu cevaplayınız.

1. Elektromıknatısların kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşmak için belirlediğiniz kaynakların adlarını yazınız.

.....

.....

2. Belirlediğiniz güvenilir kaynaklardan yararlanarak elektromıknatısların kullanım alanlarına yönelik ulaştığınız bilgileri aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

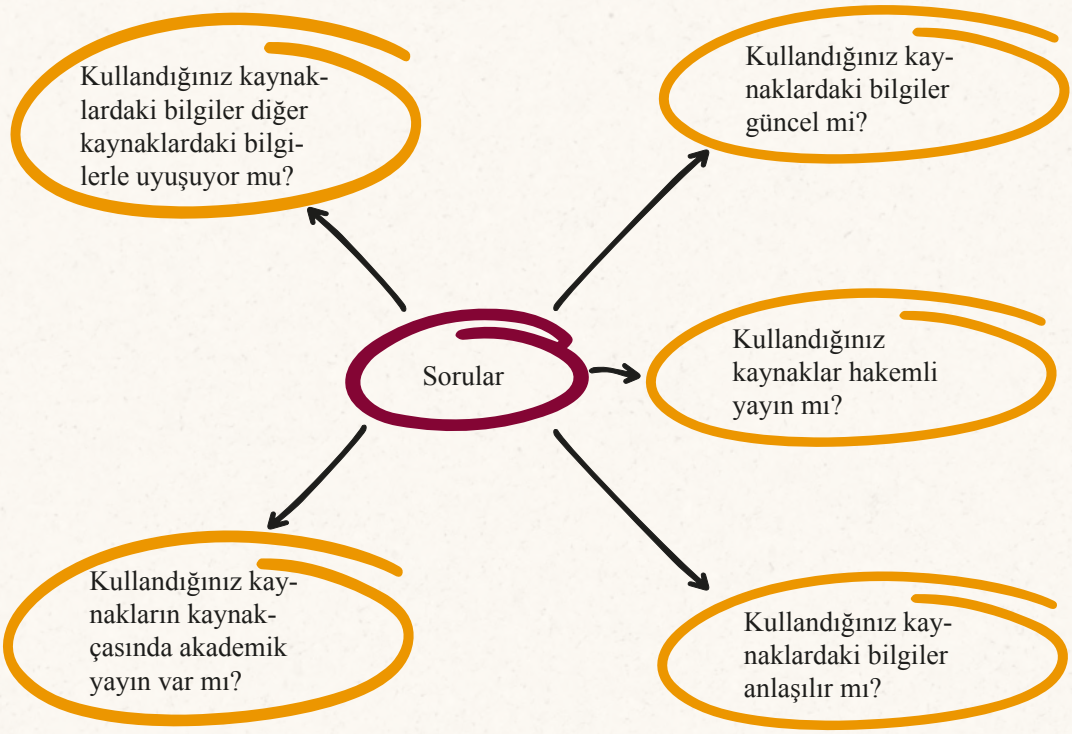
.....

.....

.....

3. Elektromıknatısların kullanım alanları hakkında topladığınız bilgileri sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.

4. Kaynaklardan elde ettiğiniz bilgilerin doğru olup olmadığını belirlemek için aşağıda verilen soruları sınıf arkadaşlarınızla tartışarak cevaplayınız.



5. Tartışma ortamında doğruluğunu teyit ettiğiniz bilgileri aşağıda verilen alana kaydediniz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Kaydettiğiniz bilgilerden yararlanarak elektromıknatısların kullanım alanları hakkında grup arkadaşlarınızla bir sunu hazırlayınız ve sunuyu sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.

Değerlendirme

Elektromıknatısların kullanıldığı bir alan belirleyiniz ve bu alanda elektromıknatısların çalışma ilkesini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

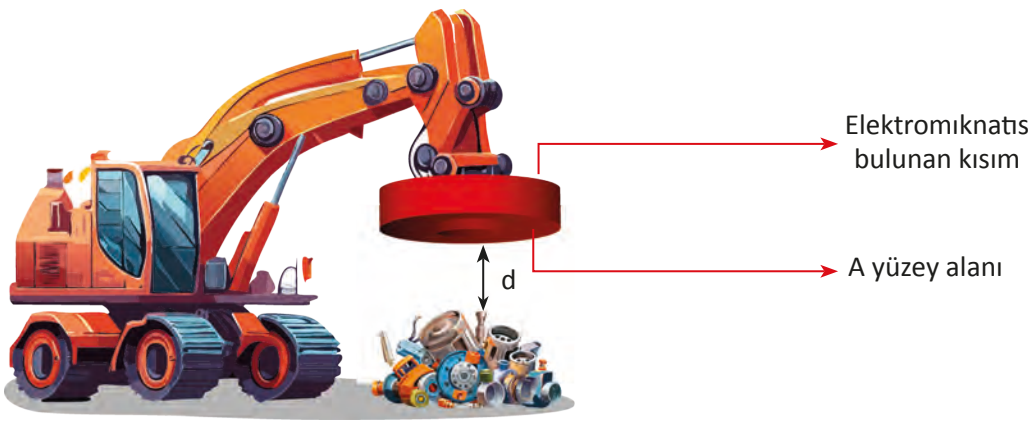
Elektromıknatıslar; MRG cihazı, mekanik kapı zili, manyetik tren, vinç, radyo, hoparlör, mikrofon, jeneratör, su arıtma cihazı, selenoid vana, manyetik kilit sistemi vb. birçok alanda kullanılır.

Hurda vinçleri, demir çelik sektöründe ve diğer sanayi kuruluşlarında pratik ve hızlı bir şekilde taşıma yapabildiği için tercih edilir. Elektrik akımının büyüklüğünü değiştirerek güçlü bir manyetik alan oluşturabilen hurda vinçlerinin yük taşıyan geniş yüzeyli yuvarlak kısmı elektromıknatısa dönüşür. Bu sayede genellikle demir hurdaların yüklenip boşaltılması sağlanır. Elektromıknatıs, üzerinden geçen akım sıfırlanırsa mıknatıs özelliğini kaybeder ve topladığı demir hurdaları bırakır. İstenen zamanda mıknatıs özelliği kazanması ve oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünün değiştirilebilmesi, elektromıknatısların doğal mıknatıslara göre avantajlarından bazılarıdır.

Karekoddan yararlanarak elektromıknatıslar ile ilgili videoya ulaşabilirsiniz.

Örnek

Bir hurda vinci, demir yükleme ve boşaltma işlemini elektromıknatısa dönüşebilen disk biçimindeki uç kısmı ile gerçekleştirir. Şekildeki vinç, A dairesel yüzey alanı bulunan yuvarlak elektromıknatısa sahiptir. Yuvarlak kısım, demir hurdalara d kadar mesafede elektromıknatısa dönüşerek demir parçaları kendine doğru çekmektedir.



Buna göre hurda vincinin

a) Daha fazla demir hurda çekebilmesi için neler yapılabileceğini açıklayınız.

b) Çektiği demir hurdaların tamamını bırakması için neler yapılabileceğini açıklayınız.

Cevap

a) Vincin elektromıknatısa dönüşen kısmının oluşturduğu manyetik alanın şiddeti veya etki alanı artırılırsa vinç daha fazla demir hurda çekebilir. Bunun için

- elektromıknatıs üzerinden geçen akım şiddetinin artırılması,
- elektromıknatısın birim uzunluktaki sarım sayısının artırılması,
- A yüzey alanının artırılması,
- d mesafesinin azaltılması

gibi işlemler yapılabilir.

b) Vincin demir hurdaların tamamını bırakması için elektromıknatıs özelliğinin kaybolması gerekir. Bunun için elektromıknatısın üzerinden geçen akım sıfırlanabilir.

22. Alıştırma



Elektromanyetik kilitler, genellikle iki temel parçadan meydana gelir. Bu parçalardan biri akım makarası içerirken diğeri genellikle çelik bir levhadan oluşur. Akım makarası içeren kısım şekildeki gibi kapı çerçevesine, diğer kısım kapıya sabitlenir. Çalışan bir elektromanyetik kilidin parçaları birbirini çeker, böylece kapı kilitlenir.

Kurulumu gerçekleştirilen bir elektromanyetik kilidin testler sırasında istenmeyen bir durum olarak kolayca açılabildiği fark ediliyor.

Buna göre

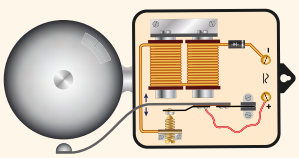
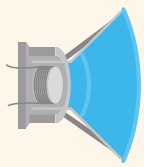
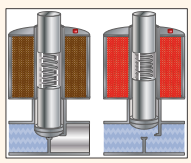
a) Kilidin parçalarının birbirini çekme sebebini açıklayınız.

b) Kilidin kolayca açılmasının önüne geçmek için neler yapılabileceğini açıklayınız.

c) Elektromanyetik kilitlerin geleneksel mekanik kilitlere göre avantaj ve dezavantajları neler olabilir? Açıklayınız.

Çalışma Yaprağı

1. Aşağıda elektromıknatısların kullanım alanlarıyla ilgili bazı görseller verilmiştir. Elektromıknatısın görsellerdeki sistemlerde çalışma ilkesini yanında verilen alana yazınız.

	Kapı zili
	Hoparlör
	Selenoid vanalar

2. Uzunluğu L olan bir iletken tel sarmal şekilde sarılarak bir akım makarası oluşturuluyor. Akım makarasının sarım sayısı N'dir. İdeal kabul edilen akım makarasının üzerinden i büyüklüğünde elektrik akımı geçirildiğinde makaranın merkez ekseninde oluşan manyetik alan şiddeti B büyüklüğünde oluyor.

Buna göre aşağıdaki ifadelerden doğru olanların başındaki yay ayracın içine "✓" işareti koyunuz.

( ) Akımın yönü değiştirilirse B azalır.

( ) Yalnızca i artırılırsa B artar.

( ) Birim uzunluktaki sarım sayısı artırılırsa B azalır.

( ) Yalnızca L artırılırsa B artar.

( ) Birim uzunluktaki sarım sayısı aynı kalacak şekilde L artırılırsa B değişmez.

3. Aşağıdaki yapılandırılmış gridde akım makarası ve elektromıknatıs ile ilgili bazı kavramlar verilmiştir. Kutulardaki numaraları kullanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız. (Aynı kutu numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.)

Makara uzunluğu (1)	Halkaların yarıçapı (2)	Akım şiddeti (3)	Manyetik tren (4)
Akımın yönü (5)	Demir (6)	Nikel (7)	Su arıtma cihazı (8)
Kobalt (9)	Mikrofon (10)	Sarım sayısı (11)	Manyetik alan katsayısı (12)

Buna göre

a) Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan şiddeti hangilerine bağlıdır?

.....

b) Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan şiddeti hangilerine bağlı değildir?

.....

c) Akım makarasının içine yerleştirildiğinde manyetik alan şiddetini artıran maddeler hangileridir?

.....

ç) Elektromıknatısların kullanıldığı alanlar hangileridir?

.....

4. Elektromıknatısların doğal mıknatıslara göre avantajlarından üç tanesini yazınız.

.....

.....

.....

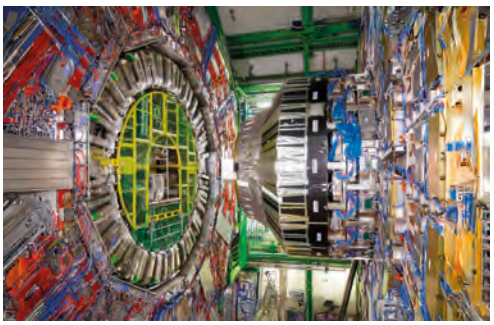
2.2.5. Manyetik Alanda Üzerinden Akım Geçen Düz Bir Tele Etki Eden Kuvvet

Parçacıklar; yüksek enerji fiziğinde evreni, maddenin doğasını ve atom altı parçacıkların etkileşimini incelemek için parçacık hızlandırıcılarda (Görsel 2.22) çok yüksek hızlara çıkarılır. Yüksek hızlarda birbiri ile çarpıştırılarak veya duran bir hedefe çarptırılarak teoride var olması gereken parçacıkların deneysel olarak da gözlemlenmesi amaçlanır. Parçacık hızlandırıcılar; elektriksel ve manyetik alanlar yardımıyla elektron, proton, iyonize olmuş atom gibi yüklü parçacıkları hızlandırıp yönlendirebilir.

CERN'de yer alan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (Görsel 2.23), parçacık hızlandırıcı araştırmalarının dünyadaki önemli örneklerinden biridir. Türkiye'nin de parçacık hızlandırıcı alanında yürüttüğü çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. TARLA (Türk Hızlandırıcı ve Işınım Laboratuvarı), hızlandırıcı teknolojileri ve parçacık fiziği alanında ileri teknoloji gerektiren bilimsel araştırmalar gerçekleştirmektedir. 2012 yılında aktif araştırma süreci başlayan TARLA'nın kanser tedavisi, radyoterapi, hadronterapi, medikal malzemelerin sterilizasyonu, ithal edilen malzemelerin incelenmesi, nanoteknoloji, savunma ve ilaç sanayii, uzay vb. birçok alanda görev üstlenmesi beklenmektedir.



Görsel 2.22: *Parçacık hızlandırıcının bir bölümü*



Görsel 2.23: *Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın bir bölümü*

8. Etkinlik — Manyetik Alanda Üzerinden Akım Geçen Düz Bir Tele Etki Eden Kuvvet

Amaç	Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz bir tele etki eden kuvvete ilişkin matematiksel modele yönelik tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki "Akran Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

1. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

> Üzerinden akım geçen bir telin çevresinde manyetik alan oluşur. Manyetik alan oluşturan bir mıknatıs, başka bir mıknatısın ya da üzerinden akım geçen tel gibi bir manyetik alan kaynağının manyetik alanına maruz kaldığında itilir ya da çekilir.

Manyetik alana bırakılan ve üzerinden akım geçen düz bir tele manyetik alanın etkileri hakkındaki tahminlerinizi aşağıdaki alana yazınız.

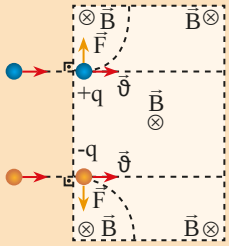
.....

.....

.....

2. Aşağıda verilen metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Manyetik alan içine bırakılan ve üzerinden akım geçen düz tele etki eden manyetik kuvvet, telin içindeki hareketli yüklü parçacıklara (elektron) etki eden kuvvetten kaynaklanır. Şekilde düzgün manyetik alana dik olarak hareket eden pozitif ve negatif yüklü parçacıklara etki eden manyetik kuvvet ve parçacıkların hareket yörüngeleri gösterilmiştir. Yüklü parçacıklara etki eden manyetik kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü manyetik alanın yönü ve büyüklüğü, parçacıkların yükü ve hızı belirler.



a) Düzgün manyetik alana dik olarak hareket eden yüklü parçacıkların hareket yörüngelerinin çembersel olmasının nedenini açıklayınız.

.....

.....

b) İletken bir tel üzerinde manyetik kuvvet oluşmasını sağlayan etmenler hakkındaki tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

c) Aşağıdaki tabloda verilen etmenlerin manyetik kuvveti nasıl etkileyebileceği ile ilgili tahminlerinizi altlarındaki alana yazınız.

Manyetik Alan	Akım Şiddeti	Telin Uzunluğu	Manyetik Alan ile Tel Arasındaki Açı

3. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.

4. Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz tele etki eden manyetik kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü etkileyen etmenler hakkında bir deney tasarlayınız. Tasarladığınız deneyi, deneyin aşamalarını ve deneyde kullanacağınız araç gereci aşağıdaki alana yazınız.

Araç Gereç:	
Tasarladığınız Deney	**Deneyin Aşamaları**

5. Tasarladığınız deney üzerinden manyetik kuvvet ve manyetik kuvvetin büyüklüğünü etkileyen etmenlerin ilişkisine dair veriler toplayıp ulaştığınız verileri aşağıdaki alana kaydediniz.

Toplanan Veriler

6. Yandaki karekoddan yararlanarak simülasyona ulaşınız.

7. Simülasyonda manyetik alan şiddetini, akım şiddetini ve telin uzunluğunu değiştirerek manyetik kuvvetin nasıl değiştiğini gözlemleyiniz.

8. Deney ve simülasyondan topladığınız veriler ile manyetik kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü etkileyen etmenler arasındaki ilişkiden yararlanarak matematiksel modele ulaşınız.

9. Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz tele etki eden manyetik kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü etkileyen etmenlerle ilgili matematiksel modeli aşağıdaki alana yazınız.

.....

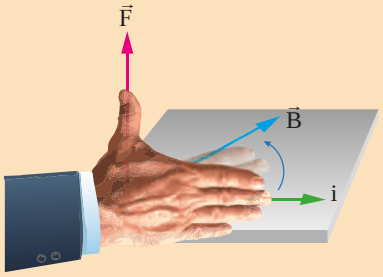
.....

.....

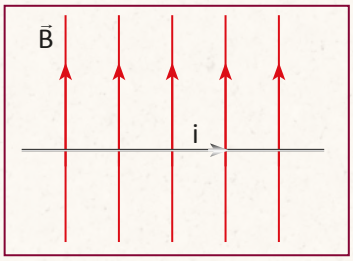
.....

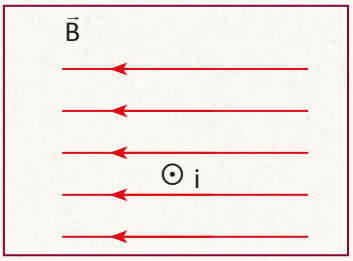
10. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

Tüm kuvvetler gibi manyetik kuvvet de vektöreldir. Manyetik kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ el kuralı uygulanırken ilk olarak sağ elin dört parmağı akım yönüne doğru tutulur. Dört parmak akım yönünü gösterirken avuç içinden manyetik alan çıkacak şekilde el konumlandırılır. Bu konumdaki elin dört parmağı manyetik alana doğru kıvrılabiliyor olmalıdır. El masa üzerinde şekildeki gibi istenen konuma getirildiğinde dört parmağa dik olacak şekilde duran başparmak manyetik kuvvetin yönünü gösterir.



Manyetik alanda üzerinden akım geçen aşağıdaki tellere etki eden manyetik kuvvetin yönünü şekil üzerinde çizerek gösteriniz.





11. Aşağıdaki tabloda manyetik alana dik olarak konumlanan ve üzerinden akım geçen düz tele etki eden manyetik kuvvetler ile ilgili farklı problem durumları verilmiştir. 1. duruma göre diğer durumların her birinde farklı bir değişken değiştirilerek manyetik kuvvetler belirlenmiştir.

	Manyetik Alanın Büyüklüğü	Akım Şiddeti	Telin Uzunluğu	Manyetik Kuvvetin Büyüklüğü
1. durum	B	i	L	F_1
2. durum	B	i	2L	F_2
3. durum	B	2i	L	F_3
4. durum	2B	i	L	F_4

Buna göre

a) Her bir durum için manyetik kuvvetlerin büyüklüklerini matematiksel modeli kullanarak aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

b) Cevaplarınızdan hareketle manyetik kuvvet ile değişkenler arasındaki ilişkiyi genelleyiniz. Genellemenizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

Değerlendirme

Aşağıda verilen "Akran Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

Akran Değerlendirme Formu

Bu değerlendirme formu, grup arkadaşlarınızın etkinlikte göstermiş olduğu performansı belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Arkadaşlarınız hakkındaki görüşlerinizi evet (E), bazen (B), hayır (H) kelimelerinin yay ayraç içinde verilen kısaltmalarını kullanarak belirtiniz.

Çalışmayı Yapan Öğrencinin Adı ve Soyadı:

Numarası ve Sınıfı: ...../..... Değerlendirme Tarihi: ...../...../.....

1. Arkadaşımın Adı:
2. Arkadaşımın Adı:
3. Arkadaşımın Adı:
4. Arkadaşımın Adı:

Ölçütler	1. Arkadaşım	2. Arkadaşım	3. Arkadaşım	4. Arkadaşım
1. Deneyin hazırlanmasına katkıda bulundu.				
2. Grup içinde fikirlerini paylaştı.				
3. Deney sırasında görevini dikkatle yerine getirdi.				
4. Verileri düzenli bir şekilde kaydetti.				
5. Sonuçları yorumlama ve ilişki kurma konusunda yardımcı oldu.				
6. Matematiksel modeli anlamaya ve oluşturmaya çalıştı.				
7. Diğer grup üyelerine saygılıydı ve iş birliğine açıktı.				
8. Problem çözme sürecinde aktif olarak yer aldı.				

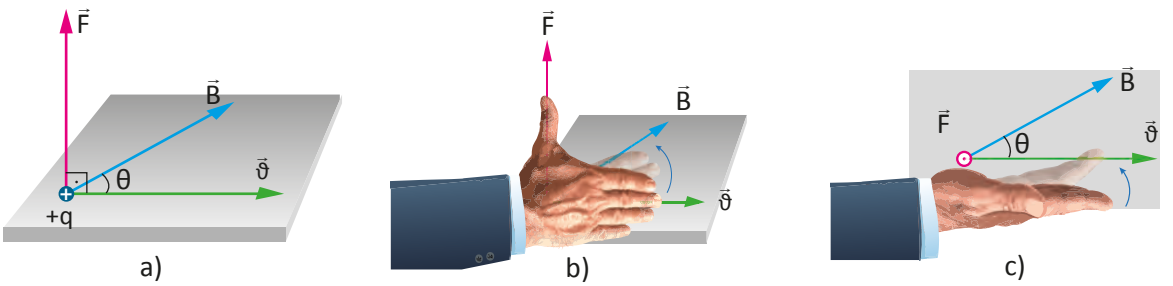
Akım, yüklü parçacıkların hareketi sonucu oluşur. Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz tele etki eden kuvveti anlamak için önce yüklü parçacıklara manyetik alanda etki eden kuvveti incelemek gerekir. Yüklü bir parçacık manyetik alana dik bir hız ile girerse yüklü parçacığa manyetik kuvvet etki eder. Manyetik alanın büyüklüğü B, parçacığın yük miktarı q ve manyetik alana dik hızının büyüklüğü ϑ olmak üzere parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü (F) matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$F = B \cdot q \cdot \vartheta$$

Yüklü parçacık, Şekil 2.25: a'daki gibi manyetik alana dik olmayan bir hızla girebilir. Parçacığın hız vektörü ile manyetik alan arasındaki açı θ ise parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$F = B \cdot q \cdot \vartheta \cdot \sin\theta$$

Yüklü parçacığa manyetik alanda etki eden kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunur. Pozitif yüklü parçacık için sağ el kuralının uygulaması Şekil 2.25: b'de yandan, Şekil 2.25: c'de ise üstten gösterilmiştir. Buna göre sağ elin dört parmağı hız vektörünü gösterirken avuç içi manyetik alanı gösterir. Dört parmak manyetik alana doğru kıvrıldığında dört parmağa dik olan başparmak manyetik kuvvetin yönünü gösterir. Negatif yüklü parçacıklar için ise bu kuvvet, baş parmağın yönünün tam tersi yönde olur. Manyetik kuvvet vektörü, manyetik alan ve hız vektörlerinin oluşturduğu düzleme diktir. Yüklü parçacığın hızı manyetik alan ile aynı doğrultuda ise parçacığa manyetik kuvvet etki etmez.



Şekil 2.25: *a) Manyetik alana dik olmayan bir hızla giren pozitif yüklü parçacık b) Pozitif yüklü parçacık için sağ el kuralı uygulamasının yandan görünümü c) Pozitif yüklü parçacık için sağ el kuralı uygulamasının üstten görünümü*

Örnek



CRT televizyonlarda görüntü, ivmelendirilen elektronların elektriksel alan yardımıyla saptırılarak ekrana çarptırılmasıyla oluşur. Şekilde CRT televizyona belirli bir mesafeye kadar yaklaştırılmış bir mıknatıs ve bu yaklaştırma sonucu ekrandaki görüntüde meydana gelen bozulma görülmektedir.

Buna göre ekrandaki görüntünün

a) Bozulmasının sebebini manyetik kuvvet ile ilişkilendirerek açıklayınız.

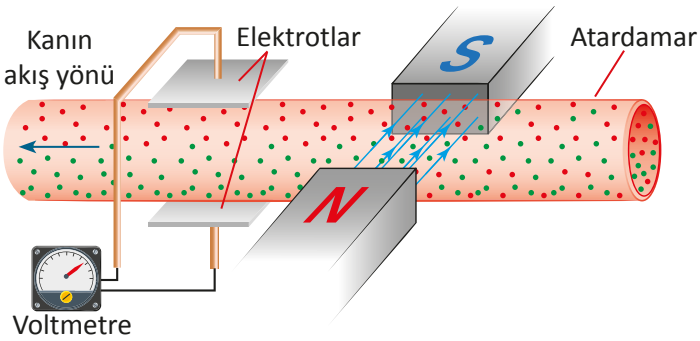
b) Bozulma miktarını artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

Cevap

a) Elektronlar negatif yüklü parçacıklardır. Ekrana çarpmak üzere olan elektronlar, mıknatısın ekrana yaklaştırılması sonucu manyetik kuvvete maruz kalır. Bunun sonucunda ekran üzerinde düşmeleri gereken yere düşemez, bu da görüntünün bozulmasına neden olur.

b) Manyetik kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü manyetik alan, yük miktarı ve yüklerin hızı etkiler. Mıknatısın ekrana yaklaştırılması manyetik alanın büyüklüğünü artıracağından görüntüdeki bozulma miktarı artar. Elektronların yük miktarı sabit olduğundan bu durum için yük miktarının manyetik kuvvete bir etkisi olmaz. Elektronların CRT televizyon içinde yüksek gerilim altında daha hızlı hareket etmeleri sağlanacak olursa manyetik kuvvetin büyüklüğü ve görüntüdeki bozulma miktarı artar.

23. Alıştırma



Elektromanyetik akışölçer kullanılarak kanın akış hızı ölçülebilir. Bunun için atardamarlar arasına şekildeki gibi manyetik kutuplar yerleştirilir. Damar içinde hareket eden yüklü iyonlar manyetik kuvvete maruz kalarak damarın alt ve üst kısımlarına sapar. Zıt yüklü iyonlar farklı kısımlara birikeceğinden bir süre sonra yükler arasında elektriksel alan oluşur. Bu elektriksel alan yeterli büyüklüğe ulaştığında iyonlara etki eden manyetik kuvvet dengelenir ve yüklerin sapmaları sonlanır. Kan normal bir şekilde akmaya devam eder ve kan akış hızı ölçülür. Manyetik alanın düzgün ve B büyüklüğünde, elektrotların bulunduğu kısımda iyonların oluşturduğu elektriksel alanın düzgün ve E büyüklüğünde olduğu kabul edilmektedir.

Şekildeki farklı renkler q yük miktarına sahip zıt yüklü iyonları temsil ettiğine göre

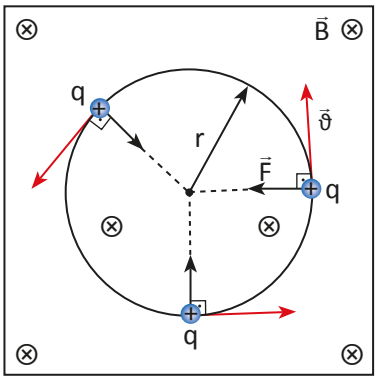
a) Pozitif yüklü iyonlara etki eden manyetik kuvvetin yönünü belirtiniz.

b) Damarın alt ve üst kısımlarında biriken iyonların yük işaretlerini belirtiniz.

c) Şekilde damarın üst ve alt kısmına yerleştirilen elektrotların ve voltmetrenin görevini açıklayınız.

ç) Kan akış hızının büyüklüğünü veren ifadeyi manyetik kuvveti ve elektriksel kuvveti kullanarak belirtiniz. (Yer çekimi etkisini ihmal ediniz.)

24. Alıştırma



Kütle spektrometrisi, bir elementin farklı kütleye sahip izotoplarının ayrıştırılıp atomik kütlelerinin hesaplanmasında kullanılan bir alettir. Kütle spektrometrisinin temel çalışma ilkesi, yüklü iyonların düzgün manyetik alana dik olarak gönderilmesi ve çembersel hareket yapmasına dayanır. Farklı kütleye ve yüke sahip iyonlar farklı yarıçaplarda düzgün çembersel hareket yapabilir ve bu şekilde ayrıştırılıp teşhis edilebilir. Şekilde yönü sayfa düzlemine dik ve içeri doğru olan $\vec{B}$ düzgün manyetik alanına $\vec{\vartheta}$ hızı ile gönderilen, +q yüke ve m kütleye sahip bir iyonun yaptığı düzgün çembersel hareket gösterilmiştir.

Buna göre

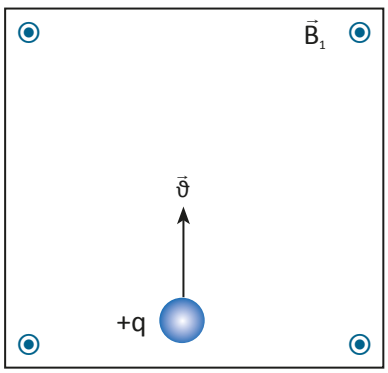
a) Yüke etki eden manyetik kuvvetin merkezcil kuvvet ile ilişkisini açıklayıp matematiksel olarak ifade ediniz.

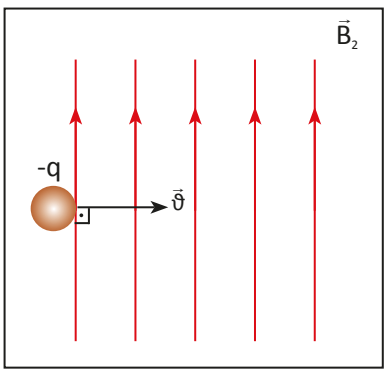
b) Çembersel hareketin yarıçapını (r) veren matematiksel ifadeyi yazınız.

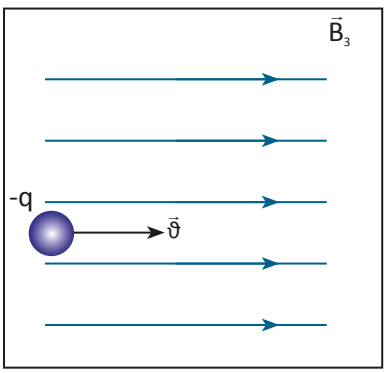
c) Hareketin periyodunu (T) veren matematiksel ifadeyi yazınız.

25. Alıştırma

Aşağıda farklı durumlar için yönleri belirtilen $\vec{B}$ manyetik alanına $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren, yük cinsleri belirtilmiş parçacıklara etki eden manyetik kuvvetin yönünü her bir durum için şekil üzerinde çizerek gösteriniz.



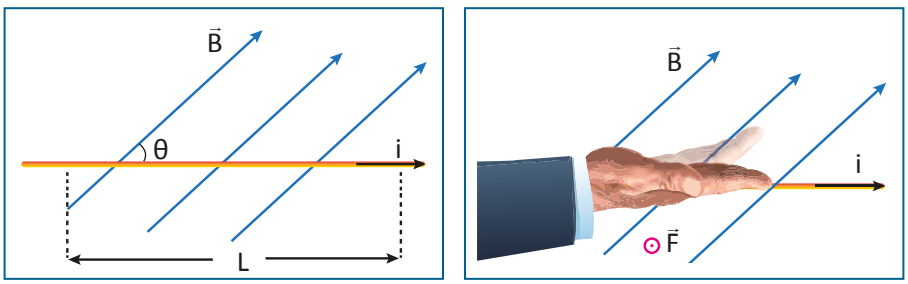




Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz tele etki eden kuvvet, tel içindeki hareketli yüklere etki eden kuvvetlerin bileşkesi sonucu oluşur. Telin içinde bulunduğu manyetik alanın büyüklüğü B, telin üzerinden geçen akımın şiddeti i, telin manyetik alan içindeki uzunluğu L ve tel ile manyetik alan arasındaki açı θ olmak üzere tele etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü (F) matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$F = B \cdot i \cdot L \cdot \sin\theta$$

Şekil 2.26: a'daki gibi üzerinden akım geçen tele manyetik alanda etki eden kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ el kuralının uygulaması Şekil 2.26: b'de gösterilmiştir. Buna göre sağ elin dört parmağı akımın yönünü gösterirken avuç içi manyetik alanı gösterir. El bu konumdayken dört parmak, manyetik alana doğru kıvrılabilecek şekilde olmalıdır. Dört parmağa dik olan başparmağın yönü manyetik kuvvetin yönünü gösterir. Manyetik kuvvet vektörü, manyetik alan vektörü ve telin bulunduğu düzleme diktir. Tel manyetik alan ile aynı doğrultuda ise tele manyetik kuvvet etki etmez.

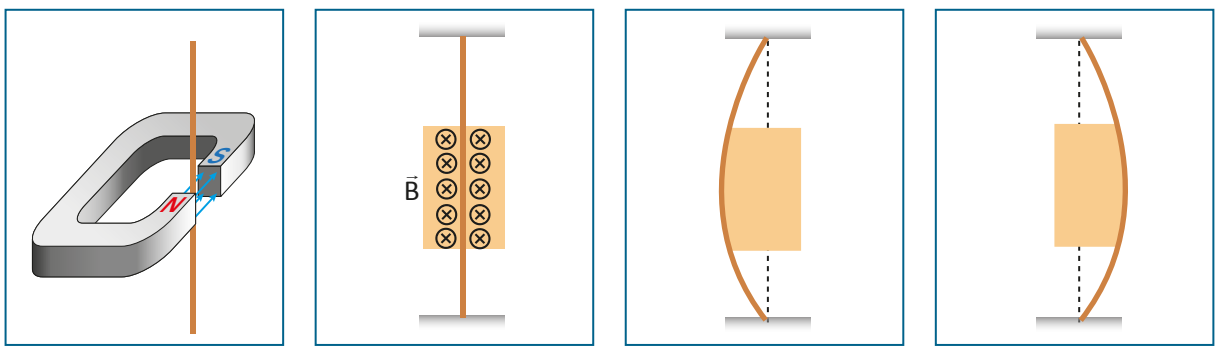


a) b)

Şekil 2.26: *a) Manyetik alanda üzerinden akım geçen tel b) Sağ el kuralı uygulamasının üstten görünümü*

Örnek

Düz iletken bir tel düşey olarak Şekil I'deki gibi mıknatısın kutupları arasına sabitlenerek yerleştiriliyor. Mıknatısın N kutbundan S kutbuna doğru bakıldığında manyetik alanın yönü Şekil II'deki dikdörtgen içinde ⊗ sembolü ile gösterilmiştir. Bazı değişiklikler sonucunda telin Şekil III ve Şekil IV'teki gibi sırasıyla mıknatısın içine ve mıknatısın dışına doğru büküldüğü gözlemleniyor.



Şekil I Şekil II Şekil III Şekil IV

Mıknatısın kutupları arasında düzgün manyetik alan oluştuğuna göre telin

a) Şekil II'deki gibi hareketsiz kalmasının sebebini açıklayınız.

b) Şekil III'teki gibi mıknatısın içine doğru bükülmesi için neler yapılabileceğini açıklayınız.

c) Şekil IV'teki gibi mıknatısın dışına doğru bükülmesi için neler yapılabileceğini açıklayınız.

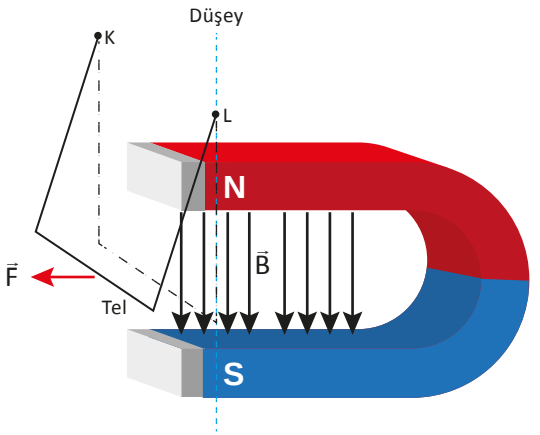
Cevap

a) Tele manyetik kuvvet etki etmediği için tel bırakıldığı konumda kalmıştır. Bunun sebebi tel üzerinden akım geçmemesidir.

b) Mıknatısın içine doğru bükülmesi için telin mıknatısın içine yönelmiş bir manyetik kuvvete maruz kalması gerekir. Bunun için mıknatısın kutupları soruda verilen konumda iken tel üzerinden yukarı yönlü bir akım geçirilebilir. Mıknatısın kutuplarının yeri değiştirilerek tel üzerinden aşağı yönlü bir akım geçmesi sağlandığında da tel mıknatısa doğru bükülür.

c) Mıknatısın dışına doğru bükülmesi için telin mıknatısın dışına yönelmiş bir manyetik kuvvete maruz kalması gerekir. Bunun için mıknatısın kutupları soruda verilen konumda iken tel üzerinden aşağı yönlü bir akım geçirilebilir. Mıknatısın kutuplarının yeri değiştirilerek tel üzerinden yukarı yönlü bir akım geçmesi sağlandığında da tel mıknatıstan dışarıya doğru bükülür.

26. Alıştırma



Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz tele etki eden kuvvetin nelere bağlı olduğunun deneysel olarak gözlemlenmesi için şekildeki gibi bir düzenek hazırlanıyor. Tel; düzgün manyetik alanın oluştuğu kabul edilen U mıknatısın kutupları arasına, kesikli çizgilerle belirtilen yere K ve L noktalarından menteşelerle tutturuluyor. Üzerinden akım geçtiğinde tel, düşey eksenden bir miktar uzaklaşarak mıknatısın dışında şekildeki gibi dengede kalıyor.

Tele etki eden manyetik kuvvet $\vec{F}$ olduğuna göre

a) Tel üzerinden hangi yönde akım geçtiğini şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

b) Telin mıknatısın içine doğru hareket etmesi için neler yapılabileceğini açıklayınız.

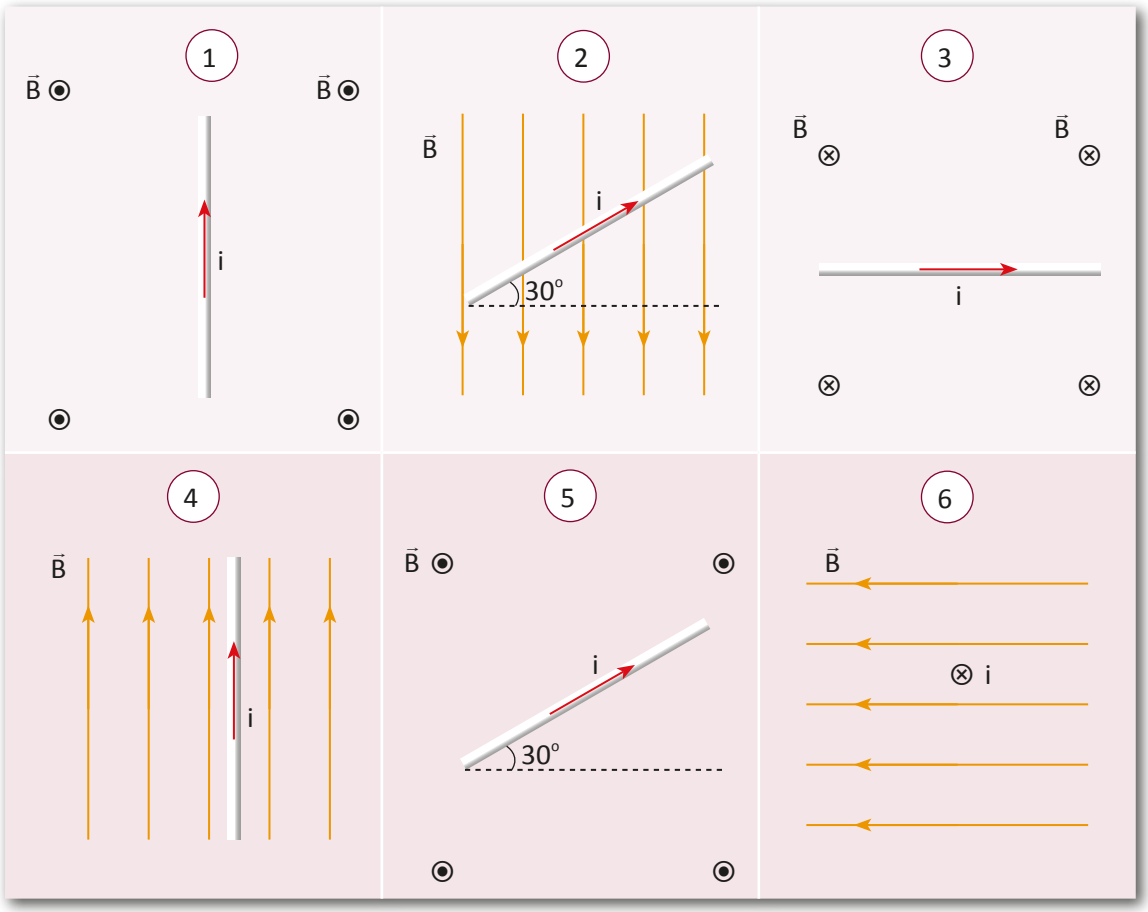
c) Telin düşey eksenden uzaklaşma miktarını artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

27. Alıştırma

Bir tür nötron yıldızı olan magnetarlardan bazıları çok büyük şiddette manyetik alan oluşturur. Gözlemlenen bir magnetarın oluşturduğu manyetik alanın Dünya'nınkinin yaklaşık $1{,}3 \cdot 10^{15}$ katı olduğu tespit edilmiştir. Aşağıdaki şekillerde B büyüklüğündeki magnetarın manyetik alanı içinde farklı konumlara yerleştirilmiş, üzerinden i akımı geçen L uzunluğunda düz teller ve tellerin manyetik alana göre konumları verilmiştir.

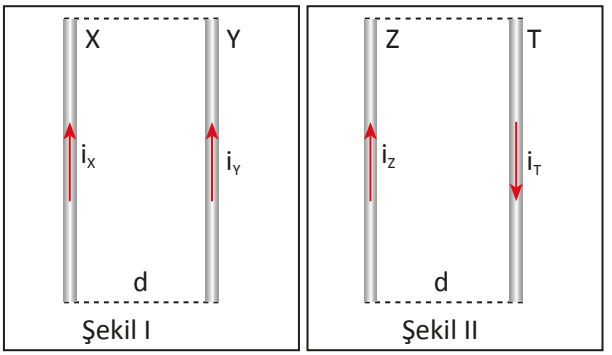
Buna göre

a) Şekillerde verilen her bir durum için tele etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğünü B · i · L cinsinden şekillerin yanına yazınız ve yönünü tel üzerinde çizerek gösteriniz. ($\sin 30^\circ = 0{,}5$; $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ alınız.)



b) Üzerinden akım geçen düz tele Dünya'dayken etki eden manyetik kuvvetin tel magnetardayken aynı büyüklükte olması için neler yapılabileceğini açıklayınız.

28. Alıştırma



Yıldırımlar, bulutlar ile yeryüzünün zıt işaretle yüklenmesi ve yüksek potansiyel fark nedeniyle oluşan yük boşalmalarıdır. Tipik bir yıldırım yaklaşık 20 kA (kiloamper) akım taşır ve bu akımın yönü, yeryüzünden buluta doğru olabileceği gibi tam tersi yönde de olabilir. Bulut ile yer arasında oluşan yıldırımlar; üzerinden akım geçen ince, uzun, düz iletken tellere benzetilebilir. Şekil I'de aralarındaki mesafe d olan X ve Y yıldırımları üzerinden aynı yönde sırasıyla i_X, i_Y büyüklüğünde; Şekil II'de aralarındaki mesafe d olan Z ile T yıldırımları üzerinden zıt yönde sırasıyla i_Z, i_T büyüklüğünde akım geçmektedir.

Birbirine paralel olduğu kabul edilen yıldırımların uzunlukları L olduğuna göre

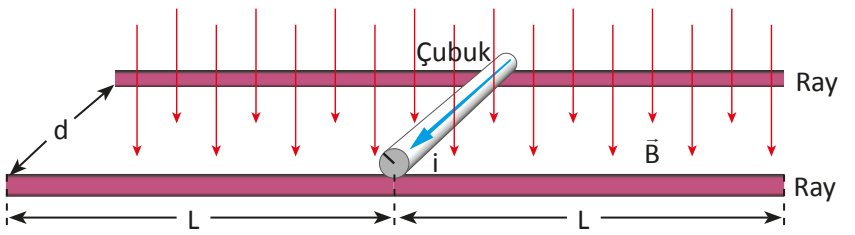
a) X'in Y'ye ve Y'nin X'e uyguladığı manyetik kuvvetin yönünü şekil üzerinde çiziniz ve büyüklüğünün matematiksel modelini yazınız. (X ve Y yalnızca birbirinin manyetik alanı içindedir.)

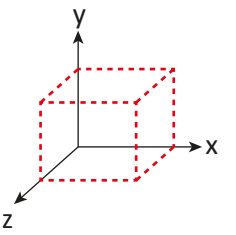
b) Z'nin T'ye ve T'nin Z'ye uyguladığı manyetik kuvvetin yönünü şekil üzerinde çiziniz ve büyüklüğünün matematiksel modelini yazınız. (Z ve T yalnızca birbirinin manyetik alanı içindedir.)

c) "Üzerlerinden aynı yönlü akım geçen paralel teller birbirini çekerken zıt yönlü akım geçen paralel teller birbirini iter." ifadesinin doğru olup olmadığını gerekçeleriyle açıklayınız.

29. Alıştırma

Üzerinden +z yönünde ve i büyüklüğünde akım geçen d uzunluğundaki m kütleli iletken çubuk, uzunluğu 2L ve aralarındaki mesafe d olan paralel rayların ortasına şekildeki gibi yerleştiriliyor. Çubuk, sabit dururken -y yönünde B büyüklüğünde düzgün manyetik alana maruz bırakılıyor.





Tüm sürtünmeler ihmal edildiğine göre

a) Çubuğa etki eden manyetik kuvvetin yönünü belirterek çubuğun hangi yönde harekete başlayacağını açıklayınız.

b) Çubuğa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğünün ve çubuğun ivmesinin büyüklüğünün matematiksel modelini i, d, m, L, B niceliklerinden uygun olanları kullanarak tabloda verilen alana yazınız.

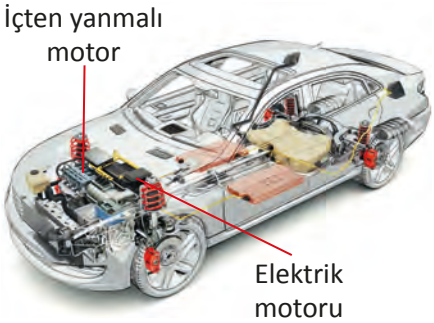
Manyetik Kuvvetin Büyüklüğü	Çubuğun İvmesinin Büyüklüğü

c) Çubuk harekete başladıktan sonra rayları terk edene kadar geçen sürenin ve rayları terk ederken çubuğun sahip olduğu süratin matematiksel modelini i, d, m, L, B niceliklerinden uygun olanları kullanarak tabloda verilen alana yazınız.

Çubuğun Hareket Süresi	Çubuğun Sürati

2.2.6. Manyetik Alanda Üzerinden Akım Geçen Dikdörtgen Telin Bir Eksen Etrafında Dönmesi

HEV'lerde [hybrid electric vehicle (haybrid elektrik viyekıl) hibrit elektrikli araç] içten yanmalı motor ve elektrik motoru birlikte kullanılır (Görsel 2.24). Taşıtın hareketi için gerekli enerjinin elektrik motoru tarafından karşılanma oranına göre tam, orta ve hafif hibrit olmak üzere farklı HEV çeşitleri vardır. Hibrit araçların PHEV [plug-in hybrid electric vehicle (plag-in haybrid elektrik viyekıl) kablolu hibrit elektrikli araç] modelleri dış bir elektrik kaynağından şarj edilebilmektedir. Bazı modellerde faydalı frenleme [regenerative braking (recenerativ brayking)] ile şarj olma özelliği vardır. Fren pedalına basılması, yokuş aşağı gitme, yüksek hızlarda ayağın gaz pedalından çekilmesi gibi durumlarda faydalı frenleme sistemi devreye girer. Standart frenlemede sürtünme sonucu ısıya dönüşen kinetik enerji, faydalı frenleme sisteminde elektrik motorlarının aküyü şarj etmesi için kullanılır. Bu şekilde yakıt tüketimi azaltılır ve verim artırılarak sürdürülebilir bir sistem elde edilir. Hibrit araçlarda elektrik enerjisi, genellikle trafiğin yoğun olduğu ve düşük hızlarda sürüş yapılan durumlarda devreye girer. Bu, içten yanmalı motorların düşük hızlardaki verimsizliğini azaltmanın çevreci bir çözümüdür.



Görsel 2.24: *Hibrit aracın motorları (temsilî)*

9. Etkinlik — Manyetik Kuvvetin Döndürücü Etkisi

Amaç	Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz bir tele etki eden kuvvet ile ilgili deneyimini elektrik motorlarının çalışma ilkesine yansıtabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, 1,5 V'luk pil, bakır kablo, 4 adet küçük mıknatıs, kabloaçar, cetvel, makas
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruyu cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen metni okuyunuz ve soruları cevaplayınız.

Fizik Gazetesi — Sayı: 123 — 10 Ocak 2026

Gelişen teknoloji ile petrolden elde edilen benzin, motorin, LPG [liquefied petroleum gas (likufayd petrolyum gas) sıvılaştırılmış petrol gazı], CNG [compressed natural gas (kompresd neçırıl gas) sıkıştırılmış petrol gazı] gibi fosil yakıtlı araçların yerini elektrikli araçlar almaya başlamıştır. Fosil yakıtların sınırlı olması; küresel ısınma, iklim değişikliği ve çevre kirliliğine neden olması bu durumun başlıca sebeplerindendir. Fosil yakıt kullanan araçların içten yanmalı motorlarının verimi yaklaşık %25 civarındayken elektrikli araçların motorları, elektrik enerjisinin yaklaşık %90'ını hareket enerjisine dönüştürebilmektedir. Elektrikli araç üretim ve geliştirme alanında Türkiye'nin de girişimleri bulunmaktadır.

Türkiye, dünyada en fazla elektrikli araç satılan 10 ülkeden biridir. İlk sıralarda Çin, ABD, Almanya, Fransa, İngiltere, Belçika, Hollanda, Norveç, Danimarka gibi ülkeler yer almaktadır. Bazı dönemlerde Türkiye'deki satışlar bu ülkelerden birkaçının önünde seyretmektedir.

Yapılan değerlendirmelerde Türkiye'deki elektrikli araç pazarı yükselişinin dikkat çekici bir büyüme hikâyesine dönüştüğü belirtilmektedir. Teşvikler, yerli markaların tüketici tarafından sahiplenilmesi ve şarj olanaklarının gelişmesi satışlardaki artışın sebepleri arasında gösterilmektedir. Fosil yakıt fiyatlarındaki artışlar, elektrikli araç model çeşitliliğinin artması, teknolojinin gelişmesi gibi nedenlerle gelecekte Türkiye'deki elektrikli araç piyasasının büyümeye devam etmesi beklenmektedir.

a) Elektrikli araçların fosil yakıtlı araçlarla kıyaslandığında hangi yönlerden üstün olduğunu yazınız.

.....

.....

b) Elektrikli araç motorlarının içten yanmalı motorlara göre daha verimli olmasının sebepleri neler olabilir?

.....

.....

c) Elektrikli motorların çalışma ilkesi ile ilgili düşüncelerinizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

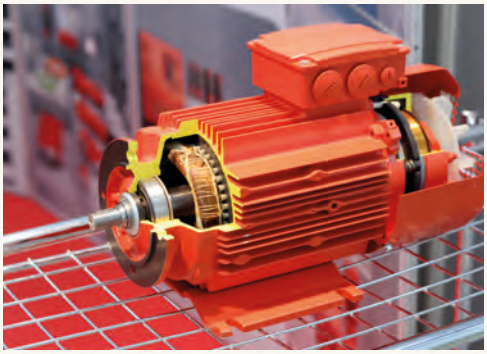
.....

2. Aşağıda manyetik alanda üzerinden akım geçen düz iletken tele etki eden kuvvet ile ilgili bir diyagram verilmiştir. Diyagramdaki boşlukları doldurunuz.

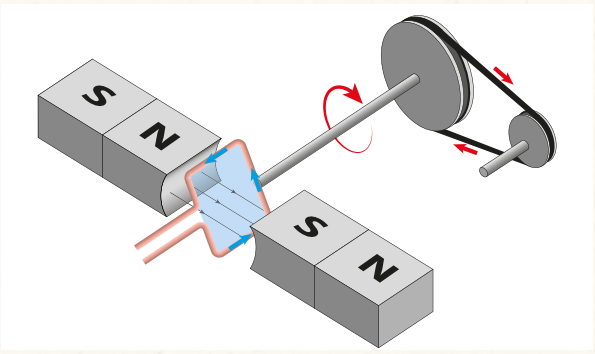


3. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplar oluşturunuz.

4. Aşağıda elektrik motorlarının iç yapıları ile ilgili şekiller verilmiştir. Şekil I'de gösterilen elektrik motorunun basit bir modellemesi Şekil II'deki gibidir. Manyetik alanda yatay konumda olan tel çerçevenin üzerinden elektrik akmı geçtiğinde çerçeve bir süre sonra Şekil II'deki konuma gelmektedir.



Elektrik motoru
Şekil I



Elektrik motorunun basit bir modeli
Şekil II

İncelediğiniz görsellere ve deneyimlerinize dayanarak manyetik alanda üzerinden akım geçen dikdörtgen şeklindeki telin bir eksen etrafında dönmesi hakkında çıkarımlarda bulununuz ve çıkarımlarınızı aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

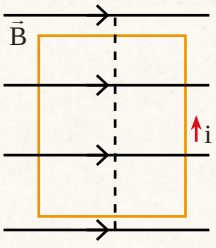
5. 1,5 V'luk pil, bakır kablo, 4 adet küçük mıknatıs, kabloaçar, cetvel ve makas kullanarak basit bir elektrik motoru tasarlayınız.

6. Tasarladığınız elektrik motorunu aşağıdaki alana çiziniz.

7. Tasarladığınız elektrik motorunu çalışır hâle getiriniz ve motoru çalıştırınız.

Değerlendirme

1. Şekilde $\vec{B}$ manyetik alanı içinde bulunan ve üzerinden akım geçen dikdörtgen tel çerçeve görülmektedir.



Buna göre

a) Çerçevenin kenarlarına etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü şekil üzerine çiziniz.

b) Çizdiğiniz kuvvetlerden hareketle çerçevenin dönme durumunu yorumlayınız.

.....

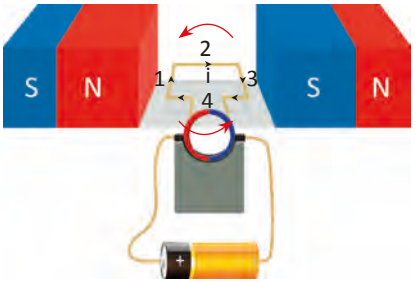
.....

2. Etkinlikteki görsellerden faydalanarak veya yaptığınız tasarımı kullanarak elektrik motorlarını çalışma ilkesi açısından değerlendiriniz.

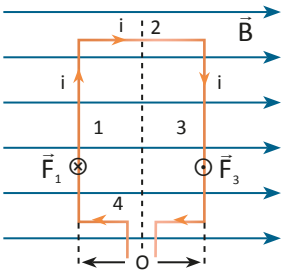
.....

.....

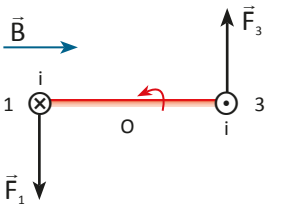
Düzgün manyetik alana Şekil 2.27'deki gibi yerleştirilen dikdörtgen tel çerçeve üzerinden akım geçtiğinde tel çerçevenin manyetik alan doğrultularına dik olan kenarlarına manyetik kuvvet etki eder. Şekil 2.28'de tel çerçevenin üstten görünümü verilmiştir. Telin 2 ve 4 ile numaralandırılan kenarlarına kenarlardan geçen akım manyetik alan ile aynı doğrultuda olduğu için manyetik kuvvet etki etmez. Sağ el kuralı uygulandığında telin 1 numaralı kenarına sayfa düzleminden içeri $\vec{F}_1$, 3 numaralı kenarına ise sayfa düzleminden dışarı yönde $\vec{F}_3$ manyetik kuvvetinin etki ettiği görülür. Bu kuvvetler, dikdörtgen çerçeveyi dikdörtgen çerçevenin ortasından geçen ve kesikli çizgilerle gösterilen O ekseni etrafında aynı yönde döndürme etkisine sahiptir. Çerçeveye Şekil 2.29'daki gibi bakıldığında kuvvetlerin döndürme etkisi ve çerçevenin dönüş yönü daha iyi anlaşılabilir. Manyetik kuvvetin döndürme etkisinin büyüklüğü; çerçeve üzerinden geçen akım, manyetik alan büyüklüğü, çerçevenin alanı ve telin sarım sayısı ile doğru orantılıdır. Bu etki, çerçeve düzlemi ile manyetik alan aynı düzlemde ise en büyük değerini alır.



Şekil 2.27: *Basit bir elektrik motoru modellemesi*



Şekil 2.28: *Çerçevenin üstten görünümü*

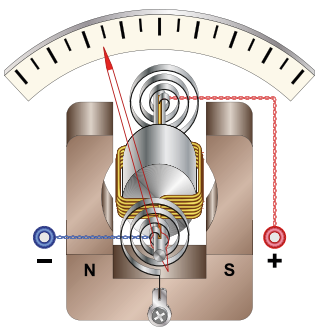


Şekil 2.29: *Çerçevenin bulunduğu düzlemde görünümü*

Karekoddan yararlanarak basit bir elektrik motorunun çalışma ilkesini adım adım açıklayan ve manyetik kuvvetin telin dönmesini nasıl sağladığını gösteren animasyona ulaşabilirsiniz.

Basit bir elektrik motorunda elektrik enerjisi hareket enerjisine dönüştürülür. Elektrik motorları, günlük hayatta birçok yerde kullanılır. Buzdolabı, elektrikli süpürge, mikrodalga fırın, çamaşır makinesi, saç kurutma makinesi, klima, vantilatör, matkap, robot, yazıcı, bilgisayarın sabit diski, elektrikli araba, mikser gibi elektrikle çalışan ve hareketli parçaları olan hemen hemen bütün cihazlar elektrik motoruna sahiptir. Elektrik motorlarının farklı türleri vardır. Beyaz eşyalarda ve üretim makinelerinde kullanılan elektrik motorlarının verimli çalışmasını sağlamak için doğru elektrik motoru türü seçilmeli, amaca uygun bir tasarım yapılmalı, kullanım koşullarına dikkat edilmeli ve doğru bakım işlemleri gerçekleştirilmelidir. Bu sayede dünyada yaklaşık %10 oranında enerji tasarrufu sağlanabileceği tahmin edilmektedir.

Örnek



Galvanometre, analog ampermetre ve voltmetrelerin temel bileşenidir. Elektrik devrelerinde elektrik akımı ya da potansiyel farkı ölçmede kullanılır. Yaygın tiplerinden olan d'Arsonval (Darsonval) galvanometresi, şekildeki gibi iletken tel sarımları (bobin), mıknatıs, yay ve sarımlara bağlı bir ibreden oluşur. İbre ve bağlı olduğu bobin, bobinin ortasından geçen eksen etrafında serbestçe dönebilmektedir. İbre dönerken yay gerilir ve dönme durumuna ters etki yaparak ibreyi bir noktada durdurur. İbrenin durduğu konumda ölçülecek fiziksel nicelik ölçek üzerinden okunabilir. Galvanometre ile çok hassas ölçümler yapılabilir.

Galvanometredeki mıknatısın düzgün manyetik alan oluşturduğu bilindiğine göre

a) İbrenin dönmesinin sebebini açıklayınız.

b) İbrenin dönme miktarını artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

c) Galvanometrenin hassasiyetini artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

Cevap

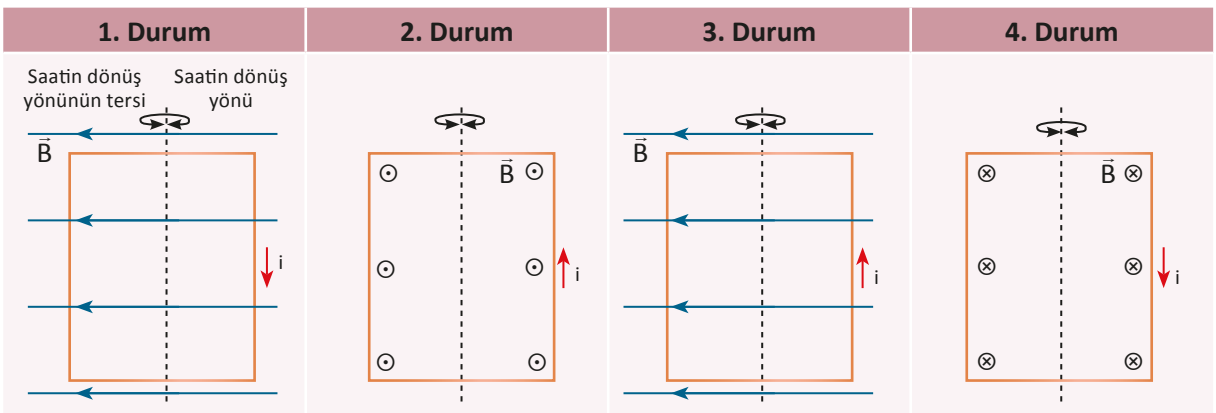
a) İletken tel çerçevelerden oluşan sarımların üzerinden akım geçirildiğinde manyetik alandaki sarımların mıknatıs kutuplarına yakın olan kenarlarına manyetik kuvvet etki eder. Bu kuvvetler, tel çerçevelerin aynı yönde dönmesine neden olur. Bobine bağlı ibre bu sebeple döner.

b) Manyetik alanda üzerinden akım geçen tel çerçevelere etki eden kuvvetin döndürme etkisi artırılarak ibrenin dönme miktarı artırılabilir. Bunun için çerçeveler üzerinden geçen akım şiddeti, mıknatısların oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü, çerçevelerin alanı ve sarım sayısı artırılabilir.

c) İletken tel çerçevelerin sarım sayısı artırıldığında çerçevelere etki eden kuvvetin döndürme etkisi yükselir. Düşük akımlarda bile kuvvetin döndürme etkisi dikkate değer büyüklükte olur ve galvanometrenin hassasiyeti artar. Bununla birlikte ibrenin uzunluğunu artırmak, düşük açılarda bile ibrenin ucunun ölçek üzerinde daha çok dönmesini ve daha hassas ölçüm yapılmasını sağlar.

30. Alıştırma

Manyetik kuvvetin döndürücü etkisinin işlendiği bir fizik dersinde Halil Öğretmen öğrencilerine aşağıdaki görselleri gösteriyor.



Görsellerde her bir durum için iletken tel çerçeve üzerinden geçen akımın ve tel çerçevenin içinde bulunduğu manyetik alanın yönü gösterilmiştir. Halil Öğretmen, öğrencilerden çerçevelerin kenarlarına etki eden manyetik kuvvetin yönünü bulmalarını ve manyetik alan yokken sabit duran çerçevelerin dönme durumunu yorumlamalarını istiyor.

Buna göre her bir durum için

a) Çerçevelerin kenarlarına etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

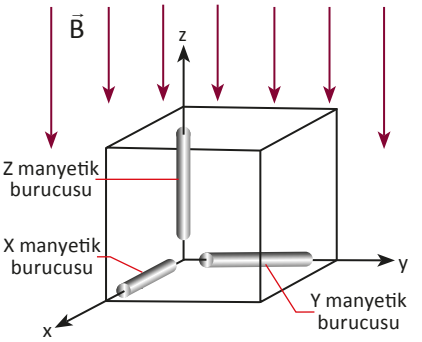
b) Çerçevelerin dönme durumlarını şekilde kesikli çizgilerle belirtilen eksen etrafında "Saatin dönüş yönünde döner.", "Saatin dönüş yönünün tersi yönde döner.", "Dönmez." ifadelerinden birini kullanarak yorumlayınız.

31. Alıştırma

Yapay uyduların davranışını kontrol edebilmek için Şekil I'deki gibi manyetik burucu çubuklar kullanılır. Çubukların içinde bulunan iletken tel çerçeve şeklinde sarılmış bobinler üzerinden akım geçilir. Dünya'nın manyetik alanı tarafından üzerinden akım geçen manyetik buruculara etki eden manyetik kuvvet, uydu üzerinde bir döndürme etkisi oluşturur. Bu döndürme etkisi; birbirine dik üç boyutlu x, y, z kartezyen koordinat sisteminin eksenleri etrafında olabilir. X, Y, Z manyetik burucularının birbirine dik olan konumları Şekil II'de modellenmiştir. Bu sistem; güneş enerjisi ile elektrik üretmesi, itici roket yakıtına ihtiyaç duymaması gibi avantajlara sahiptir.



Şekil I



Şekil II

Dünya'nın manyetik alanının -z yönünde olduğu varsayıldığına göre

a) Uydularda manyetik burucu kullanmanın avantaj ve dezavantajları ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

b) Uydu üzerindeki döndürme etkisini artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

c) Manyetik burucular Şekil II'deki konumdayken yalnız Z burucusundan akım geçirildiğinde uydunun dönme durumunu yorumlayınız.

ç) Manyetik burucular Şekil II'deki konumdayken yalnız X burucusundan akım geçirildiğinde uydunun hangi eksen etrafında dönmeye başlayacağını açıklayınız.

Kontrol Noktası

MANYETİK ALAN

Dünya, çubuk mıknatısınkine benzer bir manyetik alan oluşturur.

Zıt kutupları yakın olan mıknatıslar birbirini çeker, aynı kutupları yakın olan mıknatıslar birbirini iter.

Mıknatısların kuzey (N) ve güney (S) olmak üzere iki manyetik kutbu vardır ve tek kutuplu mıknatıs yoktur.

Dünya'nın içinde çubuk mıknatıs olduğu düşünülürse bu mıknatısın N kutbu coğrafi Güney Kutbu'na, S kutbu ise coğrafi Kuzey Kutbu'na yakındır.

Pusula ile yön bulunabilir ve bazı canlıların Dünya'nın manyetik alanını algılayan dokuları vardır.

Manyetik alanda üzerinden akım geçen düz tele etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü $F = B \cdot i \cdot L \cdot \sin\theta$ ile ifade edilir.

Üzerinden akım geçen düz iletken tel etrafında teli saran çemberler şeklinde manyetik alan oluşur ve bu manyetik alanın büyüklüğü $B = \frac{2 \cdot K \cdot i}{d}$ ile ifade edilir.

Manyetik kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunur.

Manyetik alan çizgilerinin yönü; mıknatısın içinde S kutbundan N kutbuna doğru, mıknatısın dışında N kutbundan S kutbuna doğrudur.

Manyetik alan ile aynı düzlemde bulunan ve üzerinden akım geçen dikdörtgen tel çerçevenin kenarlarına uygulanan manyetik kuvvet sonucu çerçeve döner.

Elektromıknatıslar; mekanik kapı zili, manyetik tren, vinç, radyo, hoparlör, mikrofon, jeneratör, su arıtma cihazı, selenoid vana, manyetik kilit sistemi gibi sistemlerde kullanılır.

Manyetik alanda üzerinden akım geçen tel çerçevenin dönme durumu, elektrik motorlarının temel çalışma ilkesini verir.

Akım makarasının üzerinden akım geçtiğinde çubuk mıknatısınkine benzer şekilde manyetik alan oluşur ve merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü $B = \frac{4 \cdot K \cdot \pi \cdot i \cdot N}{L}$ ile ifade edilir.

2.3. İNDÜKSİYON AKIMI

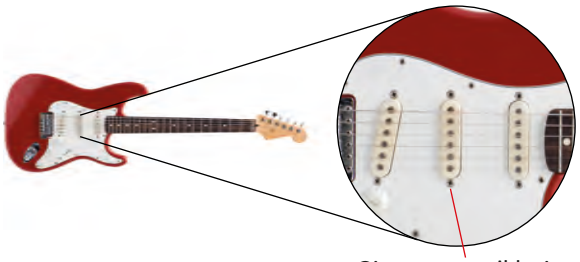
Hans Christian Ørsted'in gerçekleştirdiği deneylerde elektrik akımının manyetik alan oluşturduğu keşfedilmiştir. Bu keşif, elektriksel alan ile manyetik alan kavramlarının birbiri ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Michael Faraday (Görsel 2.25) ise manyetik alanın da elektriksel alan üretebileceğini ortaya koymuştur. Yaptığı deneylerde manyetik alanlardaki değişimlerin elektriksel alan oluşturduğunu bulmuştur. Oluşan elektriksel alan sayesinde hareket eden yükler, tıpkı pil bağlı bir devredeki gibi elektrik akımına sebep olmaktadır. Bu etkinin uygulamalarını elektrik motorlarından jeneratörlere, hoparlörlerden mikrofonlara kadar birçok cihazda görmek mümkündür.



Görsel 2.25: *Michael Faraday (temsilî)*

2.3.1. Manyetik Akı

Elektrogitar; rock (rak), metal, pop, caz gibi müzik türlerinde kullanılan bir müzik aletidir. Elektrogitarda gitar tellerinin altına yerleştirilen gitar manyetikleri [pickup (pikap)] kullanılır. Tipik bir elektrogitarda iki ya da üç set manyetik bulunur (Görsel 2.26). Her bir manyetik, titreşen tellerin farklı harmoniklerini güçlendirme görevini üstlenir. Titreşimlerdeki değişim, gitar telindeki titreşimleri algılayan bu manyetikler yardımıyla dalgalı elektrik sinyallerine dönüştürülür. Güçlendirilip hoparlöre aktarılan elektrik sinyalleri, daha sonra hoparlör tarafından ses dalgası olarak ortama gönderilir. Sismograf cihazı, kredi kartı okuyucuları, manyetik disk sürücüleri vb. sistemlerin temelinde de gitar manyetiklerinde gerçekleşen fiziksel olay vardır. Tüm bu sistemlerin çalışma ilkesini anlamak için öncelikle manyetik akı kavramı anlaşılmalıdır.



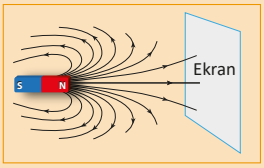
Görsel 2.26: *Elektrogitar ve manyetikleri*

10. Etkinlik Manyetik Akı

Amaç	Manyetik akıya etki eden etmenleri çözümleyebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, püskürtme boya, kâğıt
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

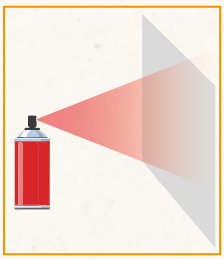
1. Aşağıda verilen metni okuyunuz.

Manyetik akı, manyetik alan içindeki bir yüzey alanından geçen manyetik alan çizgileri sayısının bir ölçüsüdür. Şekil I'deki ekran yüzeyinden geçen manyetik alan çizgi sayısı ne kadar artarsa manyetik akı da o kadar artar.



Şekil I

2. Bir püskürtme boya ve kâğıt kullanarak birinci basamakta kavramsal olarak açıklanan manyetik akıyı somutlaştırmak amacıyla Şekil II'deki gibi bir düzenek oluşturunuz. Püskürtme boya ile kâğıt üzerine bir kez boya püskürterek kâğıda ulaşan tanecik yoğunluğunu gözlemleyiniz.



Şekil II

3. Kurmuş olduğunuz düzenekte püskürtme boya, boya tanecikleri, kâğıt ve kâğıt üzerinde oluşan boya yoğunluğu neyi temsil etmektedir? Şekil II ve Şekil I'i karşılaştırarak aşağıda boş bırakılan yerleri doldurunuz.

Şekil II	Şekil I
Püskürtme boya	
Boya tanecikleri	
Kâğıt	
Kâğıt üzerinde oluşan boya yoğunluğu	

4. Oluşturduğunuz düzenekten yararlanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Manyetik akı ile kâğıda ulaşan boya taneciklerinin yoğunluğu arasındaki ilişkiyi belirtiniz.

.....

.....

.....

b) Birim zamanda daha çok boya püskürten farklı bir püskürtme boya kullanılırsa kâğıtta oluşan boya yoğunluğu bu durumdan nasıl etkilenir?

.....

.....

.....

c) Püskürtme boya kaynağı kâğıda yaklaştırılırsa kâğıda ulaşan tanecik miktarı bu durumdan nasıl etkilenir?

.....

.....

.....

ç) Kâğıdın yüzey alanı azaltılırsa kâğıda ulaşan tanecik miktarı bu durumdan nasıl etkilenir?

.....

.....

.....

d) Püskürtme boya kâğıda dik olarak değil de farklı açılarda tutulursa kâğıda ulaşan tanecik miktarı bu durumdan nasıl etkilenir?

.....

.....

.....

5. Yaptığınız deneyde püskürtme boya mıknatısı, boya tanecikleri manyetik alan çizgilerini, kâğıt manyetik alanın geçtiği yüzey alanını, kâğıt üzerinde oluşan boya yoğunluğu ise manyetik akıyı temsil etmektedir. Bununla birlikte manyetik alan boya gibi taneciklerden oluşmaz. Manyetik akı ile püskürtülen boyanın tanecik yoğunluğu arasında kurulan analojiden yola çıkarak manyetik akıya etki eden etmenleri belirleyiniz. Belirlediğiniz etmenleri aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

6. Yandaki karekoddan yararlanarak manyetik akı kavramı ile ilgili simülasyona ulaşınız.

7. Simülasyonda manyetik alan şiddetini, manyetik alan vektörü ile yüzey normali arasındaki açıyı ve yüzey alanını ayrı ayrı değiştirerek yüzeydeki manyetik akının bu durumdan nasıl etkilendiğini gözlemleyiniz.

8. Gözlemlerinizden yararlanarak aşağıdaki tabloda verilen etmenlerin manyetik akıyı nasıl etkilediğini gerekçeleriyle tabloya yazınız.

Manyetik Alan Şiddeti	Manyetik Alan Vektörü ile Yüzey Normali Arasındaki Açı	Yüzey Alanı

Değerlendirme

Aşağıda manyetik akı ile ilgili bazı ifadeler verilmiştir. Doğru ifadelerin başındaki kutuyu "✓" ile işaretleyiniz. (Birden fazla ifadeyi işaretleyebilirsiniz.)

☐ Düzgün manyetik alan içinde bulunan yüzey alanının büyüklüğü artırılırsa yüzeydeki manyetik akı artar.

☐ Düzgün manyetik alan içinde bulunan yüzeydeki manyetik akı, manyetik alan büyüklüğü ile doğru orantılıdır.

☐ Düzgün manyetik alan içinde bulunan yüzey, manyetik alan doğrultusunda hareket ederse yüzeydeki manyetik akı değişir.

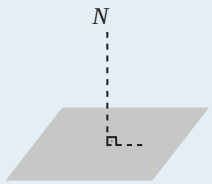
☐ Bir mıknatısın N kutbuna yakın bir konumda tutulan yüzey, mıknatısa yaklaştırılırsa yüzeydeki manyetik akı azalır.

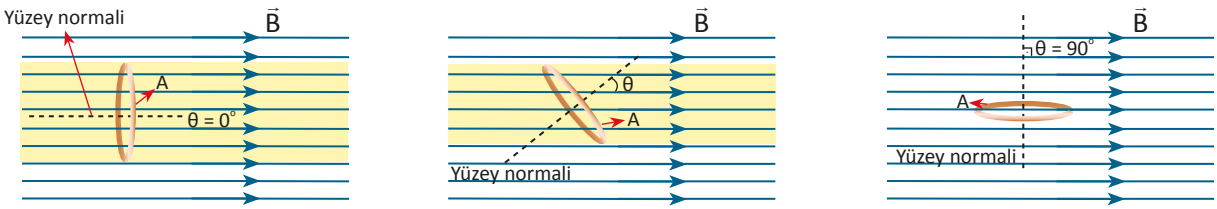
☐ Bir mıknatısın S kutbuna yakın bir konumda tutulan yüzey, mıknatıstan uzaklaştırılırsa yüzeydeki manyetik akı azalır.

☐ Düzgün manyetik alan içinde bulunan yüzeyin yüzey normali ile manyetik alan vektörü birbirine dik ise yüzeydeki manyetik akı en büyük değerdedir.

Manyetik akı, manyetik alan içindeki bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgileri sayısının bir ölçüsüdür. Şekil 2.30: a'da $\vec{B}$ düzgün manyetik alanı içinde, manyetik alana dik olarak konumlanmış A yüzey alanına sahip bir halka ve halka yüzeyinden geçen manyetik alan çizgileri gösterilmiştir. Bu durumda halkanın yüzey normali ile manyetik alan vektörü arasındaki açı 0° ve yüzeydeki akı en büyük değerdedir. Şekil 2.30: b'de aynı halkanın yüzey normali ile manyetik alan vektörü arasındaki açı θ'dır. Bu durumda yüzeydeki akı ilk duruma göre azalmıştır. Şekil 2.30: c'de ise aynı halkanın yüzey normali ile manyetik alan vektörü arasındaki açı 90°dir. Bu durumda halka manyetik alan ile aynı doğrultudadır ve halka yüzeyinden hiç manyetik alan çizgisi geçmediği için yüzeydeki akı sıfır olur. Şekillerde sarı ile gösterilen kısım, yüzeyden geçen manyetik alan çizgi sayısını göstermektedir.

Yüzey Normali
Yüzey üzerindeki bir noktaya dik olarak çizilebilen hayalî doğrultuya denir. "N" ile gösterilir.



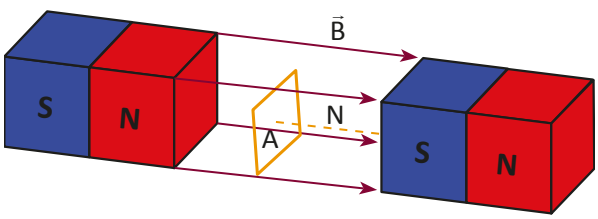


Şekil 2.30: *a) Manyetik alan çizgileri ile yüzey normalinin aynı doğrultuda olduğu durum b) Manyetik alan çizgileri ile yüzey normalinin arasındaki açının θ olduğu durum c) Manyetik alan çizgileri ile yüzey normalinin birbirine dik olduğu durum*

Φ (fi) sembolü ile gösterilen manyetik akının SI'daki birimi "weber" (Wb) ya da "tesla · metrekare"dir ($T \cdot m^2$). Manyetik alan içindeki yüzey alanından geçen çizgi sayısını artırmak manyetik akıyı artırır. Dolayısıyla manyetik alan büyüklüğü B, manyetik alan içindeki yüzey alanı A ve yüzey normali ile manyetik alan vektörü arasındaki açı θ olmak üzere manyetik akı (Φ) matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

Örnek



İki mıknatıs zıt kutupları birbirine yakın olacak şekilde sabitleniyor. Mıknatıslar arasında oluşan ve düzgün kabul edilen manyetik alanın içine şekildeki gibi yüzey alanı A olan bir dikdörtgen çerçeve yerleştiriliyor. Çerçevenin yüzey normali, manyetik alan vektörüne paraleldir.

Buna göre çerçeve ile ilgili

I. yüzey alanını büyütme,

II. mıknatıslardan birine doğru yaklaştırma,

III. yüzey normali ekseni etrafında döndürme,

IV. yüzey normaline dik eksen etrafında 30° döndürme,

V. çevresindeki mıknatısları birbirine yaklaştırma

işlemlerinden hangileri yapılırsa çerçevenin yüzeyindeki manyetik akının artabileceğini açıklayınız.

Cevap

I. N kutbundan S kutbuna doğru yönelmiş manyetik alan içindeki çerçevenin yüzey alanı büyütülürse manyetik akı artar.

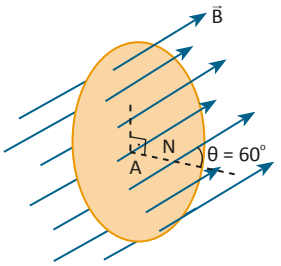
II. Mıknatıslar arasındaki manyetik alan düzgün kabul edildiğinden çerçeveyi mıknatıslardan birine doğru yaklaştırmak çerçeve yüzeyinden geçen manyetik alan çizgisini değiştirmez. Bu sebeple manyetik akı aynı kalır.

III. Çerçeveyi yüzey normali ekseni etrafında döndürmek manyetik akıyı etkilemez.

IV. Şekilde verilen konumdayken çerçevenin yüzeyindeki akı en fazladır. Çerçeveyi yüzey normaline dik eksen etrafında 30° döndürmek manyetik akıyı azaltır.

V. Mıknatısları birbirine yaklaştırmak, mıknatıslar arasında oluşan manyetik alan büyüklüğünü artırır. Manyetik alan büyüklüğü artınca çerçevenin yüzeyinden geçen manyetik alan çizgi sayısı ve manyetik akı artar.

32. Alıştırma



Yüzey alanı A olan halka, B büyüklüğünde düzgün manyetik alan içinde şekildeki gibi duruyor. Halkanın yüzey normalinin manyetik alan vektörü ile arasındaki açı θ = 60°dir.

Halka yüzeyindeki akı değerinin Φ = B · A olması için neler yapılabileceğini yazınız. ($\cos 60° = \frac{1}{2}$, $\sin 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$ alınız.)

33. Alıştırma



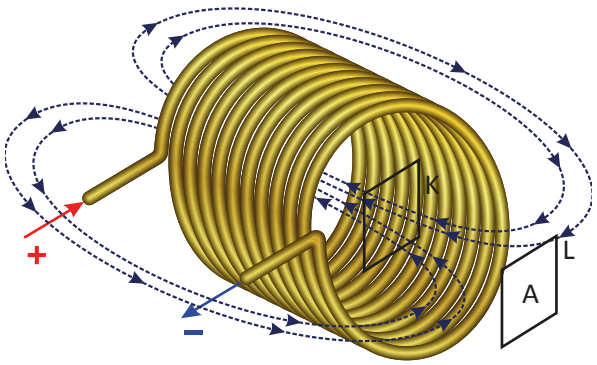
Bazı sineklerin ve bal arılarının kafa ve vücut hareketlerini analiz etmek için manyetik akı değişiminden yararlanılır. Bunun için görseldekine benzer biçimde sineğin kafasına iletken tellerden oluşan halkalar (bobin) yerleştirilir ve sineğin düzgün manyetik alan içinde uçması sağlanır. Sinek uçarken hareketine bağlı olarak halkaların konumlarında meydana gelen değişimler bilgisayar yardımıyla analiz edilir.

Manyetik akı değişimlerinin biyomedikal uygulaması olan bu sistemin halkalarından birinin yarıçapı 1,5 mm ve halkaların içinde bulunduğu düzgün manyetik alan 0,2 mT olduğuna göre

a) Halkaların birinin yüzeyinde oluşan maksimum manyetik akıyı hesaplayınız. (π = 3 alınız.)

b) 100 halkadan meydana gelen bobinin yüzeyinde oluşan maksimum akıyı hesaplayınız.

34. Alıştırma



Manyetik akı konusunu anlatan fizik öğretmeni Yasin Bey, A yüzey alanına sahip kare levhayı üzerinden akım geçen ideal bir bobinin içine ve dışına yerleştiriyor. Levhayı önce şekilde verilen bobinin dışındaki bir L noktasına, daha sonra bobinin içinde bulunan K noktasına bırakıyor. Levhanın yüzey normali ile bobinin merkez doğrultusundan geçen manyetik alan vektörü birbirine diktir. Öğrencilerinden iki farklı konum için kare levha yüzeyindeki manyetik akıyı karşılaştırmalarını ve levhaların yüzeyindeki manyetik akıyı değiştirebilecek farklı işlemleri belirtmelerini istiyor.

Buna göre öğrencilerin yaptığı

I. K noktasındayken levhanın yüzeyinde oluşan manyetik akı, L noktasında olduğu duruma göre fazladır.

II. Levhanın yüzey alanı artırılırsa levha yüzeyindeki manyetik akı iki noktada da artar.

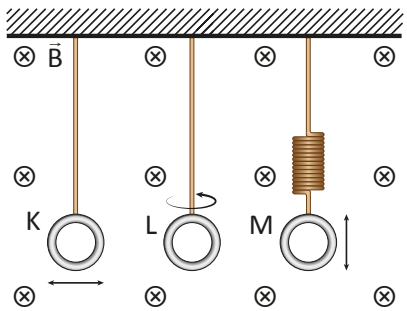
III. L noktasındaki levha bobine yaklaştırılırsa levha yüzeyindeki manyetik akı azalır.

IV. K noktasındaki levhayı bobinin içinde hareket ettirmek levha yüzeyindeki manyetik akıyı azaltır.

V. Bobinin üzerinden geçen akımı artırmak iki noktada da levha yüzeyindeki manyetik akıyı artırır.

yorumlarından hangilerinin doğru olduğunu gerekçeleriyle açıklayınız.

35. Alıştırma



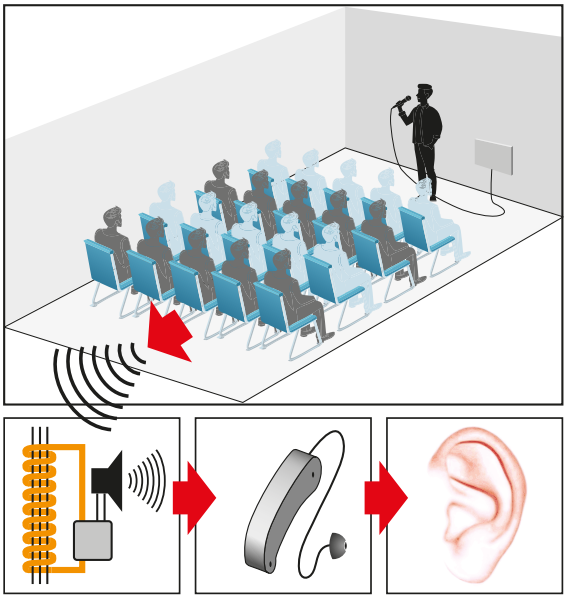
Özdeş K, L, M yüzüklerinden K ve L yüzükleri ipe, M yüzüğü yaya bağlanıp düzgün manyetik alanın bulunduğu ortamda şekildeki gibi tavana sabitleniyor. K yüzüğü basit sarkacın, M yüzüğü de yay sarkacının salınım hareketini yapıyor. L yüzüğü ise ipin uzantısının geçtiği eksen etrafında çembersel hareket gerçekleştiriyor. Yüzükler hareketleri boyunca düzgün manyetik alan içindedir.

Buna göre

a) Bir periyotluk süre için yüzüklerin yüzeylerindeki manyetik akı değişimlerinin büyüklüklerini karşılaştırınız.

b) Çeyrek periyotluk süre için yüzüklerin yüzeylerindeki manyetik akı değişimlerinin büyüklüklerini karşılaştırınız.

2.3.2. İndüksiyon Gerilimi



Görsel 2.27: *İndüksiyon döngü sisteminin çalışma ilkesi*



Görsel 2.28: *İndüksiyon döngü sistemi sembolü*

İşitme cihazı, çeşitli nedenlerle oluşan işitme kayıplarında kullanıcının daha iyi duymasını ve konuşmaları anlamasını sağlayan tıbbi bir cihazdır. Mikrofon yardımıyla çevreden gelen sesleri toplar, yükseltir ve yükseltilmiş sesi kullanıcının kulağına iletir. Kalabalık ve gürültülü ortamlarda seslerin net bir şekilde duyulmasını sağlamak için bu cihazların bazılarında indüksiyon döngü sisteminden yararlanılır. İndüksiyon döngü sistemi, bir mikrofon aracılığıyla veya doğrudan ses kaynağından konuşmacının söylediklerini ses sinyali olarak alır. Bu sinyal, sistemdeki bir amplifikatör tarafından güçlendirilir. Güçlendirilen ses sinyali, genellikle odanın veya belirli bir alanın çevresine döşenen ve bakır bir kablodan oluşan indüksiyon döngüsüne gönderilir. Elektrik akımı, indüksiyon döngüsünden geçer ve döngünün etrafında ses sinyalinin kopyasını taşıyan bir manyetik alan oluşturur. Oluşan manyetik alan, salonda yayılırken işitme cihazında bulunan "T-bobini" [telecoil bobin (telekoyil bobin)] sayesinde algılanır. T-bobini, manyetik alandaki değişikliklere duyarlıdır. Bu manyetik değişiklikler, bobin tarafından algılandıktan sonra tekrar elektrik sinyallerine dönüştürülür. İşitme cihazı, bu elektrik sinyallerini işler ve kullanıcının işitme kaybı seviyesine göre net bir ses olarak kulağa iletir (Görsel 2.27).

Görsel 2.28'deki sembol, işitme cihazı veya koklear implant (ileri derecede işitme kaybı olan kişilerin kullandığı işitme cihazı) kullanıcılarına bulundukları alanda daha net ses almalarını sağlayan indüksiyon döngü sisteminin kurulu olduğunu bildirir.

11. Etkinlik İndüksiyon Gerilimi

Amaç	İndüksiyon geriliminin matematiksel modeline ilişkin tümevarımsal akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Hidroelektrik santraller (HES), suyun akış gücünden yararlanarak elektrik üreten yenilenebilir enerji tesisleridir. Bu tesisler, genellikle akarsuların üzerine kurulur. Yüksekten bırakılan su, büyük türbinleri döndürür ve bu türbinlere bağlı jeneratörler, suyun mekanik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Türkiye'de 2025 yılı Mayıs ayı itibarıyla 771 adet hidroelektrik santrali, elektrik enerjisinin %27,1'ini üretmiştir. Aşağıda ülkemizin önemli hidroelektrik santrallerinden olan Atatürk Barajı ve Keban Barajı'nın görselleri verilmiştir.



Atatürk Barajı



Keban Barajı

a) Barajlarda elektrik enerjisine dönüştürülecek olan enerji nasıl depolanır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

b) Barajlarda elektrik enerjisine dönüştürülecek olan enerji hangi enerji türü olarak depolanır?

.....

.....

.....

.....

c) Barajlarda depolanan enerji, suyun türbinlere hareketi sırasında hangi enerji türüne dönüşür?

.....

.....

.....

.....

ç) Barajlardaki türbinlere ulaşan suyun enerjisinin elektrik enerjisine nasıl dönüştürüldüğünü açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

2. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.

3. Mekanik enerjiden elektrik üretebileceğiniz, basit araç gereçle yapılabilen bir düzenek tasarlayınız.

4. Düzeneği tasarlarken ihtiyaç duyacağınız araç gereci, düzeneğin tasarımını ve tasarım sırasında nelere dikkat edeceğinizi arkadaşlarınızla tartışınız. Tartışma sürecinde birbirinizi etkin bir şekilde dinlemeye özen gösteriniz.

5. Düzenekte kullanacağınız araç gereci ve tasarımınızı tablodaki ilgili kısımlara yazınız. Tasarladığınız düzeneğin basit bir görselini çiziniz.

Araç Gereç:	
Düzeneğin Tasarımı	**Düzeneğin Görseli**

6. Tasarladığınız düzenek üzerinden indüksiyon akımı oluşturunuz ve indüksiyon akımını etkileyen etmenleri tespit ediniz.

7. Tespitlerinizi ve bu etmenlerin indüksiyon akımına etkileri ile ilgili yorumlarınızı tablodaki ilgili kısımlara yazınız.

İndüksiyon Akımını Etkileyen Etmenler	**Yorumlar**

8. Elde ettiğiniz sonuçları grubunuzla analiz ediniz.

9. Tasarladığınız düzenekte tespit ettiğiniz etmenlerden yola çıkarak birim zamandaki manyetik akı değişimi ile indüksiyon akımı arasında ilişki kurunuz ve kurduğunuz ilişkiyi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

10. Ohm Yasası'na göre akımın oluşması için gerilimin oluşması gerekir. Bu bilgiden yararlanarak indüksiyon akımı ile indüksiyon gerilimi arasında ilişki kurunuz ve kurduğunuz ilişkiyi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

11. Keşfettiğiniz ilişkiden hareketle indüksiyon geriliminin matematiksel modeline ulaşınız ve ulaştığınız modeli aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

12. Oluşturduğunuz matematiksel modeli genellemek için aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Bir çerçeve yüzeyindeki manyetik akı 3 s içinde 60 Wb artırılırsa çerçevede oluşan indüksiyon gerilimi kaç V olur?

.....

.....

b) Bir çerçeve yüzeyindeki manyetik akı 20 Wb'den 10 Wb'e 5 s içinde azaltılırsa çerçevede oluşan indüksiyon gerilimi kaç V olur?

.....

.....

13. Yandaki karekoddan yararlanarak manyetik alan şiddetini, sarım sayısını, sarım alanlarını ve manyetik akı değişim hızını değiştirerek indüksiyon geriliminin nasıl değiştiğini gözlemleyebileceğiniz "Faraday'ın Elektromanyetik Laboratuvarı" adlı simülasyona ulaşınız ve "Alıcı Bobini" düğmesine tıklayınız.

14. Mıknatısı halkaların merkez doğrultusu boyunca bobin halkalarına yaklaştırıp uzaklaştırarak indüksiyon gerilimi oluşturunuz.

15. Aşağıdaki tabloda verilen farklı durumlarda indüksiyon geriliminin büyüklüğünün nasıl değiştiğini gözlemleyiniz ve gözlemlerinizi tablodaki ilgili alana "arttı", "azaldı", "değişmedi" kelimelerinden birini kullanarak not alınız.

	Mıknatıs Daha Hızlı Yaklaştırıldığında	**Bobin Halkalarının Sarım Sayısı Artırıldığında**	**Bobin Halkalarının Yüzey Alanı Artırıldığında**	**Mıknatıs Bobin Halkalarına Farklı Açılarla Yaklaştırıldığında**
İndüksiyon Geriliminin Büyüklüğü				

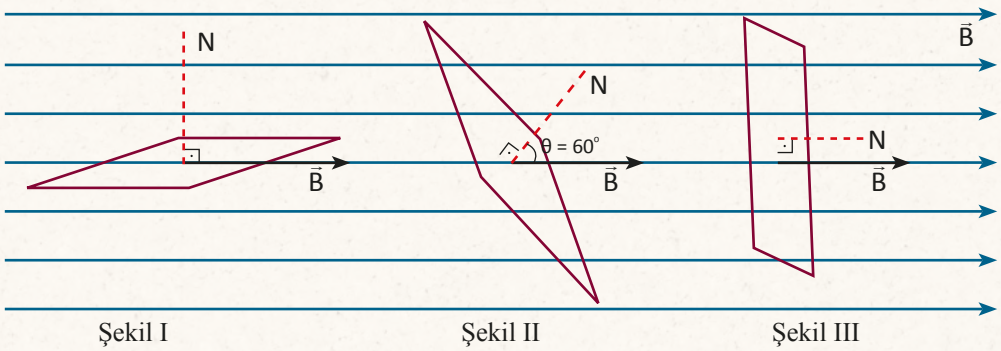
16. Yaptığınız genellemeleri manyetik akı ve indüksiyon akımı ile ilgili dijital içeriklerdeki gözlemleriniz ile karşılaştırarak değerlendiriniz.

.....

.....

Değerlendirme

1. Yüzey alanı 10 m^2 olan dikdörtgen şeklindeki iletken çerçeve, büyüklüğü 0,5 T olan düzgün manyetik alan içine Şekil I'deki gibi yerleştiriliyor. Çerçeve; Şekil I'deki konumdan Şekil II'deki konuma 2 s, Şekil II'deki konumdan Şekil III'teki konuma ise 3 s içinde getiriliyor. Şekil I, Şekil II ve Şekil III'te çerçevenin yüzey normalinin manyetik alan ile yaptığı açılar sırasıyla 90°, 60° ve 0°dir.



Şekil I Şekil II Şekil III

Buna göre çerçevenin

a) Her bir konumda yüzeyindeki manyetik akının kaç Wb olduğunu hesaplayınız.

.....

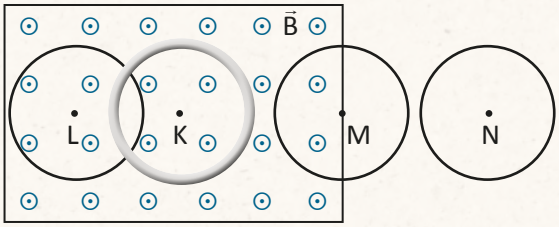
b) Şekil I'deki konumdan Şekil II'deki konuma getirilme sürecinde çerçevede oluşan indüksiyon geriliminin kaç V olduğunu hesaplayınız.

.....

c) Şekil I'deki konumdan Şekil III'teki konuma getirilme sürecinde çerçevede oluşan indüksiyon geriliminin kaç V olduğunu hesaplayınız. ($\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$)

.....

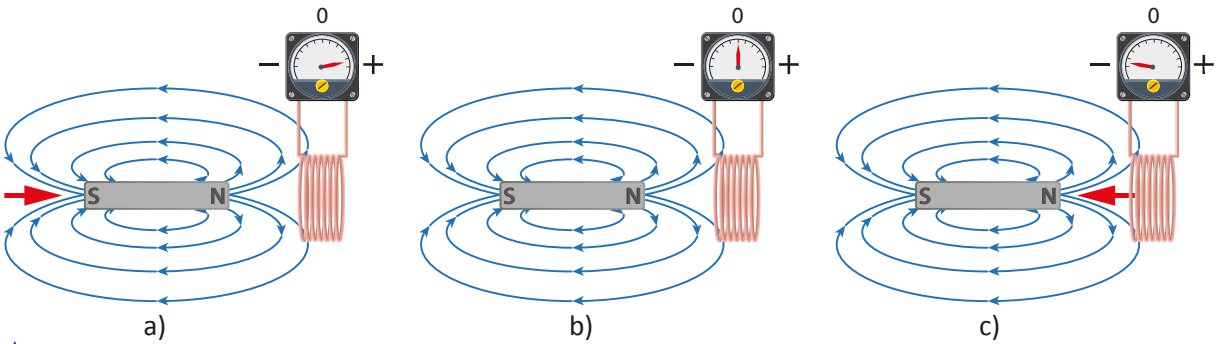
2. Yarıçapı 3 cm ve merkezi K noktasında olan metal bir halka; büyüklüğü 0,02 T, yönü sayfa düzlemine dik ve sayfa düzleminden dışarı olan düzgün manyetik alan içindedir. Merkezi L konumuna getirildiğinde halkanın tamamı manyetik alan içinde, M konumuna getirildiğinde yarısı manyetik alan içinde, N konumuna getirildiğinde ise tamamı manyetik alan dışındadır.



Buna göre verilen farklı durumlar için aşağıdaki tabloda boş bırakılan yerleri doldurunuz. ($\pi = 3$ alınız.)

Durumlar	Manyetik Alanın Büyüklüğü	Halka Yüzeyindeki Manyetik Akı Değişimi (Wb)	Halka Üzerinde Oluşan İndüksiyon Gerilimi (V)
a) Halkanın merkezi K konumundadır.	2 s içinde 4 katına çıkarılıyor.		
b) Halkanın merkezi K'den L'ye 2 s'de getiriliyor.	Sabit		
c) Halkanın merkezi K'den M'ye 4 s'de getiriliyor.	Sabit		
ç) Halkanın merkezi K'den N'ye 6 s'de getiriliyor.	Sabit		

Michael Faraday, bir güç kaynağına bağlı olmasa bile bir halkada elektrik akımı oluşturulabileceğini göstermiştir. Bu olgu, bir ampermetreye bağlı iletken bir bobin ve bir mıknatıs kullanılarak gözlemlenebilir. Mıknatıs Şekil 2.31: a'daki gibi bobine doğru yaklaştırıldığında akım algılayan ampermetrenin ibresi sapar. Mıknatıs Şekil 2.31: b'deki gibi hareketsiz durduğunda akım oluşmaz ve ampermetrenin ibresinde sapma görülmez. Mıknatıs Şekil 2.31: c'deki gibi bobinden uzaklaştırıldığında ampermetrenin ibresi ilk durumun tersi yönde sapar. Oluşan akımın şiddeti, mıknatısın gücü ve hareketinin hızıyla doğru orantılıdır. Daha güçlü bir mıknatıs kullanılırsa veya mıknatıs daha hızlı hareket ettirilirse daha büyük bir akım elde edilir.



Şekil 2.31: a) *Mıknatısın bobine yaklaşması sürecinde ampermetre ibresinin + yönde sapması* ***b)*** *Mıknatısın hareketinin durması nedeniyle ampermetre ibresinde sapma gözlenmemesi* ***c)*** *Mıknatısın bobinden uzaklaşması sürecinde ampermetre ibresinin - yönde sapması*

Manyetik akının değişimi sonucunda iletken bir halka üzerinde oluşan elektrik akımına **indüksiyon akımı,** bu akımı oluşturan gerilime **indüksiyon gerilimi** (indüksiyon elektromotor kuvveti) denir. "ε" sembolü ile gösterilen indüksiyon geriliminin SI'da birimi "volt"tur (V). İndüksiyon geriliminin matematiksel modeli,

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

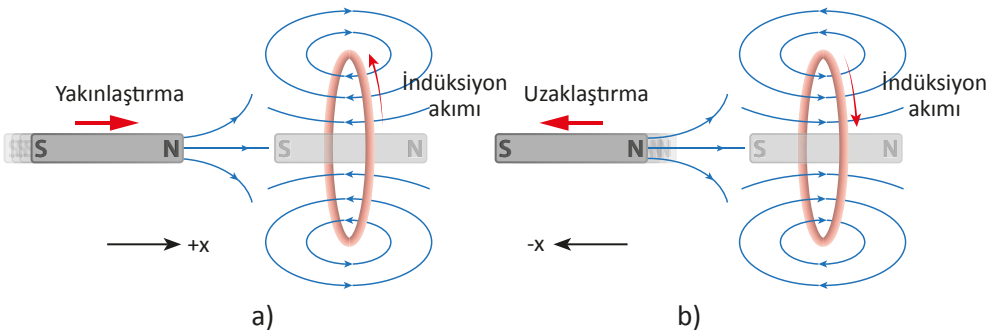
ile ifade edilir ve bu ifade **Faraday Yasası** olarak bilinir.

Burada Φ manyetik akı, t zaman, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ise manyetik akının zamana bağlı değişme hızıdır. Eğer manyetik akı, aynı yüzey alanına sahip N sarımdan oluşan halkaların yüzeyinde değişiyorsa oluşan indüksiyon gerilimi matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

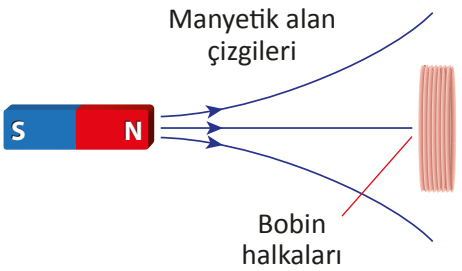
Faraday Yasası'ndaki eksi (-) işareti indüksiyon geriliminin, kendini oluşturan nedene karşı koymak için ortaya çıktığını ifade eder ve halkada oluşan akımın yönü ile ilgili bilgi verir. Eksi işaretinin anlamı fiziksel olarak Lenz Yasası ile açıklanabilir. Bu yasaya göre indüksiyon geriliminin oluşturduğu indüksiyon akımı, manyetik akı değişimine karşı koyacak yönde olur.

Şekil 2.32: a'daki gibi iletken halkaya yaklaştırılan mıknatıs, halka yüzeyindeki manyetik akıyı artırır. İndüksiyon akımı, manyetik akı artışına karşı koymak için manyetik akıyı azaltmak ister. Bu sebeple mıknatısın halka içinde +x yönünde artırdığı manyetik alana ters yönde, -x yönünde manyetik alan oluşturur. Sağ el kuralına göre -x yönünde manyetik alan oluşturması gereken indüksiyon akımının yönü halka üzerinde Şekil 2.32: a'da gösterildiği gibi olur. Mıknatıs Şekil 2.32: b'deki gibi iletken halkadan uzaklaştırılırsa indüksiyon akımı, Şekil 2.32: a'dakinin tersi yönde oluşur. Halkadan uzaklaştırılan mıknatısın halka içinde +x yönünde oluşturduğu manyetik akı azalır. İndüksiyon akımı, manyetik akı azalışına karşı koymak için manyetik akıyı artırmak ister. Bu sebeple halka içinde azalan manyetik alan ile aynı yönde, +x yönünde manyetik alan oluşturur. Sağ el kuralına göre +x yönünde manyetik alan oluşturması gereken indüksiyon akımının yönü halka üzerinde Şekil 2.32: b'de gösterildiği gibi olur.



Şekil 2.32: *a) Halka yüzeyindeki manyetik akının artması sonucu oluşan indüksiyon akımının yönü b) Halka yüzeyindeki manyetik akının azalması sonucu oluşan indüksiyon akımının yönü*

Örnek



Şekildeki mıknatıs, iletken bobin halkalarının yüzey alanına dik olarak ortalama 0,01 T büyüklüğünde manyetik alan oluşturuyor. Mıknatıs, bobine 0,5 s'de yaklaştırıldığında bobinin yüzeyine dik ortalama manyetik alanın büyüklüğü 0,02 T oluyor. Bobinin sarım sayısı 20, halkaların yarıçapı 40 cm'dir.

İletken halkaların direnci 2 Ω olduğuna göre bobin üzerinde oluşan

a) İndüksiyon geriliminin kaç V olacağını hesaplayınız.

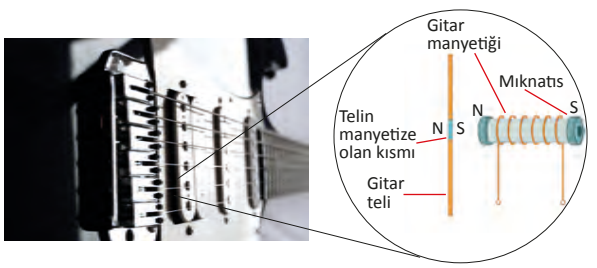
b) İndüksiyon akımının büyüklüğünün kaç A olacağını hesaplayınız. ($\pi = 3$ alınız.)

Cevap

a) İndüksiyon gerilimi $\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ile bulunur. İlk durumda halka yüzeyindeki manyetik akı $\Phi_{ilk} = B \cdot A = B \cdot (\pi r^2) = 0{,}01 \cdot [3 \cdot (0{,}4)^2] = 0{,}0048$ Wb, son durumda halka yüzeyindeki manyetik akı $\Phi_{son} = B \cdot A = B \cdot (\pi r^2) = 0{,}02 \cdot [3 \cdot (0{,}4)^2] = 0{,}0096$ Wb olarak elde edilir. Manyetik akı değişimi, $\Delta\Phi = \Phi_{son} - \Phi_{ilk} = 0{,}0096 - 0{,}0048 = 0{,}0048$ Wb olarak bulunur. $\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ifadesinde N yerine 20, Δt yerine 0,5 yazılırsa indüksiyon gerilimi $\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -20 \cdot \frac{0{,}0048}{0{,}5} = -0{,}192$ V olarak bulunur.

b) İndüksiyon geriliminin oluşturduğu indüksiyon akımının büyüklüğü Ohm Yasası ile bulunur. $\varepsilon = i \cdot R$ ifadesinden indüksiyon akımının büyüklüğü $i = 0{,}192/2 = 0{,}096$ A olarak elde edilir.

36. Alıştırma



Elektrogitarda ses, gitar tellerinin hemen altına şekildeki gibi yerleştirilen manyetikler aracılığıyla üretilir. Gitar manyetikleri, kalıcı bir mıknatısın etrafına şekildeki gibi sarılan iletken tel halkalardan (bobin) oluşur. Gitar telinin gitar manyetiklerine yakın olan kısmı, bu güçlü mıknatısın etkisiyle geçici olarak manyetize olur.

Buna göre elektrogitarda ses elde edilmesiyle ilgili

I. Gitar telinin mıknatıs özelliği kazanan kısmı, bobin halkalarının yüzeyinde manyetik akı oluşturur.

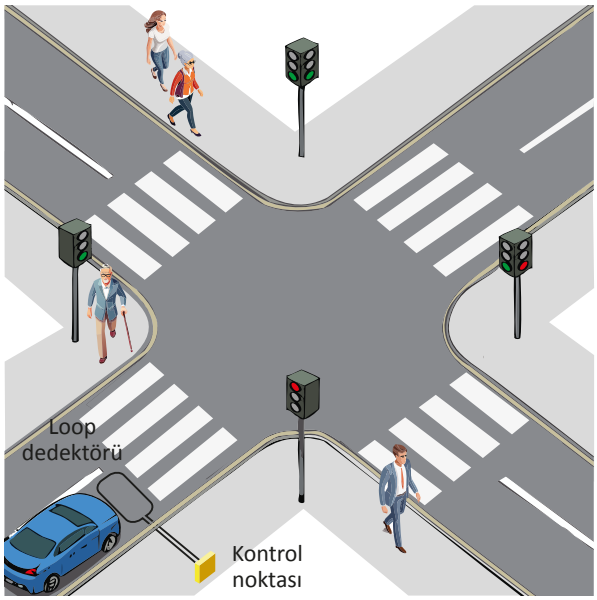
II. Gitar teli sabitken bobinin yüzeyinde oluşan manyetik akı, indüksiyon gerilimi oluşturur.

III. Gitar telinin hareketiyle bobin halkalarının yüzeyindeki manyetik akı değişir.

IV. Gitar telinin hareketiyle indüksiyon gerilimi oluşur.

yargılarından hangilerinin doğru olduğunu açıklayınız.

37. Alıştırma



Akıllı kavşak sistemlerinde loop (lup) dedektörlerinden yararlanılmaktadır. Loop dedektörleri, genellikle trafik ışıklarının bulunduğu kavşaklarda asfaltın altına halka şeklinde döşenmiş iletken tellerden oluşur. Loop dedektörünün üzerine gelen bir araç, dedektör yüzeyindeki manyetik akının değişmesine sebep olur. Manyetik akı değişimini algılayan dedektör, bir aracın trafik ışıklarına geldiğini kontrol noktasına sinyalle bildirir. Kontrol noktasındaki elektrik devresi, kavşaktaki trafik durumunu kontrol ettikten sonra kırmızı ışığın yeşil ışığa dönmesini sağlar. Bu sistem; araba, kamyon gibi büyük metal araçları kolaylıkla algılarken motosiklet gibi araçları algılamakta genellikle zorlanır. Birden fazla halkanın yan yana kullanıldığı sistemlerde kırmızı ışık ihlali tespit edilebilir ve bu durum kameralar yardımıyla kolaylıkla kayda alınabilir.

Buna göre

a) Loop dedektörünün manyetik akı değişimini nasıl algıladığını açıklayınız.

b) Motosiklet gibi araçların dedektör tarafından algılanabilmesi için neler yapılabileceğini açıklayınız.

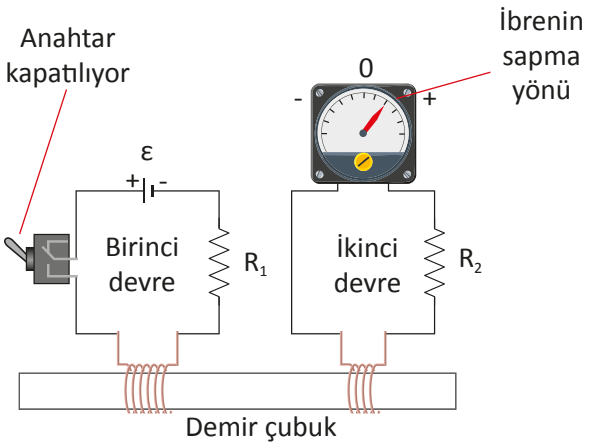
c) Bir araba dedektörün üzerinden geçerken dedektör halkasının yüzeyine dik ve aşağı yönlü manyetik alanın bileşeni artıyor.

Halkaya üstten bakıldığında halka üzerinde oluşan indüksiyon akımının yönünü "saat yönünde", "saat yönünün tersi yönde" ifadelerinden birini kullanarak gerekçeleriyle belirtiniz.

ç) Bir araba, dedektörün üzerinden geçerken loop dedektörünün yüzeyine dik manyetik alanın bileşeni 10^{-5} T'dan $2 \cdot 10^{-5}$ T'ya 0,3 s içinde artıyor. Loop dedektörü, her birinin yarıçapı 0,5 m olan 3 çembersel halkadan oluşuyor.

Dedektörde oluşan indüksiyon gerilimi kaç V olur? ($\pi = 3$ alınız.)

38. Alıştırma



Faraday'in indüksiyon akımı ile ilgili deneylerde kullandığı düzeneğin basitleştirilmiş bir versiyonu şekilde gösterilmiştir. Birinci devrede üretece bağlı R_1 direnci, anahtar ve bobin yer almaktadır. İkinci devrede ise üretece bağlı olmayan bir bobin, R_2 direnci ve ampermetre yer almaktadır. İki bobin de aynı demir çubuk etrafına sarılmıştır. Anahtar kapatıldığında kısa süreliğine de olsa ikinci devredeki ampermetre ibresinin sağ tarafa doğru sapıp eski konumuna döndüğü gözlemleniyor. İki devre arasında doğrudan fiziksel temas olmamasına rağmen akım oluştuğu için bu akıma indüksiyon akımı adı verilmiştir.

Buna göre

a) İkinci devrede indüksiyon akımının oluşma sebebini açıklayınız.

b) Anahtar kapatıldığında ibrenin kısa bir süre sapıp sonra eski konumuna dönmesinin sebebini açıklayınız.

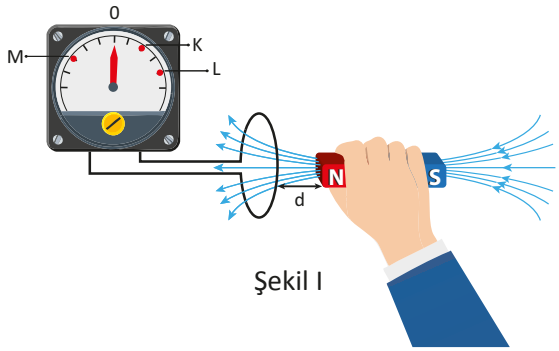
c) Anahtar yeniden açıldığında ampermetre ibresinde nasıl bir değişiklik gözlemlenir? Açıklayınız.

ç) R_1 direncinin artırılmasının ibrenin sapma miktarını nasıl etkileyeceğini açıklayınız.

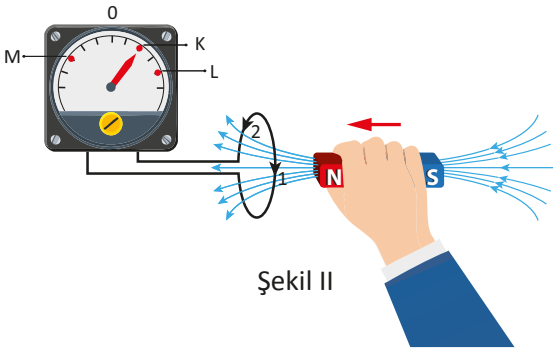
d) R_2 direncinin artırılmasının indüksiyon gerilimini ve indüksiyon akımının büyüklüğünü nasıl etkileyeceğini açıklayınız.

39. Alıştırma

Fizik dersinde yapılan bir deneyde iletken bir halkanın önünde Şekil I'deki gibi tutulan bir mıknatısın, galvanometre ibresinde bir sapma meydana getirmediği görülüyor. Mıknatıs Şekil II'deki gibi halkaya t süre içinde d kadar yaklaştırıldığında galvanometre ibresinin K noktasına kadar saptığı gözlemleniyor.



Şekil I



Şekil II

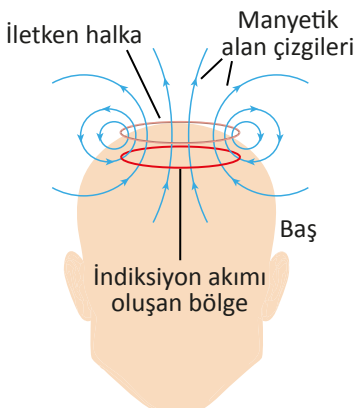
Buna göre

a) Şekil II'deki durumda halka üzerinde oluşan indüksiyon akımının 1 ve 2 ile numaralandırılmış yönlerden hangisi yönünde oluşacağını açıklayınız.

b) Galvanometre ibresinin L noktasına sapması için neler yapılabilir?

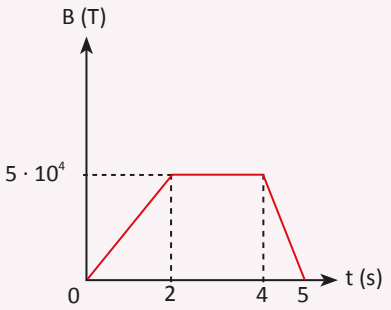
c) Galvanometre ibresinin M noktasına sapması için neler yapılabilir?

40. Alıştırma



Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS), herhangi bir cerrahi müdahaleye gerek kalmadan beyin fonksiyonlarını incelemek ve çeşitli nörolojik ya da psikiyatrik durumları tedavi etmek için kullanılan tıbbi bir yöntemdir. Bu yöntemde üzerinden akım geçen iletken bir halka, şekildeki gibi kişinin beynine yakın bir yerde tutulur. Halka üzerinden geçen akım hızlı bir şekilde değiştirilerek manyetik alanın değişmesi sağlanır. Beyin bölgesinin sınırlandırılmış bir alanında manyetik akı değişimine sebep olan bu durum sonucunda indüksiyon akımı elde edilir. Bu akımın parmak seğirmelerine ve manyetofosfen denen farklı desen ve renklerde ani parlak görüntülere sebep olabildiği bilinmektedir. Beyin bölgesinde 10^{-2} m^2lik yüzey alanından geçen yüzeye dik ortalama manyetik alanın zamana bağlı değişim grafiği (B-t) tabloda verilmiştir.

Buna göre tabloda ilgili kısımlara beynin bu bölgesindeki manyetik akının zamana bağlı değişim grafiğini (Φ-t) ve bu akı değişiminin olduğu yüzey alanını çevreleyen halka üzerinde oluşan indüksiyon geriliminin zamana bağlı değişim grafiğini (ε-t) çiziniz.

B-t Grafiği	Φ-t Grafiği	ε-t Grafiği
		

41. Alıştırma



Görselde bir kablosuz şarj ünitesi üzerine yerleştirilmiş akıllı telefon görülmektedir. Şarj ünitesinde bulunan bobin değişken manyetik alan üretir. Bu değişken manyetik alana maruz kalan telefon içindeki bobin üzerinde indüksiyon gerilimi oluşur. İndüksiyon gerilimi sonucu oluşan indüksiyon akımı doğrultularak telefon bataryası direkt temasa ihtiyaç duyulmadan şarj edilir. Görselde verilen telefon içindeki bobinin özdeş 10 tane halkası vardır. Şarj sırasında bobin halkalarından birinin yüzeyindeki ortalama manyetik akı başlangıçta $1{,}3 \cdot 10^{-5}$ Wb, son durumda ise $0{,}3 \cdot 10^{-5}$ Wb olmaktadır. Bu değişim sonucunda bobinde ortalama 2 V indüksiyon gerilimi oluşmaktadır.

Buna göre

a) Manyetik akı değişiminin gerçekleşme süresini hesaplayınız.

b) Telefon ile şarj ünitesi arasındaki mesafenin artması indüksiyon gerilimini ve enerji aktarımını nasıl etkiler? Açıklayınız.

c) Telefon içindeki bobin sarım sayısının artırılması indüksiyon gerilimini ve şarj hızını nasıl etkiler? Açıklayınız.

2.3.3. Alternatif Akım

Thomas Edison [Tamıs Edisın (Görsel 2.29)] ve Nikola Tesla [Nikola Tesla (Görsel 2.30)], elektrik çağının iki büyük öncüsüdür ancak yaklaşımları birbirinden tamamen farklıdır. Edison, "Dehanın %1'i ilham, %99'u terdir." sözüyle ünlüdür ve binlerce deneme yaparak sonuca ulaşır. Ampul, fonograf, sinema kamerası gibi günlük hayatı değiştiren araçların gelişiminde rol oynamış ve bunları ticari başarıya dönüştürmüştür. İş dünyasının gerçeklerini iyi bilen Edison, icatlarını pazarlama ve şirketleştirme konusunda başarılıdır. Tesla ise icatlarını zihninde tamamlamış, detaylarına kadar görselleştirmiştir. Değişken akım olarak da bilinen alternatif akım [alternating current (altırneyting körınt) AC] sistemini geliştirerek modern elektrik şebekelerinin temelini atmıştır. Kablosuz iletişim, radar, uzaktan kumanda gibi çağının çok ötesindeki teknolojileri öngörmüştür. Bununla birlikte ticari konularda Edison kadar başarılı olamamıştır.



Görsel 2.29: *Thomas Edison*

İkili arasındaki "akım savaşları" elektrik tarihinin öne çıkan rekabetlerinden biridir. Edison, doğru akımın [direct current (dayrekt körınt) DC] güvenli olduğunu savunurken Tesla alternatif akımın üstünlüğünü kanıtlamaya çalışmıştır. Günümüzde enerji santrallerinin çoğunun alternatif akım üretmesinden, ev ve iş yeri prizlerinde bu akım türünün güç kaynağı olarak kullanmasından dolayı Tesla, bu savaşın şu ana kadarki galibi gibi görünmektedir. Gelecekte pil, akü, batarya, güneş pili gibi doğru akım kaynaklarının ve bu kaynaklar ile çalışan bilgisayar benzeri elektronik cihazların artmasıyla bu durum değişebilir.

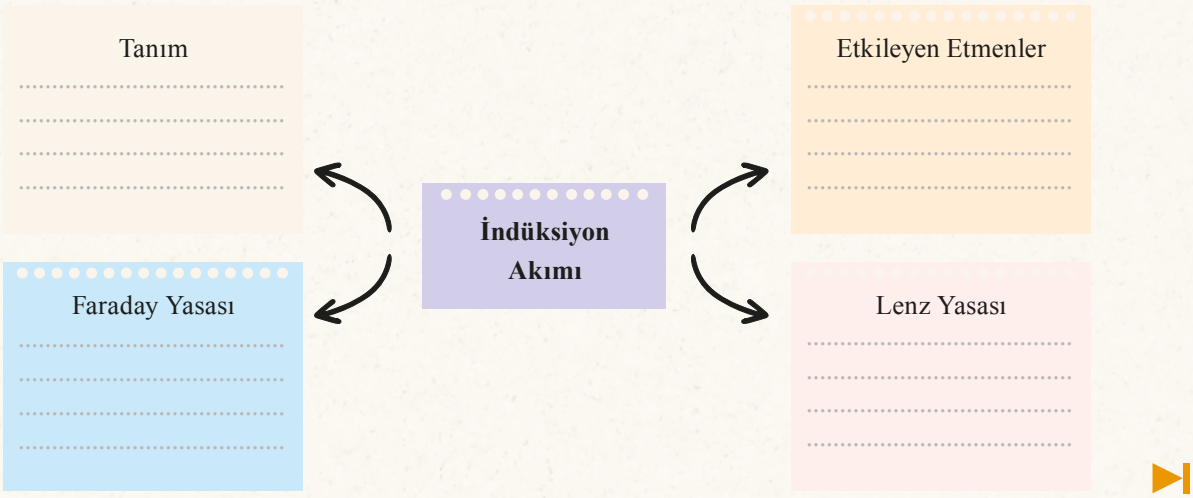


Görsel 2.30: *Nikola Tesla*

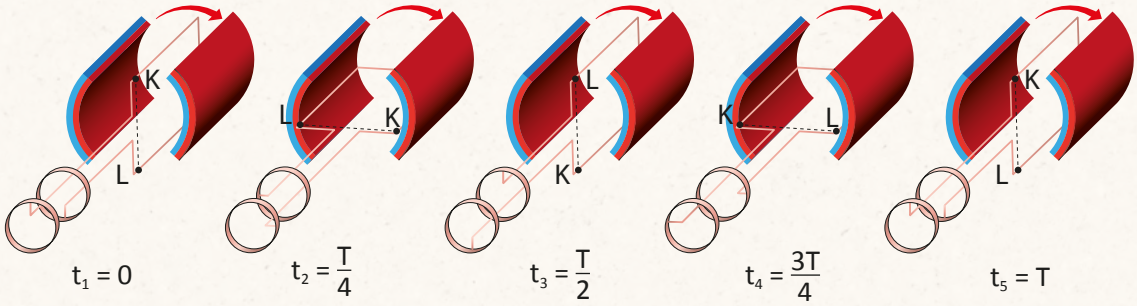
12. Etkinlik Alternatif Akım

Amaç	İndüklenme sonucu oluşan alternatif akım hakkında bilimsel çıkarım yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, LED lamba
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında yer alan "Çalışma Yaprağı"ndaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda indüksiyon akımıyla ilgili bir diyagram verilmiştir. Diyagramdaki boşlukları doldurunuz.



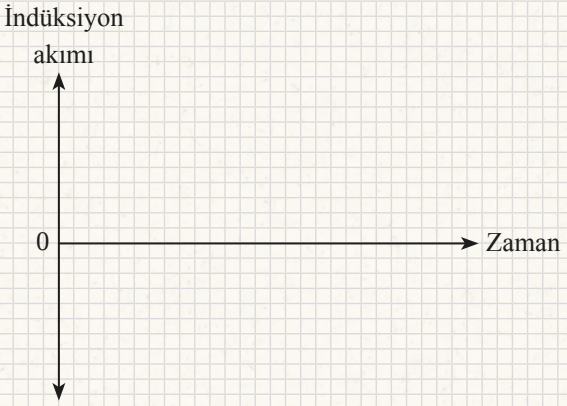
2. Manyetik alanda bulunan bir tel çerçeve bir tam tur döndürülüyor. Tel çerçevenin başlangıç anındaki ($t_1 = 0$) konumundan itibaren bir periyotluk süre (T) içindeki farklı konumları şekilde verilmiştir. Tel çerçeve bir tam turunu tamamlarken çerçevenin üzerinden geçen akımın büyüklüğü ve yönünün değişimi ile ilgili tahminlerinizi tabloda ilgili kısımlara yazınız. Tahminlerinizi yaparken Faraday ve Lenz Yasalarından faydalanınız.



Akımın Büyüklüğü	Akımın Yönü

3. Yandaki karekoddan yararlanarak simülasyona ulaşınız.

4. Simülasyonda tel çerçeveyi döndürerek çerçeve üzerinde oluşan akımın büyüklüğü ve yönünün değişimini gözlemleyiniz. Gözlemlerinizden sonra indüksiyon akımının zamana bağlı değişim grafiğini verilen alana çiziniz.



5. Simülasyonda tel çerçevenin dönüş hızını (açısal hız) değiştirerek indüksiyon akımının büyüklüğünü gözlemleyiniz.

6. Çizdiğiniz grafikte görüldüğü gibi zamanla değişen bu akım alternatif akım olarak adlandırılır. Alternatif akımı etkileyen etmenleri belirlemek için manyetik alanda döndürülen tel çerçeve ile ilgili aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

a) Çerçevenin açısal hızının alternatif akımı nasıl etkilediğini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Çerçevenin yüzey alanının alternatif akımı nasıl etkileyebileceği ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

c) Manyetik alanın büyüklüğünün alternatif akımı nasıl etkileyebileceği ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

ç) Çerçevenin sarım sayısının alternatif akımı nasıl etkileyebileceği ile ilgili tahminlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

7. İndüksiyon akımı oluşturulabilecek bir deney düzeneği tasarlayınız.

8. Deneyde ihtiyaç duyacağınız araç gereci, deney düzeneğinin tasarımını ve deney sırasında nelere dikkat edeceğinizi tartışarak deney kurgusu yapınız. Tartışma sürecinde birbirinizi etkin bir şekilde dinlemeye özen gösteriniz.

9. Kurguladığınız deneyi uygulanabilir bir tasarım hâline getiriniz. Deneyde kullanacağınız araç gereci ve tasarımınızı tablodaki ilgili kısımlara yazınız. Tasarladığınız deney düzeneğinin basit bir görselini çiziniz.

Araç Gereç:	
Düzeneğin Tasarımı	**Düzeneğin Görseli**

10. Tasarladığınız deneyi ekip çalışmasıyla gerçekleştiriniz.

11. Deney sırasında LED lambanın parlaklığını gözlemleyiniz ve indüklenme sonucu oluşan alternatif akımı etkileyen etmenler arasındaki ilişki ile ilgili verileri tabloya kaydediniz. Kaydettiğiniz verilere dayanarak indüklenme sonucu oluşan alternatif akım ile ilgili yorumlarınızı yazınız.

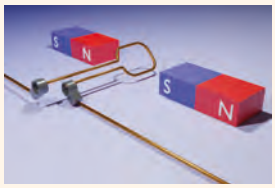
Veriler	**Yorumlar**

Değerlendirme

Aşağıda indüksiyon akımı ile alternatif akım arasındaki ilişkiye yönelik grafik ve açık uçlu maddelerden oluşan bir "Çalışma Yaprağı" verilmiştir. Bu "Çalışma Yaprağı"ndaki soruları etkinlik sırasında yapmış olduğunuz çıkarımlardan yararlanarak cevaplayınız.

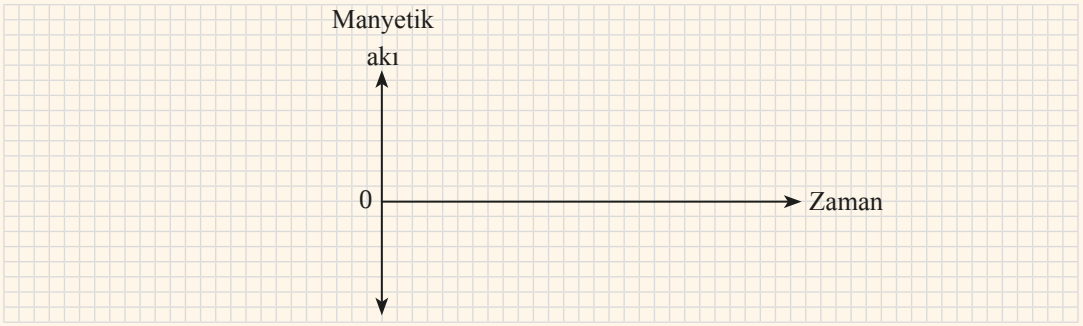
Çalışma Yaprağı

1. Düzgün manyetik alan içinde bulunan şekildeki iletken tel çerçevenin düzgün çembersel hareket yapması sağlanıyor.

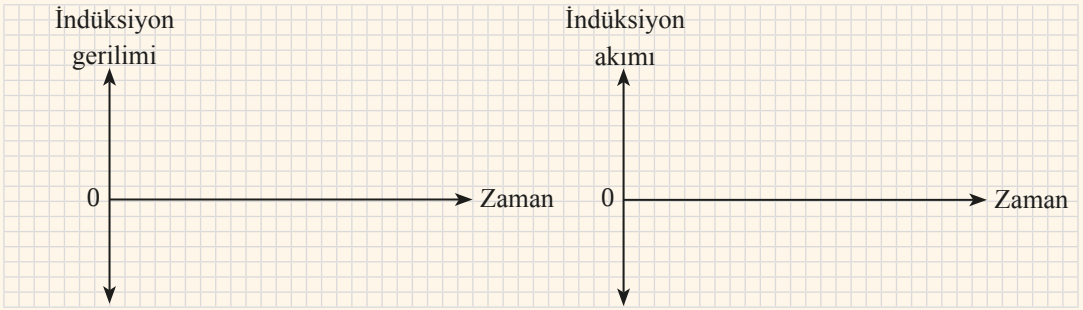


Buna göre bir periyotluk süre için

a) Manyetik akının matematiksel modelinden ($\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$) yararlanarak çerçevenin yüzeyindeki manyetik akının zamana bağlı değişim grafiğini (Φ-t) çiziniz.



b) Çizdiğiniz Φ-t grafiğinden yararlanarak manyetik akı değişimi sonucu oluşan indüksiyon geriliminin zamana bağlı değişim grafiğini ve indüksiyon akımının zamana bağlı değişim grafiğini çiziniz.



c) Alternatif akımı indüksiyon akımı ile ilişkilendirerek alternatif akımın tanımını yapınız.

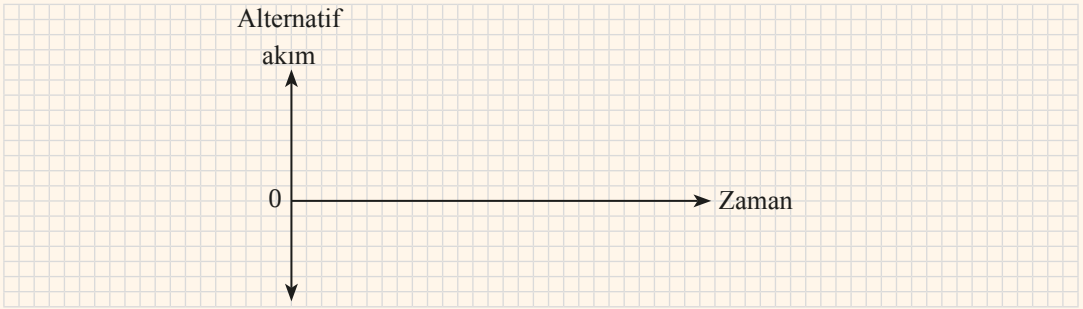
.....

.....

2. Büyüklüğü B olan düzgün manyetik alan içinde sabit bir açısal hızla çembersel hareket yapan N sarımlı, A yüzey alanına sahip dikdörtgen tel çerçevede oluşan alternatif akımın en büyük değeri 1 A ve çerçevenin periyodu 1/50 s'dir.

Buna göre bir periyotluk süre için

a) Alternatif akımın zamana bağlı grafiğini çiziniz.



b) Manyetik alanın büyüklüğü, sarım sayısı, çerçevenin yüzey alanı ve açısal hız niceliklerinin çerçevenin yüzeyinde oluşan manyetik akının değişim hızını nasıl etkilediğini açıklayınız.

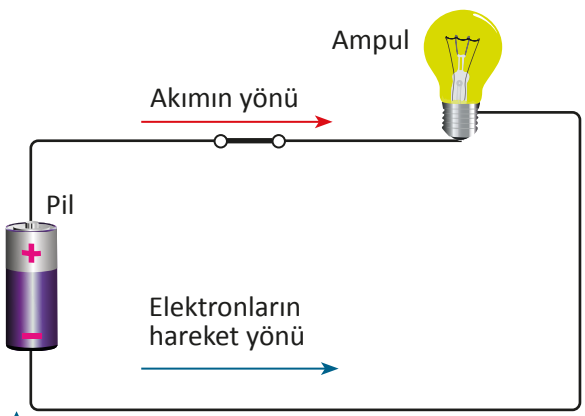
.....

.....

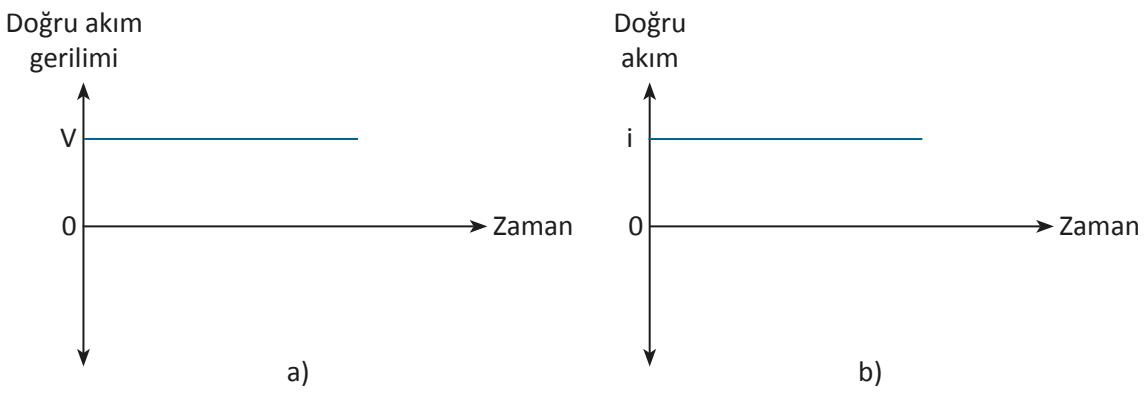
c) Aşağıda verilen manyetik alanın büyüklüğü, sarım sayısı, yüzey alanı, açısal hız niceliklerinin her biri tek başına tabloda belirtilen şekilde değiştiriliyor. Her bir değişim sonucu oluşan alternatif akımın en büyük değerini ve çerçevenin periyodunu tabloda ilgili alana yazınız.

	Manyetik Alanın Büyüklüğü İki Katına Çıkarılırsa	**Sarım Sayısı Üç Katına Çıkarılırsa**	**Çerçevenin Yüzey Alanı Yarıya İndirilirse**	**Çerçevenin Açısal Hızı 4 Katına Çıkarılırsa**
Akımın En Büyük Değeri				
Çerçevenin Periyodu				

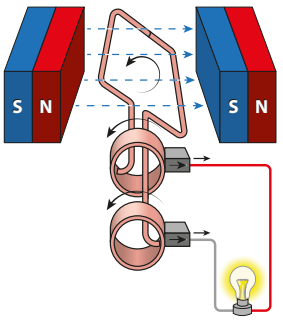
İletken tel, bir pile bağlanıp basit bir elektrik devresi oluşturulursa telin üzerinden elektrik akımı geçer (Şekil 2.33). Elektrik akımı, tel içindeki serbest elektronların hareketi sonucu oluşur. Serbest elektronlar, pilin uçları arasında oluşan potansiyel farktan dolayı elektriksel kuvvete maruz kalarak tel üzerinde pilin negatif ucundan pozitif ucuna doğru hareket eder. Akımın yönünün elektronların hareketinin tersi yönde, tel üzerinde pilin pozitif ucundan negatif ucuna doğru olduğu kabul edilir. Elektrik akımının yönü, potansiyel farkı oluşturan pilin uçları aynı yerde kaldığı sürece değişmez. Yönü değişmeyen elektrik akımı **doğru akım** olarak tanımlanır. Pilin potansiyel farkının sabit kaldığı kabul edilirse elektrik akımının büyüklüğü değişmez. Bu durumdaki doğru akım devresinde oluşan potansiyel farkın ve akımın zamana bağlı değişim grafikleri sırasıyla Şekil 2.34: a ve Şekil 2.34: b'de gösterilmiştir.



Şekil 2.33: *Doğru akımın oluştuğu basit elektrik devresi*



Şekil 2.34: *a) Doğru akım geriliminin zamana bağlı değişim grafiği b) Doğru akımın zamana bağlı değişim grafiği*

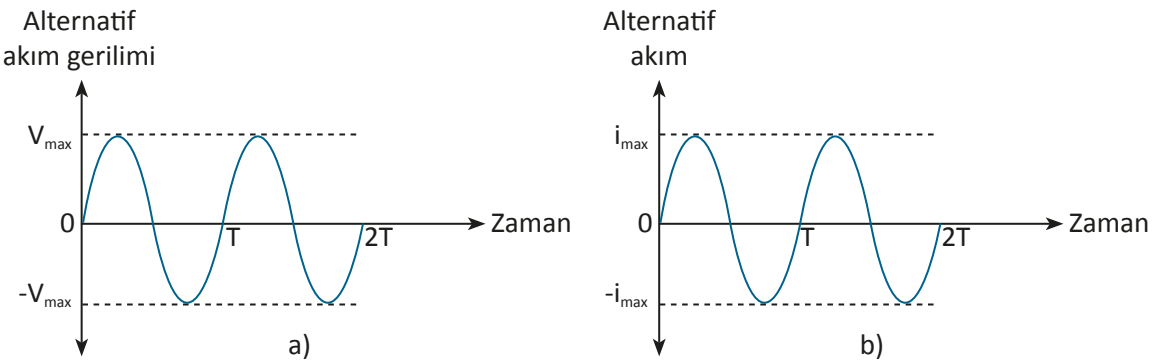


Şekil 2.35: *AC jeneratörü modeli*

Doğru akım devresinde pilin uçları arasındaki potansiyel fark, pil içindeki kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesi sonucu oluşur. Alternatif akımda ise manyetik alan içinde tel çerçevenin döndürülmesiyle mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülür ve bu şekilde potansiyel fark oluşur. Manyetik akı değişimi ile ortaya çıkan indüksiyon gerilimi, çerçeve üzerinde indüksiyon akımı oluşturur. Yönü ve büyüklüğü periyodik olarak değişen bu akıma **alternatif akım** adı verilir. Manyetik akı değişim hızı artarsa alternatif akımın büyüklüğü artar. Bu sebeple alternatif akımın büyüklüğü; manyetik alanın büyüklüğü, çerçeve sarım sayısı, yüzey alanı ve çerçevenin dönme frekansı ile doğru orantılıdır.

AC Kaynağı
AC kaynakların ürettiği akım dalgalı bir şekilde değiştiğinden elektrik devrelerinde "~" sembolü ile gösterilir.

Alternatif akımı oluşturan sistemler, alternatif akım jeneratörleri (Şekil 2.35) olarak tanımlanır. Hidroelektrik, rüzgâr, termik, nükleer enerji santralleri gibi santrallerde AC jeneratörleri ile elektrik üretilir. Bu jeneratörlerin ürettiği elektrik enerjisi, evlerde bulunan duvar prizlerine taşınır ve prizler alternatif akım kaynağı olarak davranır. Uzun mesafelere iletimi sırasında oluşabilecek kaybı azaltmak için enerji, doğru akım yerine alternatif akım olarak üretilir. Alternatif akımda gerilim bazı yöntemlerle yükseltilir ve akım düşürülür. Düşük akım ve yüksek gerilimde taşındığında enerjinin ısıya dönüşen miktarı azalır. Alternatif akımın ve bu akımı oluşturan gerilimin zamana bağlı değişim grafikleri Şekil 2.36: a ve Şekil 2.36: b'deki gibidir. Grafiklerdeki V_{max} ve i_{max} değerleri sırasıyla değişken gerilim ve akımın maksimum değerlerini, T ise çerçeve periyodunu ifade etmektedir.



Şekil 2.36: *a) Alternatif akım geriliminin zamana bağlı değişim grafiği b) Alternatif akımın zamana bağlı değişim grafiği*

Etkin Gerilim ve Etkin Akım
Matematiksel olarak

$$i_{etkin} = \frac{i_{max}}{\sqrt{2}}$$

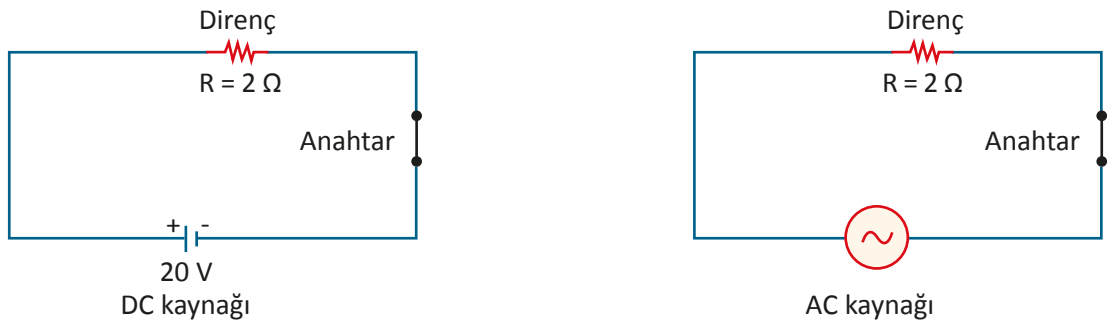
$$V_{etkin} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

şeklinde ifade edilir.

Alternatif akımda gerilim ve akımın değeri sürekli değiştiği için bu niceliklerin bazı değerleri özel olarak adlandırılmıştır. Alternatif akım devresinde gerilimin en büyük değerine **maksimum gerilim**, akımın en büyük değerine **maksimum akım** denir. Alternatif akım devresinde özel olarak adlandırılan diğer bir nicelik gerilimin ve akımın etkin değeridir. Alternatif akım devresindeki bir dirençte belirli bir zaman aralığında ortaya çıkan ısı miktarı, aynı direnç üzerinde ve aynı zaman aralığında doğru akımla da elde edilebilir. Bu enerjiyi ortaya çıkaran doğru akım ve doğru akım geriliminin değerleri, alternatif akım devresinde **etkin akım** ve **etkin gerilim** olarak tanımlanır. Etkin değerler, maksimum değerlerden daha küçüktür ve ortalama değerler olarak düşünülebilir. Alternatif akım devresinde ampermetre etkin akım, voltmetre ise etkin gerilim değerini gösterir. Türkiye'de elektrik şebekelerinde kullanılan gerilimin etkin değeri yaklaşık 220 V ve frekans değeri 50 Hz'dir. Farklı ülkelerde farklı değerler kullanılabilir. Ülkeler arası elektrik enerjisi alışverişinin mümkün olması için iki ülkede kullanılan elektriğin aynı frekansa sahip olması gerekir.

Örnek

Orhan Öğretmen, tahtaya "Doğru akım kaynakları elektrik devrelerinde +|| - sembolü ile, alternatif akım kaynakları ise ~ sembolü ile gösterilir." cümlesini yazıyor. Daha sonra bu sembolleri kullanarak tahtaya şekildeki gibi iki ayrı devre düzeneği çiziyor. Doğru akım düzeneğinde gerilimin sabit ve 20 V, her iki düzenekteki direncin ise 2 Ω olduğunu belirtiyor. Düzeneklerde anahtar kapatıldıktan sonra direnç üzerinden elektrik akımının geçtiğini ve iki devrede de direnç üzerinde aynı sürede aynı miktarda ısı ortaya çıktığını söylüyor.



Buna göre

a) Alternatif akım devresinde gerilimin maksimum değerini bulunuz.

b) Alternatif akım devresinde oluşan akımın etkin ve maksimum değerlerini bulunuz.

c) Alternatif akım devresinin frekansı 60 Hz olduğuna göre akım-zaman grafiğini çiziniz.

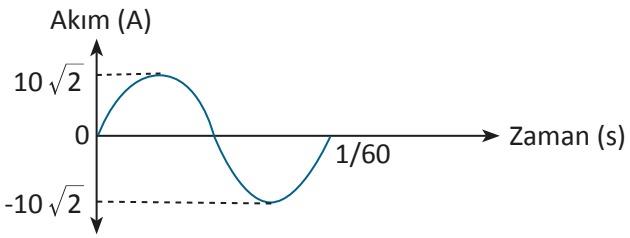
ç) Alternatif akım devresinin frekansı 60 Hz yerine 120 Hz yapılırsa c maddesinde çizdiğiniz akım-zaman grafiğindeki değerlerin bu durumdan nasıl etkileneceğini açıklayınız.

Cevap

a) İki devrede de dirençlerin aynı sürede, aynı miktarda ısı ortaya çıkardığı belirtildiğine göre doğru akım devresinde verilen 20 V gerilim değeri, alternatif akım devresindeki etkin gerilim değerine karşılık gelir. Bu durumda gerilimin maksimum değeri $V_{max} = V_{etkin} \cdot \sqrt{2} = 20\sqrt{2}$ V olarak bulunur.

b) Doğru akım devresindeki akımın değerini bulmak için $V = i \cdot R$ ifadesi kullanılırsa $20 = i \cdot 2$ olur. Buradan doğru akım devresinde akım değeri i = 10 A olarak bulunur. İki devrede dirençlerin aynı sürede aynı miktarda ısı ortaya çıkardığı belirtildiğine göre doğru akım devresinde bulunan akım değeri, alternatif akım devresindeki etkin akım değerine karşılık gelir. Etkin akım değeri $i_{etkin} = 10$ A olarak bulunduktan sonra maksimum akım değeri $i_{max} = i_{etkin} \cdot \sqrt{2}$ ifadesinden $i_{max} = 10\sqrt{2}$ A olarak elde edilir.

c) Alternatif akım devresinin frekansı 60 Hz ise devrenin periyodu 1/60 s olur. Bu durumda bir periyotluk süre için akım-zaman grafiği şu şekilde çizilir:



ç) Alternatif akım devresinin frekansı 60 Hz yerine 120 Hz yapılırsa periyodu 1/120 s olur. Bunun yanında frekans ile akım değeri doğru orantılı olduğundan grafikte çizilen $10\sqrt{2}$ A değerindeki maksimum akım değeri $20\sqrt{2}$ A olarak değişir.

42. Alıştırma

Bazı ülkelerin şehir şebekelerinde kullanılan elektriğin yaklaşık etkin gerilim değerleri ile frekans değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tablo incelendiğinde Avrupa'daki ülkelerde yaklaşık olarak 50 Hz frekans ve 220 V gerilim, Amerika'da ise yaklaşık olarak 60 Hz frekans ve 120 V gerilimin tercih edildiği görülmektedir.

Ülke	Gerilim (V)	Frekans (Hz)
ABD	120	60
Almanya	230-400	50
Arjantin	220	50
Avustralya	240	50
Çin	220	50
Ekvador	110-220	60
Filipinler	110	60
Fransa	230	50
Hindistan	220-250	50
İtalya	220	50
Japonya	100	50-60
Kanada	115	60
Türkiye	220	50
Yunanistan	220	50

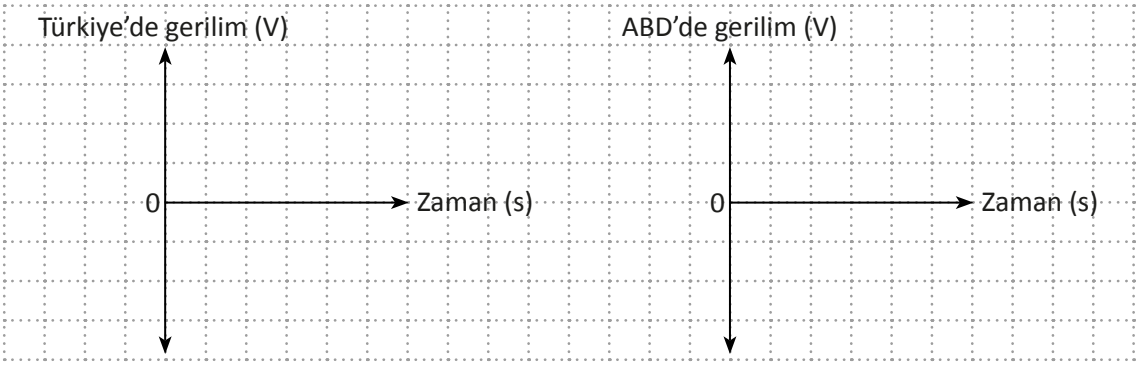
Buna göre

a) Ülkelerin şebekelerinde kullanılan elektriğin farklı gerilim ve frekans değerlerine sahip olmasının sebeplerinin neler olabileceğini yazınız.

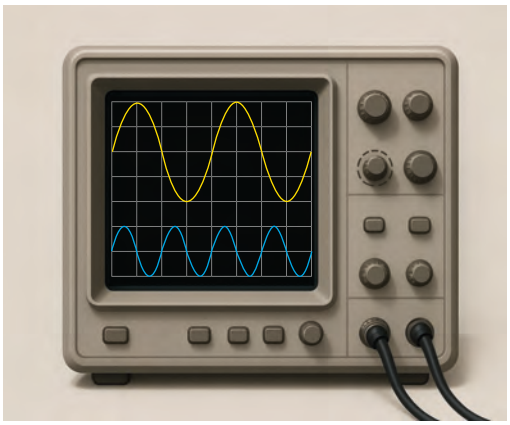
b) Hangi ülkeler birbiriyle elektrik enerjisi alışverişi yapabilir? Nedenleriyle açıklayınız.

c) Ülkelerin şebekelerinde farklı frekans ve gerilim değerlerini kullanmalarının avantaj ve dezavantajlarını yazınız.

ç) Bir periyotluk zaman aralığı içinde Türkiye ve ABD'deki alternatif akım kaynaklarının oluşturduğu gerilimin zamana bağlı değişim grafiklerini çiziniz.



43. Alıştırma



Osiloskop, elektriksel sinyallerin zamana bağlı değişimlerini gözlemlemeye yarayan bir alettir. Özellikle elektronik devrelerde ve sinyal analiz süreçlerinde elektriksel dalga biçimlerinin incelenmesi amacıyla kullanılır. Bu cihaz; sinyalin dalga şekillerini (sinüzoidal, kare, üçgen vb.) ekran üzerinde göstererek dalganın genlik, frekans, periyot gibi temel niteliklerinin değerlendirilmesine olanak sağlar.

Alternatif akım devreleriyle çalışan Zübeyde, iki farklı alternatif akım devresini osiloskopun iki farklı kanalına bağlıyor. Osiloskopu çalıştırdığında ekranda şekildeki gibi mavi ve sarı renkte sinüzoidal dalga formunu görüyor. Her bir dalga formu, bağlı olduğu alternatif akım devresi geriliminin zamana bağlı değişimini göstermektedir.

Ekran birimkarelerden oluştuğuna göre

a) Devrelerin maksimum gerilimlerini karşılaştırınız.

b) Devrelerin frekanslarını karşılaştırınız.

c) Devrelerin frekanslarının eşit olması için neler yapılabileceğini açıklayınız.

ç) Mavi dalganın temsil ettiği devrede R direncinden geçen akımın etkin değeri i büyüklüğündedir.

Sarı dalganın temsil ettiği devreden i büyüklüğünde etkin akım geçmesi için devredeki direncin kaç R olması gerektiğini belirtiniz.

44. Alıştırma

Aşağıdaki tabloda doğru akım ile alternatif akımın birbirine göre avantaj ve dezavantajları hakkında bazı ifadeler verilmiştir.

Buna göre verilen ifadelerin sebeplerinin neler olabileceği ile ilgili yorumlarınızı ifadelerin karşısında verilen alana yazınız.

İfade	Yorum
a) Doğru akım ile elektroliz, kaplamacılık ve şarj yapılabilir.	
b) Alternatif akımın uzak mesafelere iletimi daha verimlidir.	
c) Doğru akımın depo edilmesi ve taşınması daha kolaydır.	
ç) Alternatif akımın üretimi daha ucuzdur.	
d) Doğru akım aynı gerilim altında daha güvenlidir.	
e) Alternatif akım sayesinde 220 V'luk elektrik şebekesine farklı gerilim ile çalışan cihazlar bağlanıp kullanılabilir.	

Kontrol Noktası

İNDÜKSİYON AKIMI

- Manyetik akı, manyetik alan içinde bulunan bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgileri sayısının bir ölçüsüdür.
- Manyetik akı, $\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$ matematiksel modeli ile ifade edilir.
- Manyetik akının değişimi sonucunda iletken bir halka üzerinde oluşan elektrik akımına **indüksiyon akımı**, bu akımı oluşturan gerilime **indüksiyon gerilimi** (indüksiyon elektromotor kuvveti) denir.
- İndüksiyon geriliminin matematiksel modeli $\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (Faraday Yasası) ile ifade edilir.
- Lenz Yasası'na göre indüksiyon geriliminin oluşturduğu indüksiyon akımı, manyetik akı değişimine karşı koyacak yönde olur.
- Yönü ve büyüklüğü periyodik olarak değişen akıma **alternatif akım** adı verilir.
- Alternatif akımın büyüklüğü; manyetik alanın büyüklüğü, çerçevenin sarım sayısı, yüzey alanı ve çerçevenin dönme frekansı ile doğru orantılıdır.
- Alternatif akım devresinde gerilim ve akımın en büyük değerine **maksimum değer**, ortalama olarak düşünülebilecek değerine ise **etkin değer** adı verilir.

Ampermetre etkin akımı, voltmetre etkin gerilimi ölçer.

2.4. TRANSFORMATÖRLER

Her ülkenin kendine özgü bir şebeke gerilimi standardı olduğundan elektrikli aletler de bu standartlara uygun olarak üretilir ve bu aletlerin etiketinde çalışabilecekleri gerilim, güç gibi değerler belirtilir. Örneğin Türkiye ve Avrupa'da şebeke gerilimi 220-240 V olduğu için bu bölgelerde satılan ütü, su ısıtıcısı gibi aletlerin etiketlerinde bu değerler yazar. Benzer şekilde Amerika'da şebeke gerilimi 110 V civarında olduğundan oradaki cihazlar da bu gerilime uygun olarak tasarlanır.

110 V ile çalışan bir cihaz, 220 V gerilime sahip bir şebekeye bağlandığında düzgün çalışmayacak, belki zarar görecektir. Bu gibi durumların önüne geçmek için gerilim dönüştürücülerden yararlanılır (Görsel 2.31).



Görsel 2.31: *Gerilim dönüştürücü*

13. Etkinlik Transformatörler

Amaç	Transformatörün yapısı ve kullanım alanlarına yönelik bilimsel çıkarım yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, 600 ve 1200 sarımlı bobin, demir çekirdek, bağlantı kablosu, voltmetre, alçak gerilim kaynağı
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen metinden yararlanarak soruları cevaplayınız. Soruları cevaplarken kutucuk içinde verilen güç kavramının matematiksel modelinden faydalanınız.

Santrallerde üretilen elektriğin iletimi sırasında harcanan elektrik enerjisi miktarı, iletim hatlarında kullanılan tellerin direncine bağlı olarak değişir. Bir telin direnci; telin cinsine, uzunluğuna ve kesit alanına bağlıdır. Kamu kaynaklarının verimli kullanılması amacıyla elektriğin taşınırken ısıya dönüşen miktarının minimum düzeye indirilmesi gerekir. Bu sayede tüketiciye iletilen enerji maksimum düzeye çıkarılabilir.

a) Enerji kaybını azaltmak için tellerin direncinin büyüklüğü nasıl ayarlanmalıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Maliyeti azaltmak için tellerin kesit alanının büyüklüğü (kalınlığı) nasıl ayarlanmalıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

Santrallerde üretilen elektriksel gücün matematiksel modeli: $P = V \cdot i$ (P sabittir.)

Teller üzerinde taşınırken harcanan elektriksel gücün matematiksel modeli: $P = i^2 \cdot R$ (P değişebilir.)

c) Enerji kaybını azaltmak için tellerin üzerinden geçen akımın büyüklüğü nasıl ayarlanmalıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

ç) Tellerin üzerinden geçen akımın düşürülmesi için gerilim nasıl ayarlanmalıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Sorulara verdiğiniz cevaplar doğrultusunda elektriğin taşınmasının en verimli yolu ile ilgili ulaştığınız sonucu aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

3. Aşağıdaki metinden hareketle transformatörlerin çalışma ilkesini sınıf arkadaşlarınızla tartışarak belirleyiniz.

> Alternatif gerilimi yükseltmek veya düşürmek amacıyla kullanılan devre elemanlarına **transformatör** denir. Transformatörler, santrallerde üretilen elektrik enerjisinin gerilimini yükseltmek ya da farklı gerilimle çalışan aletlerin aynı şebeke gerilimine bağlanarak çalışmasını sağlamak için kullanılır. Transformatörlerde demir çekirdeğin farklı kısımlarına iki veya daha fazla bobin sarılır. Birincil bobine gerilim uygulandığında ikincil bobinde de gerilim elde edilir.

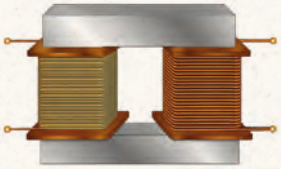
4. Tartışma sonucunda ortaya çıkan fikirleri derleyerek transformatör görselinin yanında verilen nitelikleri kendi cümlelerinizle tanımlayınız.

Birincil Gerilim ....

Sarım Sayısı ....

İkincil Gerilim ....

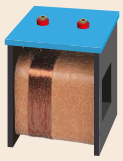
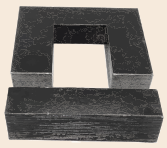
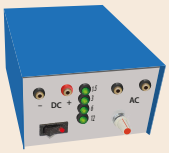
Birincil Akım ....



İkincil Akım ....

5. Öğretmeninizin rehberliğinde deney grupları oluşturunuz.

6. Deneyde kullanmak üzere aşağıdaki tabloda verilen araç gereci hazırlayınız.

600 Sarımlı Bobin	1200 Sarımlı Bobin	Demir Çekirdek	Bağlantı Kablosu	Voltmetre	Alçak Gerilim Kaynağı
					

7. 600 sarımlı ve 1200 sarımlı bobinleri demir çekirdeğin iki koluna takarak bir transformatör oluşturunuz.

8. Transformatörün 600 sarımlı olan birincil kısmını bağlantı kablolarını kullanarak alçak gerilim kaynağının AC girişine takınız.

9. Transformatörün 1200 sarımlı ikincil kısmını bağlantı kablolarını kullanarak voltmetreye bağlayınız.

10. Alçak gerilim kaynağını fişe takarak çalıştırınız.

11. Alçak gerilim kaynağının gerilim değerlerini değiştirerek voltmetrenin gösterdiği değerleri tabloya kaydediniz.

Birincil Bobinin Gerilim Değerleri (AC Kaynağına Bağlı)	İkincil Bobinin Gerilim Değerleri (Voltmetreye Bağlı)

12. Alçak gerilim kaynağının AC girişine takılı olan bağlantı kablolarını çıkarıp DC girişine takınız.

13. Doğru akım kaynağının gerilim değerlerini değiştirerek voltmetrenin gösterdiği değerleri tabloya kaydediniz.

Birincil Bobinin Gerilim Değerleri (DC Kaynağına Bağlı)	İkincil Bobinin Gerilim Değerleri (Voltmetreye Bağlı)

14. Yandaki karekoddan yararlanarak simülasyona ulaşınız.

15. Simülasyonda birincil ve ikincil sarım sayılarını değiştirdiğinizde gerilim ve akım değerlerinin nasıl değiştiği ile ilgili verileri aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Birincil Bobinin Gerilim ve Akım Değerleri	İkincil Bobinin Gerilim ve Akım Değerleri

16. Yaptığınız deneyden ve simülasyondan elde ettiğiniz verilere dayanarak sarım sayısı ve gerilim değerleri arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

.....

.....

.....

17. Doğru, güncel ve güvenilir kaynaklardan yararlanarak transformatörlerin kullanıldığı cihazlar ile ilgili araştırma yapınız.

18. Araştırmalar sonucunda ulaştığınız bilgilere dayanarak transformatörün kullanım alanlarını ve kullanım alanlarındaki rolünü aşağıdaki tabloya yazınız.

Transformatörün Kullanım Alanları	Transformatörün Kullanım Alanlarındaki Rolü

Değerlendirme

Aşağıda transformatörlerin nitelikleri arasındaki ilişkilere yönelik açık uçlu maddelerden oluşan bir "Çalışma Yaprağı" verilmiştir. Bu "Çalışma Yaprağı"ndaki soruları etkinlik sırasında yapmış olduğunuz çıkarımlardan yararlanarak cevaplayınız.

Çalışma Yaprağı

1. Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

- Transformatörlerin çalışma ilkesi nasıldır? Açıklayınız.

.....

- Transformatörler doğru akım kaynağı ile çalışır mı? Açıklayınız.

.....

- Transformatörlerde alternatif akım kaynağına bağlanan bobinin uçları arasındaki gerilime ne ad verilir?

.....

- İkincil bobin üzerinde meydana gelen manyetik akı değişimi sonucunda oluşan indüksiyon gerilimine ne ad verilir?

.....

- Gerilimi yükselten transformatörün birincil sarım sayısı ile ikincil sarım sayısı arasındaki büyüklük ilişkisi nasıldır?

.....

- Gerilimi alçaltan transformatörün birincil ve ikincil akımları arasındaki büyüklük ilişkisi nasıldır?

.....

- Yüksek gerilim hatlarında enerji kaybının az olması için elektrik akımı nasıl ayarlanmalıdır? Açıklayınız.

.....

2. 20 V ile çalışan bir dizüstü bilgisayar, şebeke geriliminin 220 V olduğu bir yerde şarj ediliyor. Buna göre şarj aletinin içinde bulunan transformatörün birincil ve ikincil sarım sayıları oranını yaklaşık olarak belirtiniz.

.....

.....

3.



Elektrik arkı kaynak makineleri, transformatörler aracılığı ile ev (230 V) veya sanayi tipi (400 V) prizlerden aldıkları yüksek gerilimi kaynak işlemi için uygun olan düşük gerilimli (yaklaşık 20 V-80 V) ve yüksek akımlı (aşağı yukarı 50 A-400 A) elektriğe dönüştürür. Oluşturulan güçlü elektrik arkı ile metallerin eritilmesi ve güçlü şekilde birleştirilmesi mümkün olur.

Elektrik arkı kaynak makinesi transformatörünün sarım sayıları oranı $\frac{1}{5}$ olduguna göre

a) Ev prizine (230 V) bağlanan makinenin ideal transformatörünün ikincil gerilimi kaç V olur?

.....

.....

b) Sanayi tipi prize (400 V) bağlanan makinenin ideal transformatörünün birincil akımı 15 A ise ikincil akımı kaç A olur?

.....

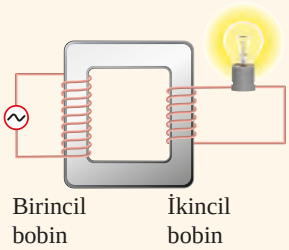
.....

c) Makinenin ideal transformatörünün sarım sayıları oranı yarıya düşürülürse ikincil gerilimin birincil gerilime oranı kaç katına çıkar?

.....

.....

4.



Transformatörlerle ilgili sanal bir laboratuvar ortamında şekildeki deney düzeneği kuruluyor. Birincil bobin alternatif akım kaynağına bağlandıktan sonra ikincil bobinin uçlarına bağlı R direncine sahip lamba yanmaya başlıyor.

Birincil gerilim sabit olduğuna göre

I. İkincil bobinin sarım sayısı artarsa lamba parlaklığı artar.

II. Birincil bobinin sarım sayısı azalırsa lamba parlaklığı artar.

III. Lambanın direnci artırılırsa ikincil akım azalır.

yargılarından hangilerinin doğru olduğunu açıklayınız. (Transformatörü ideal kabul ediniz.)

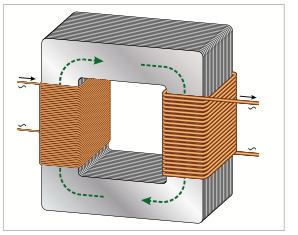
.....

.....

1. Performans Görevi

Adı	Transformatörün Yapısı ve Kullanım Alanları
Beklenen Performans	Transformatörün yapısı ve kullanım alanlarını kavramanız ve bunu bilgi görseli çalışmasıyla görsel hâle getirmeniz istenmektedir.
Görev	13. Etkinlik'te elde ettiğiniz verilerden yararlanarak sınıf ortamında transformatörlerin yapısı ve kullanım alanlarına yönelik bir bilgi görseli hazırlamanız beklenmektedir. Bilgi görselini dijital ortamda da hazırlayabilirsiniz. Bilgi görselinde bilgileri açık ve anlaşılır bir biçimde sunmalısınız.
Uygulama Aşamaları	• 13. Etkinlik'te topladığınız verilerden yararlanarak tasarımda kullanacağınız metinleri yazınız. • Uzun metinler yerine görsel, ikon ve grafiklerden uygun şekilde yararlanınız. • Topladığınız verilerin etkili bir biçimde sunulacağı bir tasarım oluşturunuz. • Özgün bir tasarım geliştirmeye özen gösteriniz. • Bilgi görselindeki ifadelerin kavramsal doğruluğuna ve kavramlar arası ilişkilerin doğru kurulup kurulmadığına dikkat ediniz. • Kavramları doğru bir şekilde sınıflandırıp birbiriyle ilişkilendiriniz. • Hazırladığınız bilgi görselini kontrol ediniz. Hata veya eksiklik varsa düzeltiniz. • Hazırladığınız bilgi görselini sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.
Değerlendirme	Performans göreviniz, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Alternatif akımın gerilimini yükseltmek ya da alçaltmak için kullanılan elektronik aletlere **transformatör** denir. Transformatörlerde etrafı yalıtkan zarla kaplı birden fazla bobin, demir çekirdeğin farklı kısımlarına sarılır (Görsel 2.32). Demir çekirdekte alternatif akım kaynağına bağlanan ve sarım sayısı N_p olan bobine **birincil (primer) bobin**, bu bobinde oluşan gerilime **birincil gerilim** (V_p), akıma ise **birincil akım** (i_p) adı verilir. Birincil bobindeki alternatif akımın oluşturduğu değişken manyetik akı, demir çekirdek üzerinden geçerek diğer bobine taşınır. Manyetik akı değişimi sonucu indüksiyon gerilimi oluşan ve sarım sayısı N_s olan bu bobine **ikincil (sekonder) bobin**, üzerindeki gerilime **ikincil gerilim** (V_s), akıma ise **ikincil akım** (i_s) adı verilir. İkincil bobinde indüksiyon geriliminin oluşması için taşınan manyetik akının değişken olması gerekir. Birincil bobin doğru akım kaynağına bağlandığında değişken manyetik akı oluşturamayacağından ikincil bobinde indüksiyon gerilimi elde edilemez. Başka bir deyişle transformatörler doğru akım ile çalışmaz. Birincil gerilim ile ikincil gerilim arasındaki ilişki Faraday Yasası ile bulunur.



Görsel 2.32: Transformatör

Bu yasaya göre birincil gerilim $V_p = - N_p \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, ikincil gerilim $V_s = - N_s \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ olarak ifade edilebilir. Birincil ve ikincil bobindeki akı değişimleri ($\Delta\Phi$) eşit kabul edilmiştir. İdeal durumda demir çekirdeğin manyetik alan değişimlerini birincil bobinden ikincil bobine kayıpsız olarak ilettiği varsayılır. İki eşitlik taraf tarafa oranlanırsa bobinlerin gerilimleri ve sarım sayıları arasındaki ilişki

$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$ olarak bulunur.

Gerçekte transformatörler çalışırken ısındıkları için enerji kaybı meydana gelir. Bunun yanında demir çekirdeğin değişken manyetik akıyı ikincil bobine iletmesi sırasında kayıplar oluşabilir. Bunlardan başka durumlar da enerji kaybına sebep olabilir. Tüm bu enerji kayıplarının ihmal edildiği transformatörlere **ideal transformatörler** denir. İdeal olmayan transformatörlerde birincil bobindeki güç (P_p), ikincil bobindeki güçten (P_s) fazladır. İdeal durumda ise birincil bobindeki güç, ikincil bobindekine eşit olarak kabul edilir. Bu durum matematiksel olarak $P_p = P_s$ ile ifade edilir. Güç ifadesi gerilim ve akım cinsiden yazılırsa gerilimlerin oranı ile akımların oranı arasındaki ilişki

$V_p \cdot i_p = V_s \cdot i_s$

$\frac{V_p}{V_s} = \frac{i_s}{i_p}$ bulunur. Sarım sayıları da bu ifadeyle birlikte yazıldığında ideal bir transformatör için gerilim, akım ve sarım sayısı arasındaki ilişki matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{i_s}{i_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

Transformatörün verimi,

$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan güç } (P_s)}{\text{Verilen güç } (P_p)}$

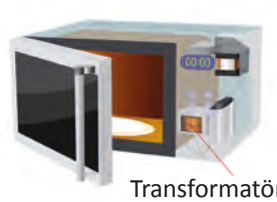
$\text{Verim} = \frac{V_s \cdot i_s}{V_p \cdot i_p}$ ifadesi ile bulunur.

Bu ifadeden elde edilen sonuç 100 ile çarpılırsa transformatörün verimi yüzde (%) olarak hesaplanmış olur. İdeal transformatörlerde verim %100'dür.

Yükseltici ve Alçaltıcı Transformatör

Transformatörde sarım sayıları arasındaki ilişki $N_p < N_s$ ise $V_p < V_s$ olur. İkincil gerilimin birincil gerilimden büyük olduğu bu tür transformatörlere ***yükseltici transformatör*** *denir.*

Transformatörde sarım sayıları arasındaki ilişki Np > Ns ise Vp > Vs olur. İkincil gerilimin birincil gerilimden küçük olduğu bu tür transformatörlere ***alçaltıcı transformatör*** *denir.*

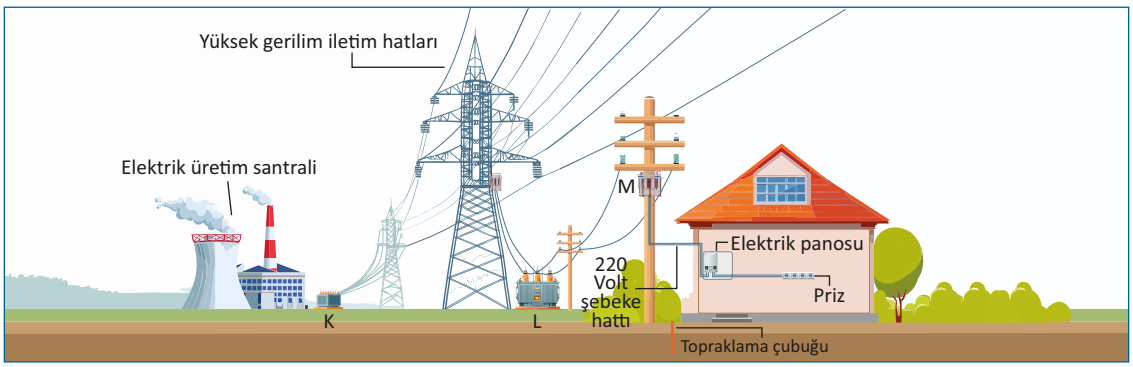

Transformatör

Şebeke geriliminden düşük gerilimle çalışan cep telefonu, dizüstü bilgisayar gibi birçok elektrikli cihazın şarj aletlerinde alçaltıcı transformatör kullanılır. Enerji üretim santrallerinde, eski tip CRT televizyonlarda, bazı mikrodalga fırınlarda (Görsel 2.33), bazı elektrikli araç (EV) şarj istasyonlarında, floresan lambalarda, bazı indüksiyon ocaklarında ise yükseltici transformatör bulunur.

Görsel 2.33: *Mikrodalga fırın*

Örnek

Enerji santrallerinde (hidroelektrik, termik, rüzgâr, nükleer vb.) üretilen elektriğin ev, iş yeri, fabrika gibi kullanım yerlerine iletilme sürecinde enerji kaybı olur. Bu kaybı azaltmak için transformatörlerden yararlanılır. Görselde bir enerji santralinde üretilen elektriğin yüksek gerilim hatları vasıtasıyla evlere taşınma süreci modellenmiştir. Modelde enerji santralinin hemen yanında bulunan K transformatörü, arada yer alan L transformatörü ve evin yakınında olan M transformatörü gösterilmiştir.



Buna göre

a) İletim tellerindeki enerji kaybının nedenini açıklayınız.

b) İletim tellerindeki enerji kaybını azaltarak verimi artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

c) K, L ve M transformatörlerinin görevlerini açıklayınız.

Cevap

a) Elektriğin taşınması sırasında enerjinin bir kısmı ısıya dönüştüğünden iletim tellerinde enerji kaybı olur.

b) Harcanan elektriksel gücün (P), akım şiddeti (i) ve elektriksel dirençle (R) ilişkisini gösteren $P = i^2 \cdot R$ ifadesinde direnci azaltmak pek mümkün değildir. Bakır veya alüminyum tellerin maliyetlerinin yüksek olması, direnci düşük olan kalın tel yerine ince tel kullanımını zorunlu kılmaktadır. Telin direnci, ekonomik nedenlerden dolayı nispeten yüksek bir değere sabitlenmiştir. Bu durumda enerjideki kaybın azaltılması için elektriğin düşük akımlarla taşınması gerekir.

c) Santrallerde üretilen elektriksel güç için $P = V \cdot i$ matematiksel modeli kullanılır. Üretilen güç sabit kabul edildiğinde akımın düşürülmesi için gerilimin yükseltilmesi gerekir. Bu sebeple enerji santralinin hemen yanında bulunan K transformatörü yükseltici transformatör olarak görev yapar. Yüz binlerce voltluk gerilime yükseltilip yüksek gerilim hatlarıyla düşük akımda taşınan elektrik enerjisi, kullanım alanlarına gelmeden önce L transformatörüyle birkaç bin voltluk gerilim değerine düşürülür. Kullanım alanlarındaki şebeke gerilimi yaklaşık 220 V olduğundan M transformatörü yardımıyla son bir kez gerilim düşürülerek kullanıma uygun hâle getirilir. Bu durumda L ve M transformatörleri alçaltıcı transformatör olarak görev yapar.

45. Alıştırma



Elektrikli araçlar, günümüzde alternatif akım veya doğru akım ile kablosuz ya da görseldeki gibi kablolu olarak şarj edilebilmektedir. Şarj istasyonları, genel olarak AC ve DC şarj istasyonu olarak iki çeşittir. Şehir şebekesindeki AC'yi kullanan şarj istasyonları, araçları farklı hızlarda şarj edebilmektedir. Transformatörler, şebeke gerilimini şarj istasyonunun çalışabileceği seviyeye getirmek için kullanılır.

Buna göre

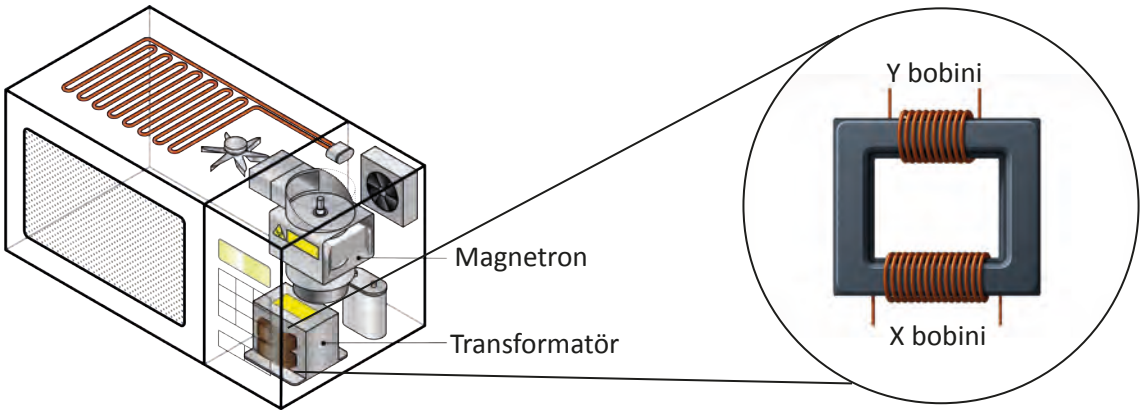
a) 400 V ile çalışan AC şarj istasyonu 15 000 V gerilim sağlayan şebekeye bağlanırsa bu durumda kullanılması gereken transformatörün türünü "alçaltıcı" ya da "yükseltici" olarak gerekçeleriyle belirtiniz.

b) Düşük gerilimli 230 V AC ev prizi kaynağından beslenen taşınabilir hızlı şarj ünitesi ile 400 V batarya ile çalışan bir elektrikli aracı şarj etmek için kullanılması gereken transformatör türünü "alçaltıcı" ya da "yükseltici" olarak gerekçeleriyle belirtiniz.

c) 230 V ile çalışan AC şarj istasyonu 11 000 V gerilim sağlayan şebekeye bağlanırsa bu durumda kullanılması gereken transformatörün birincil sarım sayısı ile ikincil sarım sayılarını karşılaştırınız.

46. Alıştırma

Türkiye'deki mikrodalga fırınlarda bulunan transformatör, evlerdeki prizlerden 220 V etkin şebeke gerilimini alır ve yükseltir. Bu transformatör, genellikle çıkışında (ikincil bobin) 2000 V ila 4000 V arasında etkin gerilim üretir. Fırının temel bileşeni olan magnetron yüksek gerilimle çalışarak mikrodalgaları üretir ve bu mikrodalgalar yiyeceklerin ısınmasını sağlar. Şekilde bir mikrodalga fırının iç yapısı gösterilmiştir. Fırında bulunan transformatörün ikincil gerilimi 2200 V ve X bobininin sarım sayısı Y bobininin sarım sayısından büyüktür.



İdeal kabul edilen transformatörün ikincil bobinindeki güç 1000 W olduğuna göre

a) Bobinlerden hangisinin şebekeye, hangisinin mikrodalga fırın devrelerine bağlı olduğunu açıklayınız.

b) X ve Y bobinlerinin sarım sayıları oranını bulunuz.

c) Birincil bobindeki gücü bulunuz.

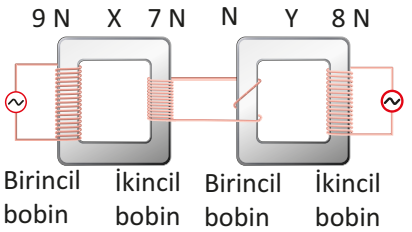
ç) Birincil akım ile ikincil akım büyüklüklerini karşılaştırınız.

47. Alıştırma

Fizik öğretmeni Feridun Bey, transformatörler konusunu anlattıktan sonra öğrencilerine aşağıdaki soru kartlarını dağıtıyor ve şekillerde verilen transformatörlerin ideal olduğunu, sarım sayılarının gerçek değerleri göstermediğini söylüyor.

Buna göre soru kartlarının altına öğrencilerin vermesi gereken doğru cevapları yazınız.

a) Şekildeki gibi birbirine bağlanmış ideal X transformatörünün birincil ve ikincil sarım sayıları sırasıyla 9 N ve 7 N, ideal Y transformatörünün birincil ve ikincil sarım sayıları sırasıyla N ve 8 N'dir.

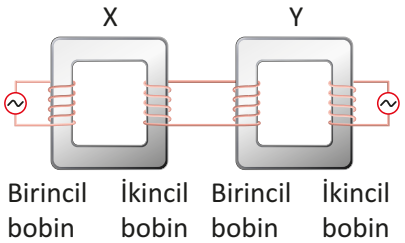


Buna göre X transformatöründe birincil gerilim 270 V ise Y transformatöründe ikincil gerilim kaç V olur?

.....

.....

b) Şekildeki gibi birbirine bağlanmış ideal X transformatörünün birincil gerilimi 120 V, ideal Y transformatörünün ikincil gerilimi ise 30 V'tur.

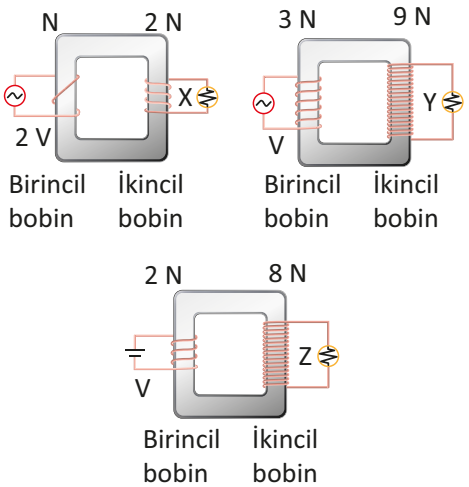


Buna göre Y transformatörünün ikincil geriliminin 60 V olması için neler yapılabileceğini açıklayınız.

.....

.....

c) Şekillerde birincil ve ikincil sarım sayıları ile birincil gerilimleri verilen farklı transformatörlere bağlı X, Y, Z özdeş lambaları görülmektedir.

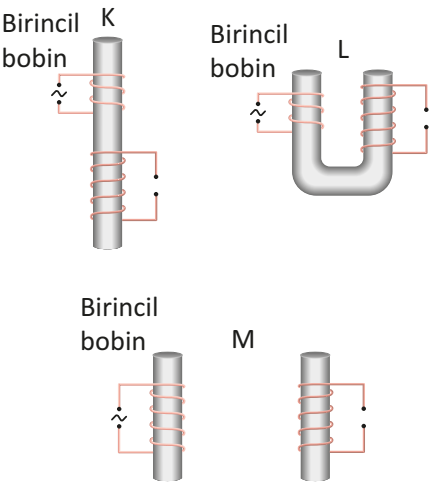


Buna göre lambaların parlaklıklarını karşılaştırınız.

.....

.....

ç) Şekillerde verilen farklı fiziksel yapılardaki K, L, M transformatörlerinin birincil bobinlerine AC gerilimi uygulanıyor.



Buna göre hangi transformatörlerin ikincil gerilimlerinin sıfırdan farklı olacağını açıklayınız.

.....

.....

Kontrol Noktası

TRANSFORMATÖRLER

Transformatörler, bir elektrik devresindeki alternatif gerilim ve akımı diğer elektrik devresinde manyetik indüksiyon yoluyla yükselten veya alçaltan elektronik aletlerdir.

Transformatörde birincil bobindeki manyetik akı değişiminin iletimi sonucunda ikincil bobinde oluşan gerilime **ikincil gerilim**, bu bobinde oluşan akıma **ikincil akım** denir.

İdeal transformatörlerde bobinlerin sarım sayıları, gerilimleri ve akımları arasındaki ilişki $\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{i_s}{i_p}$ eşitliği ile ifade edilir.

İkincil sarım sayısı, birincil sarım sayısından az olan transformatörlerde ikincil gerilim birincil gerilimden küçük olur. Bu transformatörler alçaltıcı transformatörlerdir.

Transformatörde alternatif akım gerilimi uygulanan bobinin gerilimine **birincil gerilim**, bu bobinde oluşan akıma **birincil akım** denir.

İkincil sarım sayısı, birincil sarım sayısından fazla olan transformatörlerde ikincil gerilim birincil gerilimden büyük olur. Bu transformatörler yükseltici transformatörlerdir.

Transformatörler, cep telefonu şarjı gibi gerilimin düşürülmesi gereken yerlerde ya da elektrik üretim santralleri gibi gerilimin yükseltilmesi gereken yerlerde kullanılır.

Elektrik enerjisini santrallerden şehirlere taşırken yaşanan kaybı en aza indirmek amacıyla gerilim transformatörlerle yükseltilir ve akım düşürülür.

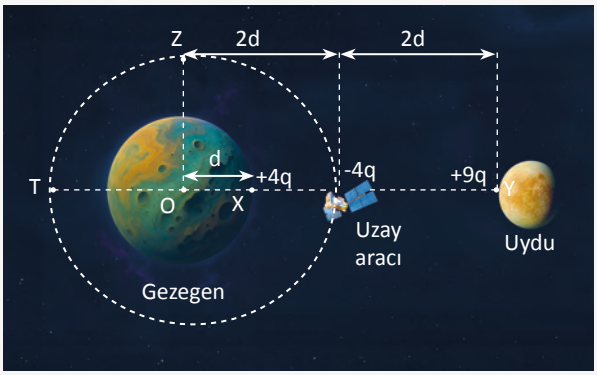
İdeal bir transformatörde giriş gücü, çıkış gücüne eşittir.

İdeal olmayan transformatörlerde giriş gücü, çıkış gücünden büyüktür ve transformatörün verimi, verim $= \frac{V_s \cdot i_s}{V_p \cdot i_p}$ matematiksel modeli ile ifade edilir.

2. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1-26. soruların cevaplarını ilgili alana yazınız.

1.



+4q yüklü noktasal X cismi bir gezegenin, +9q yüklü noktasal Y cismi ise gezegenin uydusunun yüzeyine şekildeki gibi yerleştiriliyor. Yarıçapı d olan O merkezli gezegen ile uydusu arasında, X ve Y cisimlerini birleştiren doğru üzerinde elektrik yükü -4q olan ve noktasal kabul edilen uzay aracı bulunuyor. Gezegenin 2d yarıçaplı yörüngesinde çembersel hareket yapan uzay aracı ile uydu arasındaki mesafe 2d'dir. (Verilenler dışındaki yüklerin etkisi ihmal edilmiştir.)

X cisminin uzay aracına uyguladığı elektriksel kuvvet F ve uzay aracının olduğu noktada oluşturduğu elektriksel alan E büyüklüğünde ise

a) Uzay aracına etki eden bileşke elektriksel kuvvetin büyüklüğünü F cinsinden hesaplayınız.

.....

.....

.....

b) Uzay aracı T noktasına geldiğinde uzay aracına etki eden bileşke elektriksel kuvvetin büyüklüğünü F cinsinden hesaplayınız.

.....

.....

.....

c) Her bir cismin gezegenin merkezinde oluşturduğu elektriksel alanı çizerek bu noktadaki bileşke elektriksel alanın büyüklüğünü E cinsinden hesaplayınız ve aşağıdaki tabloda ilgili alana yazınız.

X Cismi	Y Cismi	Uzay Aracı	Bileşke Elektriksel Alan

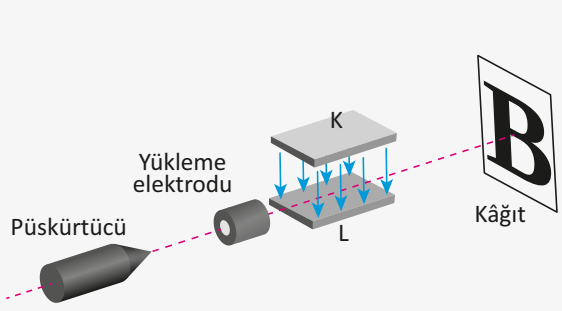
ç) Uzay aracı Z noktasına geldiğinde her bir cismin gezegenin O merkezinde oluşturduğu elektriksel alanı çizerek bu noktadaki bileşke elektriksel alanın büyüklüğünü E cinsinden hesaplayınız ve aşağıdaki tabloda ilgili alana yazınız.

X Cismi	Y Cismi	Uzay Aracı	Bileşke Elektriksel Alan

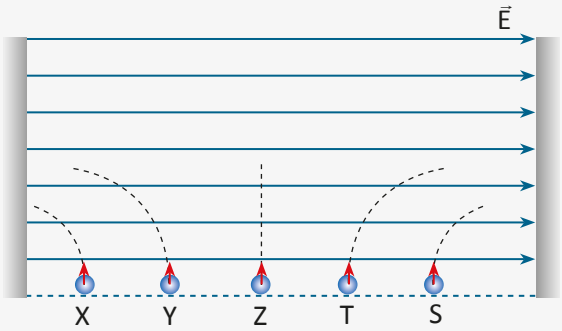
d) Uzay aracı T noktasına geldiğinde her bir cismin gezegenin O merkezinde oluşturduğu bileşke elektriksel alanı çizerek bu noktadaki bileşke elektriksel alanın büyüklüğünü E cinsinden hesaplayınız ve aşağıdaki tabloda ilgili alana yazınız.

X Cismi	Y Cismi	Uzay Aracı	Bileşke Elektriksel Alan

2. Mürekkep püskürtmeli yazıcı, çok küçük boyutlardaki boya parçacıklarını kâğıt üzerinde istenen yere gönderir ve bu şekilde yazı ya da görsel oluşturur. Boya parçacıkları, Şekil I'deki püskürtücü tarafından yükleme elektrodu içinden geçirilip yüklenir. Daha sonra paralel levhaların arasındaki düzgün elektriksel alan içine gönderilen yüklü boya parçacıkları, bu alan içinde istenen şekilde saptırılabilir.



Şekil I



Şekil II

Eşit büyüklükte hızlara sahip X, Y, Z, T ve W parçacıkları aynı anda girdikleri elektriksel alan içinde Şekil II'de verilen yolları izlediklerine göre

a) K ve L levhalarının yük cinslerini gerekçesiyle belirtiniz.

.....

.....

b) Parçacıkların elektrik yüklerinin cinsini gerekçeleriyle aşağıdaki tabloya yazınız.

X Parçacığının Yükünün Cinsi	Y Parçacığının Yükünün Cinsi	Z Parçacığının Yükünün Cinsi	T Parçacığının Yükünün Cinsi	S Parçacığının Yükünün Cinsi

c) Y parçacığının X parçacığına göre daha az sapmasının olası nedenlerini yazınız.

.....

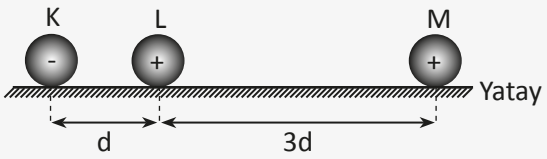
.....

ç) T ve S parçacıklarına etki eden elektriksel kuvvetlerin büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

3.



Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde şekildeki konumda tutulan ve elektrik yüklü özdeş K, L, M kürelerinden K'nin yükü negatiftir. L'nin yükü pozitif olup M'nin yüküne eşittir. M küresi serbest bırakıldığında hareketsiz kalmaktadır.

K küresinin M küresine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü 16 N olduğuna göre

a) K ve M kürelerinin yükleri oranını bulunuz.

.....

.....

.....

b) K ve M kürelerinin L küresine uyguladığı elektriksel kuvvetlerin yönünü L küresinin serbest cisim diyagramı üzerinde gösteriniz.

.....

.....

.....

c) L küresine uygulanan bileşke elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç N'dır?

.....

.....

.....

ç)



Yüklerin çevrelerinde ve birbiri arasında oluşturduğu elektriksel alan çizgilerinin modelini yanda verilen yükler üzerine çiziniz.

4. Aşağıda Kemal Tahir'in *Göl İnsanları* adlı kitabından bir bölüm verilmiştir.

"Nerede kaldık yahu! Her biri otuz bir bin sekiz yüz beygir gücünde motor olup her biri üçer türbin ... Ve de yüz metreden düşen suyla dönerekten... Bu santraller iki parçadan meydana gelip, altmış bin kilovatlık birinci parça her ne kadar bundan on üç yıl önce bir firmaya ısmarlanmış ise de araya savaş girmesiyle, kuruluş 1947'ye kadar durmuş."

Buna göre

a) "Yüz metreden düşen suyla dönerek çalışan türbinler" ifadesinde dile getirilen enerji dönüşümünü açıklayınız.

.....

.....

b) Metinde geçen santrallerde üretilen enerjiyi artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

.....

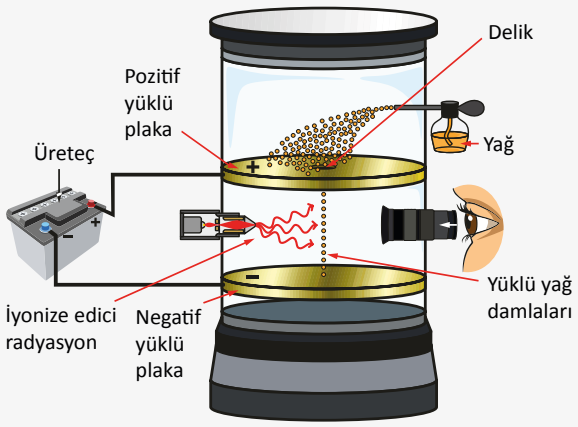
.....

c) Üretilen enerjinin üretildikten sonra evlere taşınması sürecinde verimi artırmak için neler yapılabileceğini ve bunun için hangi devre elemanının kullanılması gerektiğini açıklayınız.

.....

.....

5.



Yağ damlası deneyi, Amerikalı fizikçi Robert Andrews Millikan (Rabırt Endruz Milikın) tarafından 1909 yılında yapılmıştır. Bu deney, elektronun yük miktarının ölçüldüğü ilk deneylerden biridir ve modern atom teorisinin gelişiminde çok önemli bir yere sahiptir. Deney düzeneği şekildeki gibi iki yatay metal plaka ve yağ damlası püskürtücüden oluşmaktadır. Yağ damlaları paralel levhaların üstüne püskürtülmekte ve yer çekimi etkisiyle aşağı yönlü harekete başlamaktadır. İyonize edici X ışınları kullanılarak damlaların negatif yük kazanması sağlanmaktadır. Plakalar zıt cins yükle yüklendiğinde düzgün kabul edilen elektriksel alan nedeniyle yağ damlaları duruma göre havada askıda kalabilmekte, sabit hızla aşağı ya da yukarı hareket edebilmektedir. Damlanın hızı ve ağırlığı gözlemlenerek elektronun yükü hesaplanmaktadır. Millikan, bu deneyiyle 1923 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü almıştır.

Millikan'ın yağ damlası deneyinde elektriksel alan E, yer çekimi ivmesi g büyüklüğünde olduğuna ve tüm sürtünmeler ihmal edildiğine göre

a) Aşağı yönde sabit hızla hareket eden q yük miktarına sahip, m kütleli yağ damlasının serbest cisim diyagramı ile elektriksel alanın yönünü aşağıdaki tabloda ilgili alanlara çiziniz ve yüke etki eden net kuvvetin büyüklüğünü tabloya yazınız.

Serbest Cisim Diyagramı	Elektriksel Alanın Yönü	Net Kuvvetin Büyüklüğü

b) Kütlesi 2m olan ve q yük miktarına sahip bulunan yağ damlasının serbest cisim diyagramını aşağıdaki tabloda ilgili alana çiziniz ve yüke etki eden net kuvvetin büyüklüğü ile yükün hareket durumu hakkındaki yorumunuzu tabloya yazınız.

Serbest Cisim Diyagramı	Net Kuvvetin Büyüklüğü	Hareket Durumu

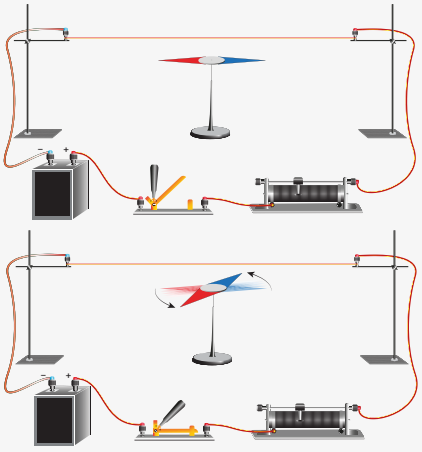
c) Yukarı yönde sabit hızla hareket eden q yük miktarına sahip, m kütleli yağ damlasının serbest cisim diyagramı ile elektriksel alanın yönünü aşağıdaki tabloda ilgili alanlara çiziniz ve yüke etki eden net kuvvetin büyüklüğünü tabloya yazınız.

Serbest Cisim Diyagramı	Elektriksel Alanın Yönü	Net Kuvvetin Büyüklüğü

6. Aşağıdaki tabloda verilenlerden hangilerinde Faraday kafesi etkisinin olduğunu ifadelerin karşısındaki alana "✓" işareti koyarak belirtiniz.

Örnekler	
Yüksek binalarda paratoner kullanılması	
Uçaklara yıldırım çarptığından yolcuların bu durumdan zarar görmemesi	
Yağmurlu ve gök gürültülü havalarda oto radyosunun açılmaması	
MRG cihazlarının bulunduğu odaların metal kaplı olması	
Asansör içinde cep telefonlarının hattının kesilmesi	
Sinyal bozucuların (jammer) etki alanında olan yerlerde telefon görüşmelerinin gerçekleşememesi	

7.

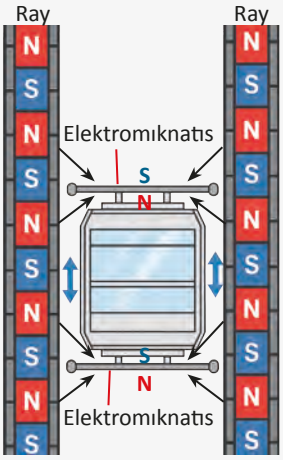


Ahmet; iç direnci önemsiz üreteç, kablo, direnç ve anahtar kullanarak basit bir elektrik devresi kuruyor ve anahtarı kapatıyor. Bir pusulayı telin altına getirdiğinde pusulanın ibresinin şekildeki gibi saptığını gözlemliyor. Ahmet, pusula ibresindeki sapma miktarının nelere bağlı olduğunu belirlemek için devrede tabloda verilen değişikleri yapıyor. Daha sonra değişikliklere göre oluşan verileri tabloya yazıyor.

Ahmet'in oluşturduğu tablodaki bilgilerden doğru olanların karşısına "D", yanlış olanların karşısına "Y" yazınız.

Devrede Yapılan Değişiklikler	Pusula İbresindeki Sapma Miktarı	D/Y
Direnç değerini artırmak	Azalmaktadır.	
Üretecin potansiyel farkını azaltmak	Artmaktadır.	
Devreden geçen akımın değerini artırmak	Artmaktadır.	
Devreden geçen akımın yönünü değiştirmek	Herhangi bir değişiklik olmamıştır.	
Pusulayı tele yaklaştırmak	Azalmaktadır.	

8.



Geleneksel asansörler halatlı ve hidrolik sistemlere sahiptir ve bu asansörlerde döner motorlardan yararlanılır. Manyetik asansörler ise halat ve kabloya ihtiyaç duymadan manyetik levitasyon (MAGLEV) ile hareket eder. Manyetik levitasyon, manyetik alan sayesinde bazı sistemlerin desteksiz havada asılı kalmasına dayalı bir teknolojidir. Asansör kabini ile raylar arasında fiziksel bir temas yoktur. Manyetik itme ve çekme kuvvetleri, asansör kabinini raylar üzerinde havada tutar ve istenen yönde hareket ettirir. Bunun için sürekli (daimî) mıknatıslar ve elektromıknatıslar birlikte kullanılır. Elektromıknatıslar genellikle kabinin üzerine ve altına şekildeki gibi yerleştirilir. Sürekli mıknatıslar ise genellikle rayların üzerine sabitlenir. Bunların kutupları sabittir ve kabin, bu mıknatısların manyetik alanı ile etkileşim hâlindedir. Bazı gelişmiş manyetik asansörler sadece aşağı-yukarı değil yatay ve eğik yönlerde de hareket edebilir.

Şekilde verilen asansörün ağırlığı ihmal edildiğine göre

a) Asansör kabininin üzerine ve altına sürekli mıknatıs yerine elektromıknatıs yerleştirilmesinin sebebini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Şekildeki konumda serbest bırakılan asansörün hangi yöne hareket edeceğini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

c) Asansörün şekildeki konumda iken serbest bırakıldıktan sonra hareket edeceği yönün tam tersi yönde hareket etmesi için neler yapılabileceğini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

ç) Yatay ve eğik yönlerde de hareket edebilen manyetik asansörlerin gelecekte ne gibi faydalar sağlayabileceğini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

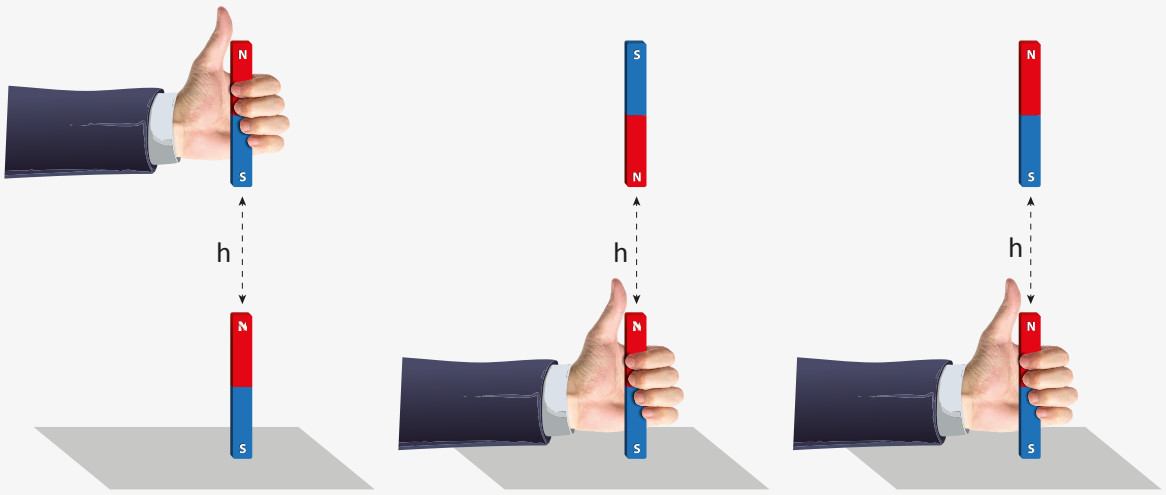
d) Geleneksel asansörler ve manyetik asansörleri avantaj ve dezavantajları yönünden karşılaştırınız.

.....

.....

.....

9. Çubuk mıknatıslarla yapılan gösteri deneyinde bir mıknatıs Şekil I'deki gibi yere bırakılıyor. Başka bir mıknatıs, yere bırakılan mıknatısın h kadar üzerine getirildiğinde yerdeki mıknatıs düşey düzlemde harekete başlıyor. Daha sonra Şekil II'deki gibi mıknatıslar yer değiştiriyor. Alttaki mıknatıs yerde sabit tutularak diğer mıknatıs h mesafesinden serbest bırakılıyor. Şekil III'te ise üstteki mıknatısın kutuplarının yönü değiştiriliyor ve mıknatıs h mesafesinden serbest bırakılıyor.



Tüm sürtünmeler ihmal edildiğine ve yer çekimi ivmesi her noktada sabit kabul edildiğine göre

a) Şekil I ve Şekil II'deki durumlar için mıknatısları ve mıknatıslar arasında oluşan manyetik alan çizgilerini aşağıdaki tabloya çiziniz.

Şekil I	Şekil II

b) Serbest bırakılan mıknatıslara bırakıldıkları anda etki eden manyetik kuvvetlerin büyüklüklerini ve yönlerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

c) Serbest bırakılan mıknatısların harekete başladıktan çok kısa bir süre sonrası için serbest cisim diyagramını aşağıdaki tabloya çiziniz.

Şekil I	Şekil II	Şekil III

ç) Şekil II'de serbest bırakılan mıknatısın hangi yöne doğru harekete başlayacağını ve mıknatısa etki eden manyetik kuvvetin zamanla nasıl değişeceğini açıklayınız.

.....

.....

.....

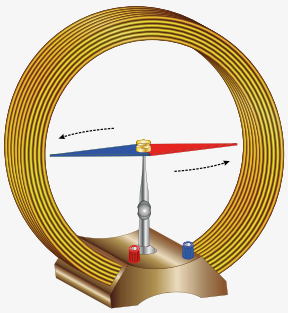
d) Harekete başladıktan kısa bir süre sonrası için mıknatısların ivmelerinin büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

10.

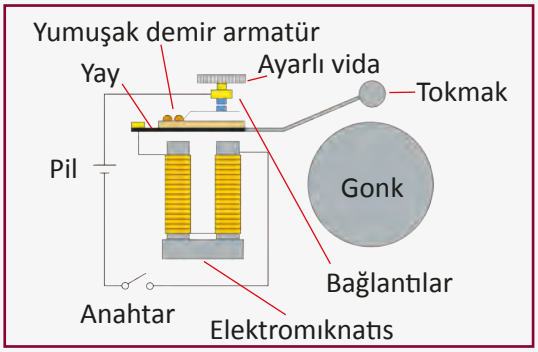


Görselde verilen akım makarasının merkez eksenine iğnesi dik olacak şekilde bir pusula yerleştiriliyor. İdeal kabul edilen akım makarasından akım geçtiğinde pusula iğnesi ok yönünde sapma gösteriyor. (Tüm dış manyetik etkileri ihmal ediniz.)

Buna göre aşağıdaki tabloda verilen değişiklikler ayrı ayrı yapıldığında pusula iğnesinin sapma miktarının nasıl değişeceğini gerekçesiyle tabloda verilen alana yazınız.

Yapılan Değişiklik	Sapma Miktarındaki Değişim
Akım makarasındaki sarım sayısı artırılıyor.	
Akım makarasındaki sarım sayısı ile makara uzunluğu aynı oranda azaltılıyor.	
Akım makarasından geçen akım değeri ile makara uzunluğu aynı oranda artırılıyor.	
Akım makarasından geçen akım değeri azaltılıyor.	
Akım makarasının yarıçapı artırılıyor.	
Akım makarasının yarıçapı azaltılıyor.	
Akım makarasının birim uzunluktaki sarım sayısı artırılıyor.	

11.



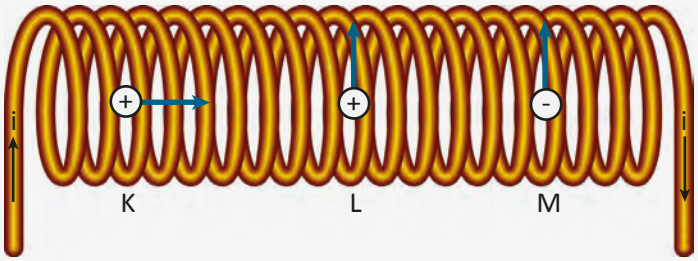
Pille çalışan bir kapı ziline ait bazı parçalar yandaki görselde modellenmiştir. Verilen parçaların devredeki görevleri aşağıda verilen tablodaki gibidir.

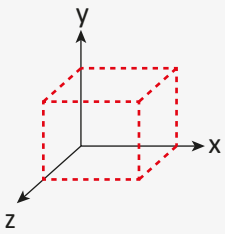
Parça	Görevi
Pil	Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.
Anahtar	Kapatıldığında devreden akım geçmesini sağlar. Açıldığında devredeki akımı keser.
Elektromıknatıs	Üzerinden akım geçince mıknatıs özelliği gösterir.
Bağlantı noktaları	Titreşim sırasında elektrik akımının geçmesi veya kesilmesini sağlar.
Ayarlı vida	Bağlantı noktaları arasındaki mesafeyi ayarlar.
Yay	Yumuşak demir armatürü ayarlanan konumunda tutmaya çalışır.
Tokmak ve gonk	Tokmak gonga çarparak gonktan ses çıkmasını sağlar.

Verilenlerden yola çıkarak devrede anahtarın kapatılması ile kapı zilinin çalması ve anahtarın açılması ile zilin çalmasının son bulması arasında gerçekleşen olayları sırasıyla yazınız.

- Anahtar kapatılır.
- .....
- .....
- .....
- Zil çalar.
- Anahtar açılır.
- .....
- .....
- .....
- Zilin çalması sona erer.

12. Uzunluğu l ve sarım sayısı N olan ideal akım makarasının içindeki +q yüklü K, L ve -q yüklü M parçacıkları şekilde gösterilmiştir. K, L, M yükleri sırasıyla +x, +y, +y yönünde ϑ sürati ile fırlatılmıştır. Akım makarasının üzerinden gösterilen yönde i akımı geçmektedir. Üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde x yatay, y düşey ekseni; z ise sayfaya dik içeri ve dışarı yönleri göstermektedir.





Yer çekiminin etkisi ihmal edildiğine göre

a) Akım makarasının içinde oluşan düzgün manyetik alanın ($\vec{B}$) yönünü belirtiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

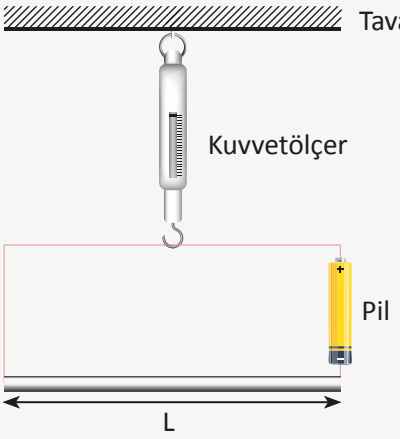
b) K, L ve M yüklerine etki eden manyetik kuvvetin yönünü ve büyüklüğünün matematiksel modelini tabloda verilen alana yazınız.

	Manyetik Kuvvetin Büyüklüğü	Manyetik Kuvvetin Yönü
K		
L		
M		

c) Aşağıdaki tabloda verilen işlemler yapıldığında L yüküne etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğünün değişimini "artar", "azalır", "değişmez" ifadelerinden birini kullanarak tabloya yazınız.

	N/l Oranı Azalırsa	i Artarsa	i Yönü Değişirse	B Artarsa	ϑ Artarsa
Manyetik Kuvvetin Büyüklüğünün Değişimi					

13.



İletken bakır bir tele bağlanmış L uzunluğundaki iletken çubuk, şekildeki gibi bir kuvvetölçer (dinamometre) yardımıyla düşey eksende tavana sabitleniyor ve yere paralel olarak dengede duruyor. Bakır telin üzerinden pil yardımıyla elektrik akımı geçiriliyor. Çubuğun kütlesi m, yer çekimi ivmesi g büyüklüğündedir. Diğer cisimlerin ağırlıkları ihmal edildiğinde kuvvetölçerde okunan değer D_1 oluyor. Tel, sayfaya dik ve içeri yönde, B büyüklüğünde düzgün manyetik alana maruz kaldığında kuvvetölçerde okunan değer D_2; sayfaya dik ve dışarı yönde, B büyüklüğünde düzgün manyetik alana maruz kaldığında okunan değer D_3 oluyor.

Buna göre

a) Kuvvetölçerde okunan sıfırdan farklı D_1, D_2 ve D_3 değerlerini m, g, i, L, B cinsinden ifade ederek karşılaştırınız.

.....

.....

b) Kuvvetölçerde okunan değerin sıfır olduğu durum için elektrik akımı i'yi m, g, L, B cinsinden ifade ediniz.

.....

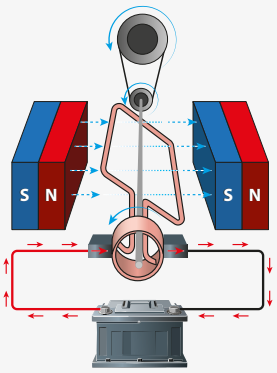
.....

c) Devre pil yerine AC kaynağına bağlandığında D_2'de nasıl bir değişim gerçekleşeceği ile ilgili yorumlarınızı yazınız.

.....

.....

14.

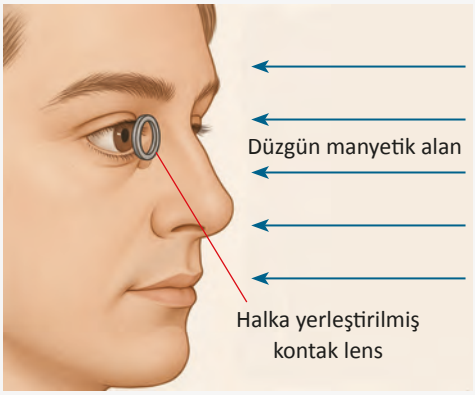


Doğru akımla çalışan bir elektrik motorunun modeli görselde verilmiştir. Elektrik devresine bağlı manyetik alandaki tel çerçeve, devreden akım geçirildiğinde dönmeye başlamaktadır.

Buna göre tel çerçevenin dönme hızını artırmak için aşağıdaki tabloda verilen niceliklerde yapılması gereken değişiklikleri tabloda ilgili alana yazınız.

Nicelikler	Yapılacak Değişiklikler
Tel çerçevedeki sarım sayısı	
Manyetik alanın büyüklüğü	
Devredeki üretecin potansiyel farkı	
Manyetik kuvvetin uygulandığı telin uzunluğu	
Devrede kullanılan telin öz direnci	

15.



Sakkadik göz hareketleri, gözün bir noktadan başka bir noktaya çok hızlı bir şekilde dönmesidir. Odada bir nesneden diğerine hızlıca bakarken ya da bir yazıyı okurken yapılan ani göz hareketleri buna örnek verilebilir. Farkında olunmasa da göz, bu hareketleri saniyede birkaç kez yapıyor olabilir. Bu sürekli gerçekleşen hareket sayesinde bir nesnenin görüntüsünün retinada aynı noktada uzun bir süre belirmesi engellenir. Sakkadik hareket olmasaydı beyin, odaklanılması gereken sabit nesneleri görüş alanı içinde olan ve ilgilenilmeyen hareketli nesneler uğruna görmezden gelirdi. Sakkadik harekette gözün konumu ve dönme süratini ölçmek için kullanılan yöntemlerden birinde kontak lense iletken küçük bir halka yerleştirilir. Kafa bu esnada şekildeki gibi sabit bir manyetik alan içindedir. Göze takılan bu lens, gözle birlikte hareket etmeye başlar. Bu hareket sırasında manyetik sensörler, sakkadik göz hareketlerinin hassas ve hızlı ölçümünü yapar.

Buna göre

a) Bu yöntemin çalışma ilkesini indüksiyon akımı ile ilişkilendirerek açıklayınız.

.....

.....

b) Yarıçapı 7 mm olan çembersel iletken halka, iki lense ayrı ayrı yerleştiriliyor. Lensler iki göze de takılıyor ve göz; 0,02 mT düzgün manyetik alan içinde sakkadik harekete başlıyor.

Halkaların yüzeyindeki maksimum ve minimum manyetik akıyı hesaplayınız. ($\pi = 3$ alınız.)

.....

.....

c) Yarıçapı 7 mm olan çembersel iletken halka, iki lense ayrı ayrı yerleştiriliyor. Lensler iki göze de takılıyor ve göz; 0,04 mT düzgün manyetik alan içinde sakkadik harekete başlıyor. Halkaların yüzey normali ile manyetik alan vektörü arasındaki açı 60°dir.

Buna göre halkaların yüzeyindeki manyetik akıyı hesaplayınız. ($\pi = 3$ alınız.)

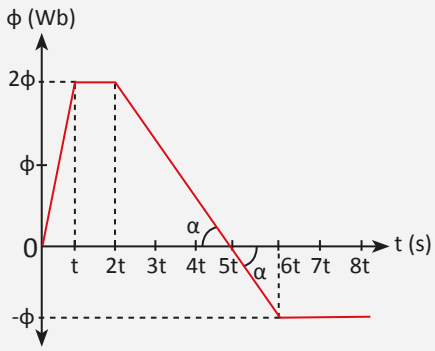
.....

.....

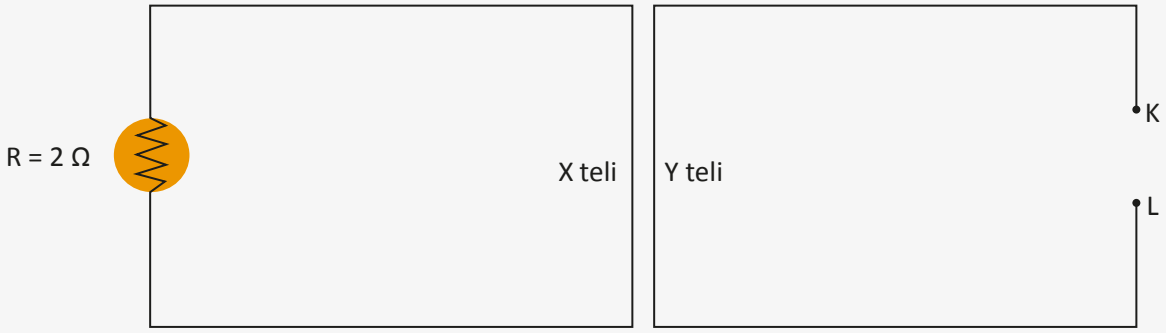
ç) Sakkadik hareket sırasında halkanın yüzeyindeki manyetik akının zamana bağlı değişim grafiği aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tabloda verilen zaman aralıkları ve anlar için indüksiyon gerilimini hesaplayınız ve tabloda ilgili alana yazınız. ($\sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos 60 = \frac{1}{2}$ alınız.)

ϕ-t Grafiği	**İndüksiyon Gerilimi**			
	0-t Zaman Aralığı	**t-2t Zaman Aralığı**	**4t Anı**	**7t Anı**



16. Şekilde R = 2 Ω büyüklüğünde dirence sahip bir lambanın bağlı olduğu bir elektrik devresi ve bu devrenin yanında bulunan başka bir elektrik devresi verilmiştir. K ile L uçları arasında DC veya AC kaynağı bulunmaktadır. DC kaynağının gerilimi, AC kaynağının ise frekansı sabittir.



Buna göre

a) Aşağıdaki ifadelerden doğru olanların başındaki kutuyu "✓" ile işaretleyiniz. (Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz.)

☐ K ile L arasında DC kaynağı varsa lambanın bağlı olduğu devrenin sınırları içindeki manyetik akı zamanla değişir.

☐ K ile L arasında AC kaynağı varsa lambanın bağlı olduğu devrenin sınırları içindeki manyetik akı zamanla değişir.

☐ K ile L arasında DC kaynağı varsa lamba yanmaz.

☐ K ile L arasında AC kaynağı varsa lamba yanar.

☐ K ile L arasında AC kaynağı varsa lambanın parlaklığı sabit olur.

b) Devreye bir DC kaynağı pozitif kutbu K, negatif kutbu L olacak şekilde bağlanıyor.

Kaynağın gerilimi artırılırken lambanın bulunduğu devrede oluşan indiksiyon akımının yönünü "saatin dönme yönü" ya da "saatin dönme yönünün tersi" şeklinde belirterek gerekçesiyle yazınız.

.....

.....

.....

c) K ile L arasında AC kaynağı varsa X ve Y tellerinin birbirine hangi yönde manyetik kuvvet uygulayabileceğini açıklayınız.

.....

.....

.....

ç) Lambanın bulunduğu devredeki manyetik akı değişimi 2 s'de 10 Wb'dir.

Bu zaman aralığında lambanın üzerinden geçen indüksiyon akımını ve bu akımı oluşturan indüksiyon gerilimini bulunuz.

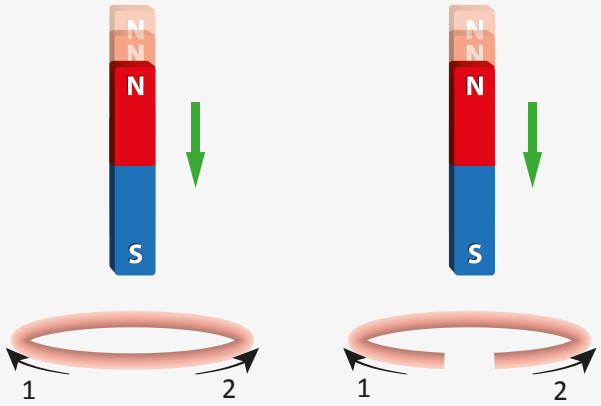
.....

.....

.....

.....

17. İki özdeş mıknatıstan biri, Şekil I'deki gibi halka şeklindeki iletken bir bileziğin h kadar üzerinden bırakılıyor. Şekil II'de ise diğer mıknatıs, iletken olan fakat bir kısmında boşluk bulunan bileziğin h kadar üzerinden bırakılıyor. Mıknatıslar yer çekimi etkisinde düşme hareketine başlıyor.



Şekil I Şekil II

Hava sürtünmesi ihmal edildiğine göre

a) Mıknatıslar bileziğe ulaşana kadar bileziklerde oluşan indüksiyon akımı için

I. Şekil I'de 1 yönünde oluşur.
II. Şekil II'de oluşmaz.
III. Şekil I'de akımın büyüklüğü sabittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) II ve III

b) Şekil I ve Şekil II'deki mıknatıslar bileziklere ulaşana kadar ve bileziklere ulaştıktan sonra herhangi bir anda mıknatıslara etki eden kuvvetlerin yönünü tabloda verilen uygun alanlara çiziniz.

Şekil I'deki Mıknatısa Etki Eden Kuvvetler		**Şekil II'deki Mıknatısa Etki Eden Kuvvetler**	
Bileziğe ulaşana kadar	Bileziğe ulaştıktan sonra	Bileziğe ulaşana kadar	Bileziğe ulaştıktan sonra

c) Hangi mıknatısın bileziğe daha erken ulaşacağını gerekçeleriyle açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

18.



Avustralya'ya geziye giden Can; otel odasında duvara monte edilmiş, şekildeki cihazla karşılaşıyor. Cihazda farklı fiş türleri için farklı priz giriş tipleri görülmektedir. Can, AC gerilimle çalışan kablolu tıraş makinesini hangi prize takması gerektiğini düşünürken makinenin üzerinde 120 V yazısını görüyor. Avustralya'daki AC gerilimin etkin değeri yaklaşık 240 V ve frekansı 50 Hz'dir.

Buna göre

a) Görseldeki cihazın çalışma ilkesini indüksiyon gerilimi ile ilişkilendirerek açıklayınız.

.....

.....

b) Can'ın tıraş makinesini uygun prize taktığı durum için cihaz içindeki transformatörün türünü "alçaltıcı" ya da "yükseltici" olarak gerekçeleriyle belirtiniz.

.....

.....

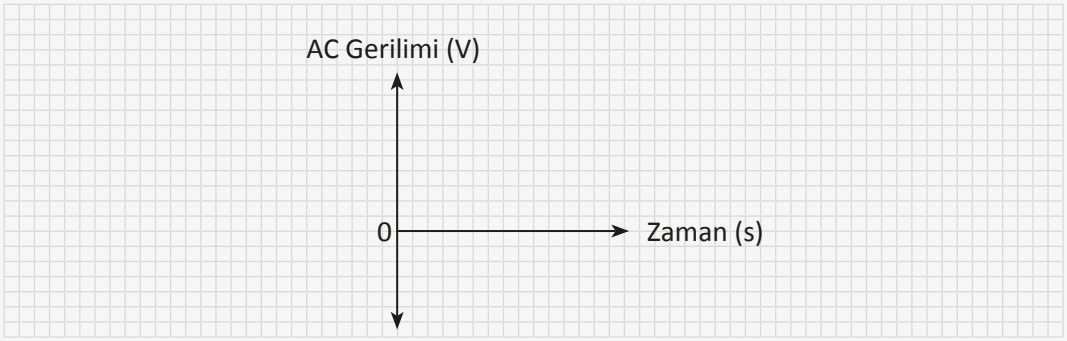
c) Can'ın tıraş makinesinin çalışmasını sağlayan cihaz içindeki transformatörün birincil ve ikincil sarım sayıları oranını bulunuz.

.....

.....

.....

ç) Cihazın bağlı olduğu AC kaynağının geriliminin zamana bağlı değişim grafiğini iki periyotluk süre için çiziniz.



d) Cihazın bağlı olduğu AC kaynağının geriliminin saniyede kaç kere maksimum değere ulaştığını ve kaç kere sıfır olduğunu belirtiniz.

.....

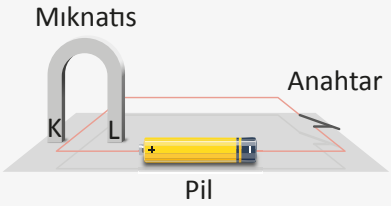
.....

.....

e) Can'ın tıraş makinesinin çalışmasını sağlayan cihaz içindeki transformatörün birincil ve ikincil akım büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

19. 

Şekildeki gibi bir elektrik devresinde iletken telin bir kısmı, U mıknatısın K ve L uçları arasında sabitleniyor. Pile bağlı devrede anahtar kapatıldığında tele etki eden kuvvet yukarı yönde oluyor.

Buna göre

a) Mıknatısın K ve L uçlarının hangi manyetik kutup olduğunu belirtiniz.

.....

.....

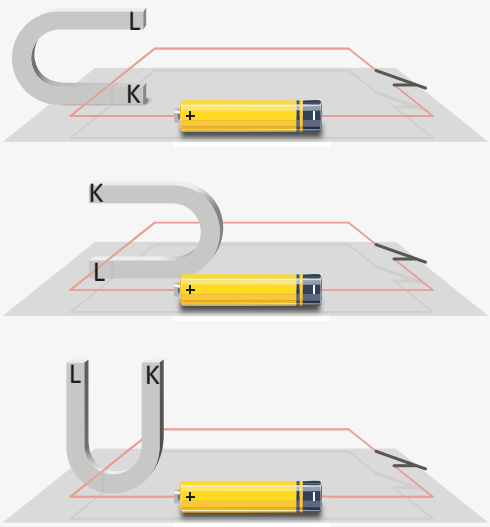
.....

.....

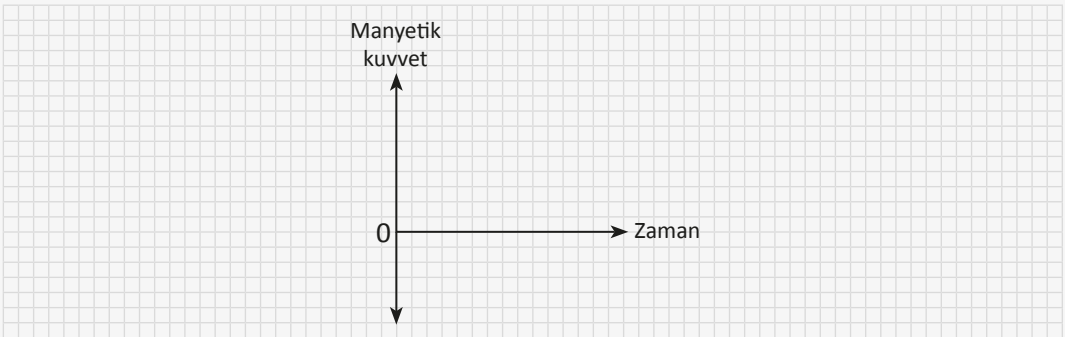
.....

.....

b) Mıknatısın farklı konumlarına göre tele etki eden manyetik kuvvetin yönünü aşağıdaki şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

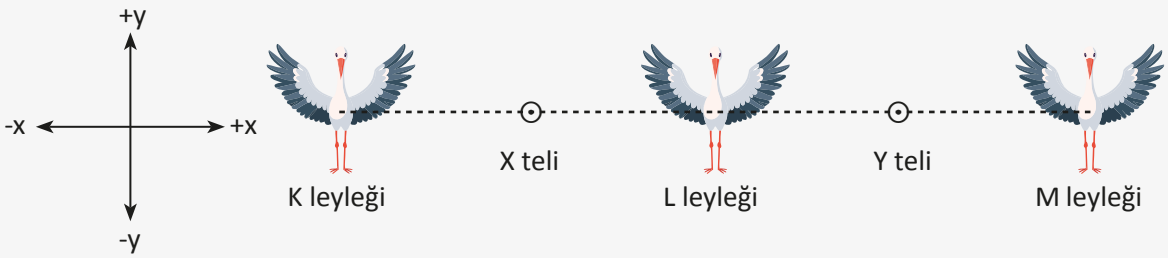


c) Devrede pil yerine alternatif akım kaynağının kullanıldığı durum için tele etki eden manyetik kuvvetin zamana bağlı değişim grafiğini çiziniz.



20. Göçmen kuşlar, Dünya'nın manyetik alanını algılayarak yönlerini tayin eder. Yüksek gerilim hatlarının yakınında uçtuklarında bu hatların oluşturduğu yapay manyetik alanı da algılayabildikleri için kuşların yönlerinde sapmalar meydana gelebilir.

Aşağıdaki şekilde yeterince uzun, birbirine ve yere paralel, yüksek gerilim hattını oluşturan iki düz iletken telin kesitsel görüntüsü verilmiştir. K, L ve M leylekleri, bu telleri birleştiren doğrultu boyunca sıralanmış uçmaktadır. Tellerden geçen akımların büyüklükleri eşit ve yönleri sayfadan dışarı doğrudur. Dünya'nın manyetik alanının büyüklüğü B ve yönü sayfadan dışarı doğrudur. Leylekler noktasal ve leyleklerin yanlarındaki tellere olan uzaklıkları birbirine eşit kabul edilmiştir.



X telinin K leyleğinin olduğu noktada oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü B olduğuna göre

a) X telinin K leyleğinin olduğu noktada oluşturduğu manyetik alanın yönünü bulunuz.

.....

.....

.....

.....

b) Y telinin K leyleğinin olduğu noktada oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünü B ile karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

c) K, L ve M leyleklerinin olduğu noktalarda tellerin oluşturduğu bileşke manyetik alan büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

ç) K, L ve M leyleklerinin olduğu noktalardaki bileşke manyetik alan büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

d) M leyleğinin olduğu noktada yalnız Y telinin ve Dünya'nın oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünü B cinsinden ifade ediniz.

.....

.....

.....

.....

e) Leyleklerin rotalarından sapma durumlarını yorumlayınız.

.....

.....

.....

.....

21. Manyetik akı ve manyetik akıya etki eden etmenler ile ilgili analoji kurmak için aşağıdaki tabloda verilen örnekleri inceleyiniz. Örneklerde manyetik akıyı, manyetik alanı, yüzey alanını ve manyetik alan vektörü ile yüzey normali arasındaki açıyı temsil eden durumları belirleyiniz. Daha sonra tabloda boş bırakılan alanları kurulan analojiye göre doldurunuz.

Örnekler / Manyetik Akı ve Bileşenleri	Manisa Mesir Macunu Festivali'nde Sultan Camii'nin minaresinden aşağı atılan macunların açılan şemsiye yardımıyla toplanması	Rüzgârın zaman zaman sert estiği bir günde pencerenin açılıp havanın oda içine girmesi
Manyetik akı		
Manyetik alan		
Yüzey alanı		
Manyetik alan vektörü ve yüzey alanı arasındaki açı		

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

22. İçten yanmalı motorlarda pistonların doğrusal hareketi, farklı mekanizmaların yardımıyla tekerleklerde çembersel harekete çevrilir. Elektrikli araçların elektrik motorları ise çembersel hareket oluşturduğundan bu hareket başka sistemlere ihtiyaç duyulmadan tekerleklere aktarılabilir. Elektrik motorları dakikada yaklaşık 18 000 devire (rpm) kadar çıkabilir ve geniş bir devir aralığında yüksek verimle çalışabilir. İçten yanmalı motorlarda ise ideal çalışma aralığı genellikle 2000–4000 rpm arasındadır ve maksimum güç çoğunlukla yüksek devirlerde elde edilir. Bu nedenle içten yanmalı araçlarda çok vitesli şanzıman sistemleri kullanılırken elektrikli araçlarda genellikle tek vitesli sistemler yeterli olur. Bunun yanı sıra daha az hareketli parçaya sahip olan elektrikli araçların bakım ihtiyacı düşüktür ve enerji dönüşüm verimleri daha yüksektir. Elektrikli araçların batarya maliyetleri yüksektir ve şarj altyapısı henüz her yerde yeterince yaygın değildir. İçten yanmalı motorlu araçlarda ise yakıt istasyonları yaygın olup menzil avantajı bulunmaktadır ancak bu araçlarda enerji kaybı daha fazladır ve düzenli bakım gereklidir.

Buna göre

a) Aşağıdakilerden hangisi elektrikli araçların içten yanmalı araçlara göre avantajlarından biri değildir?

A) Daha yüksek enerji verimliliğine sahip olması

B) Daha az hareketli parça içermesi

C) Daha yaygın enerji dolum altyapısına sahip olması

D) Geniş devir aralığında verimli çalışabilmesi

E) Daha az bakım gerektirmesi

b) Metinden hareketle aşağıdaki yargılardan hangisine ulaşılabilir?

A) Elektrikli araçların menzili her zaman içten yanmalı araçlardan fazladır.

B) İçten yanmalı araçlar bakım gerektirmeyen sistemlerdir.

C) Elektrikli araçlar enerji dönüşümünde daha verimli olabilir.

D) Elektrikli araçlarda şanzıman sistemi hiç kullanılmaz.

E) İçten yanmalı araçlar düşük devirlerde maksimum güç üretir.

c) İçten yanmalı motorların çok vitesli şanzımana ihtiyaç duymasının nedeni aşağıdakilerden hangisiyle en doğru şekilde açıklanır?

A) Yalnızca yüksek devirlerde maksimum güce ulaşabilmesi

B) Verimli olduğu devir aralığının sınırlı olması

C) Düşük devirlerde yeterli döndürme etkisi oluşturamaması

D) Gücü tekerleklere her hızda verimli aktaramaması

E) Farklı sürüş koşullarında uygun devirde tutulmasının gerekmesi

ç) Aşağıdaki karşılaştırmalardan hangisi yanlıştır?

A) Elektrikli araçlar → daha az bakım ihtiyacı

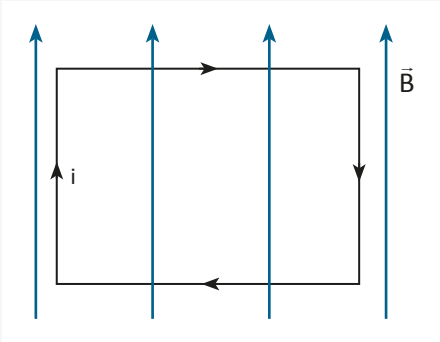
B) İçten yanmalı araçlar → daha yaygın enerji altyapısı

C) Elektrikli araçlar → daha yüksek enerji verimliliği

D) İçten yanmalı araçlar → daha az enerji kaybı

E) Elektrikli araçlar → daha az mekanik karmaşıklık

23.



Dünya'nın manyetik alanı Ekvator'da yere paralel, manyetik kutup noktalarında ise yere diktir. Üzerinden akım geçen dikdörtgen tel çerçeve; Ekvator, manyetik kuzey kutbu ve manyetik güney kutbu konumlarında yere paralel olacak şekilde yerden belirli bir yükseklikte tutuluyor. Çerçevenin bulunduğu konumlarda Dünya'nın manyetik alanı düzgün kabul edilmiştir. Şekilde Ekvator'da bulunan çerçevenin üstten görünümü, Dünya'nın manyetik alanının ve akımın yönü gösterilmiştir.

Çerçeveler serbestçe dönebildiklerine göre

a) Ekvator'da bulunan şekildeki tel çerçevenin kenarlarına etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü şekil üzerinde çizerek çerçevenin dönme durumu ile ilgili yorumlarınızı yazınız.

.....

.....

.....

.....

b) Ekvator'da bulunan şekildeki tel çerçevenin kenarlarına etki eden manyetik kuvvetlerin döndürme etkisinin büyüklüğünü artırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

.....

.....

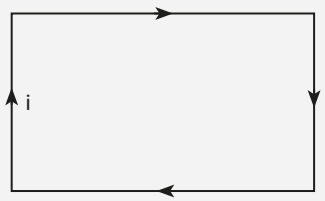
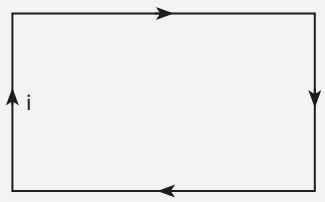
.....

.....

.....

c) Aşağıda tel çerçevenin bulunduğu iki farklı konumda üstten görünümü verilmiştir.

Her iki durum için Dünya'nın manyetik alanını ve çerçevenin kenarlarına etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

Manyetik Kuzey Kutbundaki Çerçeve	Manyetik Güney Kutbundaki Çerçeve
	

ç) Manyetik kuzey ve manyetik güney kutbunda bulunan c maddesindeki çerçevelerin dönme durumu ile ilgili yorumlarınızı yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

24. Türkiye'nin 2025 yılı Mayıs ayı sonu itibarıyla elektrik üretimi kurulu gücü yaklaşık 119 MW'a ulaşmıştır. Kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı yaklaşık olarak %27,1'i hidrolik enerji, %20,6'sı doğal gaz, %19'u güneş, %18,4'ü kömür, %11,2'si rüzgâr, %1,5'i jeotermal ve %2,2'si diğer kaynaklar şeklindedir. Elektrik enerjisi üretim santrali sayısı ise yaklaşık 36 068'dir. Bunun 381'i rüzgâr santralidir. Kurulu gücü ile Türkiye'nin en büyük rüzgâr enerji santrali (RES) olan Manisa Soma RES, 2007 yılında şehrin dışında bir bölgeye kurulmuştur. Avrupa'nın 7. büyük rüzgâr santrali olan Soma RES, Avrupa'nın en büyük rüzgâr santrali olmayı hedeflemektedir. Yenilenebilir enerjinin önemli bileşenlerinden olan RES'lerde pervane kanatlarına bağlı sistemler rüzgâr enerjisiyle döndürülür ve böylece elektrik üretilir. Soma RES'te üretilen elektriğin frekansı 50 Hz ve geriliminin etkin değeri yaklaşık 220 V'tur.

Buna göre

a) RES'lerde üretilen elektrik enerjisi ile pillerde üretilen elektrik enerjisinin üretilme ilkelerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

b) Soma RES'in şehir dışına kurulma sebebini açıklayınız.

.....

.....

.....

c) Soma RES'te üretilen elektrik enerjisinin gerilimi transformatörler yardımıyla değiştirildikten sonra şehirlere taşınır.

Üretilen elektrik enerjisinin şehir merkezine taşınırken ortaya çıkan kayıpların azaltılmasında transformatörlerin rolünü açıklayınız.

.....

.....

.....

ç) Soma RES'in ürettiği elektrikle çalışan bir elektrik devresindeki lamba saniyede kaç kez söner? Açıklayınız.

.....

.....

.....

d) Soma RES'in ürettiği elektrikle çalışan elektrik devresindeki lamba üzerinden geçen akım saniyede kaç kez en büyük değerine ulaşır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

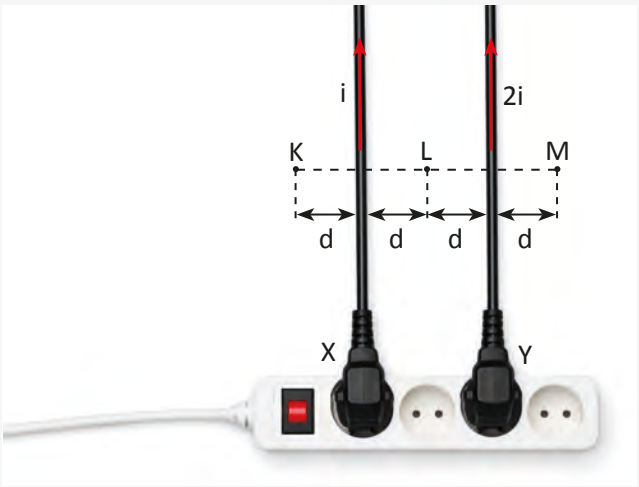
e) Soma RES tarafından üretilen elektriğin maksimum gerilimi kaç V'tur?

.....

.....

.....

25.



Yatay zemine paralel olan X ve Y kablolarının fişleri zemine paralel hâldeki dörtlü prize şekildeki gibi bağlanıyor. Aralarındaki mesafe 2d kadar olan X ve Y kablolarından sırasıyla aynı yönde i ve 2i büyüklüğünde elektrik akımı geçiyor. Sonsuz uzunlukta iletken düz teller olarak kabul edilen kablolara dik uzaklıkları verilen K, L ve M noktaları şekilde gösterilmiştir. K noktası X teline, M noktası ise Y teline d kadar uzaklıktadır. L noktası tellerin tam ortasında bulunmaktadır.

Buna göre

a) K, L ve M noktalarında X ve Y tellerinin oluşturduğu bileşke manyetik alan büyüklüklerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) L noktasındaki manyetik alanın büyüklüğünü artırmak için aşağıdaki işlemlerden hangisi yapılmalıdır?

A) X telinden geçen akımın büyüklüğü 2i yapılmalıdır.

B) X telinden geçen akımın yönü değiştirilmelidir.

C) Y telinden geçen akımın büyüklüğü i yapılmalıdır.

D) Tellerden geçen akımların yönü değiştirilmelidir.

E) X telinden geçen akımın büyüklüğü 3i yapılmalıdır.

c) M noktasına zemine dik olacak şekilde üzerinden 2i büyüklüğünde akım geçen ve sonsuz uzunlukta kabul edilen Z teli yerleştiriliyor.

Buna göre aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) K noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü azalır.

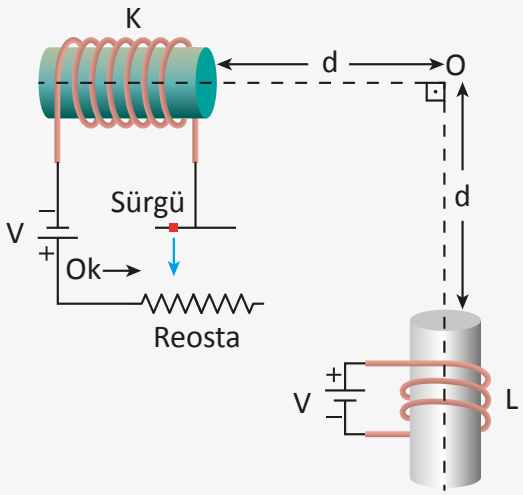
B) K noktasında X ve Z tellerinin oluşturduğu manyetik alan birbirine eşittir.

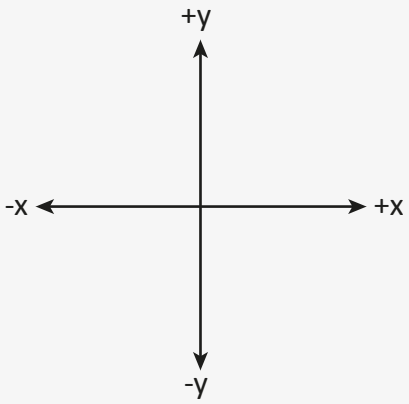
C) L noktasında X ve Z tellerinin oluşturduğu manyetik alan birbirine eşittir.

D) L noktasında X ve Z tellerinin oluşturduğu manyetik alan büyüklüğü birbirine eşittir.

E) L noktasındaki bileşke manyetik alan büyüklüğü Z telinden geçen akımın yönüne bağlıdır.

26. K ve L akım makaraları gerilimi V olan pillere bağlandıktan sonra makaraların üzerinden geçen akımın şiddeti i büyüklüğünde olmaktadır. Akım makaraları, şekildeki gibi merkez eksenlerinden geçen doğrultular birbirine dik ve O noktasında kesişecek biçimde yerleştiriliyor. O noktasının K ve L makaralarının yakın uçlarına uzaklıkları birbirine eşit ve d kadardır. K akım makarası bir reostaya bağlanmıştır.





Dünya'nın manyetik alanı ihmal edildiğine göre

a) O noktasında akım makaralarının oluşturduğu manyetik alanın yönünü aşağıda verilen tabloda ilgili alana çizerek gösteriniz.

K Akım Makarasının Oluşturduğu Manyetik Alanın Yönü	L Akım Makarasının Oluşturduğu Manyetik Alanın Yönü	Bileşke Manyetik Alanın Yönü

b) Reostanın sürgüsü ok yönünde çekildiğinde O noktasında akım makaralarının oluşturduğu bileşke manyetik alanın değişimi hakkında ne söylenebilir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

c) O noktasına bir pusula yerleştiriliyor ve pusula iğnesinin N kutbunun denge durumunda +x ve -y yönlerinin arasında olması isteniyor.

Bu durumun gerçekleşmesi için aşağıdaki işlemlerden hangisi yapılmalıdır?

A) Reosta sürgüsünü ok yönünün tersi yönde hareket ettirmek

B) L akım makarasının bağlı olduğu pilin potansiyel farkını artırmak

C) K akım makarasının bağlı olduğu pilin kutuplarının yerini değiştirmek

D) L akım makarasının birim uzunluktaki sarım sayısını artırmak

E) L akım makarasının bağlı olduğu pilin kutuplarının yerini değiştirmek

ç) O noktasına bir pusula yerleştiriliyor ve pusula iğnesinin denge konumuna gelmesi bekleniyor.

Pusula iğnesinin N kutbunun yönelimi ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) +x ve +y yönleri arasında ve x ekseni ile 45° açı yapacak şekilde yönelmiş olabilir.

B) Reosta sürgüsü ok yönünde hareket ettirilirse +y yönüne doğru hafifçe sapar.

C) K akım makarası O noktasına yaklaştırılırsa +x yönüne doğru hafifçe sapar.

D) L akım makarası O noktasından uzaklaştırılırsa +x yönüne doğru hafifçe sapar.

E) L akım makarasının birim uzunluktaki sarım sayısı artırılırsa -y yönüne doğru hafifçe sapar.

d) Üzerinden i büyüklüğünde akım geçen, sarım sayısı N, uzunluğu L olan K akım makarasının O noktasında oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü B olarak ölçülüyor.

Buna göre O noktasında akım makaralarının oluşturduğu bileşke manyetik alanın büyüklüğünü L akım makarasının aşağıda verilen farklı durumları için tabloya yazınız.

L Akım Makarası	Sarım Sayısı	Uzunluk	Akım Büyüklüğü	Bileşke Manyetik Alanın Büyüklüğü
1. durum	N	L	i	
2. durum	2N	L	i	
3. durum	4N	4L	2i	
4. durum	N	2L	6i	

Karekoddan yararlanarak daha fazla soruya ulaşabilirsiniz.



3. ÜNİTE

OPTİK

3.1. IŞIK ŞİDDETİ, IŞIK AKISI VE AYDINLANMA

3.2. DÜZLEM AYNALAR

3.3. KÜRESEL AYNALAR

3.4. KIRILMA

3.5. GÖRÜNÜR DERİNLİK

3.6. FİBER OPTİK

3.7. PRİZMALAR

3.8. MERCEKLER

Anahtar Kavramlar

- **ışık şiddeti**
- **ışık akısı**
- **aydınlanma**
- **merkez**
- **tepe noktası**
- **asal eksen**
- **ortamın ışığı kırma indisi**
- **Snell Yasası**
- **tam yansıma**
- **sınır açısı**
- **görünür derinlik**
- **fiber optik**

Bu ünitede sizlerden

- ışık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma kavramlarını tanımlamanız,
- düzlem aynaları kullanarak model oluşturmanız,
- küresel aynaların ve merceklerin yapılarını karşılaştırmanız,
- küresel aynalarda ve merceklerde görüntü oluşumu ile ilgili deney yapmanız,
- ışığın saydam ortamlardaki davranışını kullanarak deney düzeneği oluşturmanız,
- görünür derinliği gözlemlemeniz,
- fiber optik malzemelerin yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanlarına ilişkin bilgi toplamanız,
- prizmalar ve prizmalar ile kurulan optik sistemler hakkında çıkarım yapmanız

beklenmektedir.

Bu ünitede sizlerden çalışma yaprağındaki soruları cevaplamanız, ürün veya model tasarlamanız, çizimler yapmanız, tablo oluşturmanız, farklı madde türleri içeren testleri çözmeniz, poster veya slayt hazırlamanız istenmektedir.



Ünite Karekodu

Ünite Sunusu Karekodu

Odeillo (Odeyyo) Güneş Fırını, Fransa'nın İspanya sınırına yakın bir bölgesinde yer almaktadır. Bu fırın, içbükey parabolik bir aynanın hemen dibine inşa edilen dev bir kule ve karşısındaki yamaca amfi tiyatro şeklinde üst üste sıralanarak yerleştirilmiş düzlem aynalardan oluşmaktadır. Yamaca yerleştirilen bu düzlem aynalar güneş ışınlarını toplayarak ana parabolik aynaya yönlendirir ve böylece ışınların bir noktada yoğunlaşması sağlanır. Bu tasarım sayesinde güneş enerjisi maksimum verimlilikle toplanarak son derece yüksek sıcaklıklara ulaşılabilmektedir.

Odeillo Güneş Fırını, eritilmesi çok yüksek ısı gerektiren malzemeleri eritebilecek doğal ve temiz bir ısı kaynağına duyulan ihtiyaçtan ortaya çıkmıştır. Klasik eritme ocakları, ısıtma sırasında azot ve oksijen bileşenleri yayarak eritilen malzemeleri kirletmektedir. Güneş fırını ise hem doğa hem de çalışılan malzemeler için temiz enerji üretmektedir.

Odeillo Güneş Fırını'nda elde edilen 1000 kW güç ve 3500 °C'a ulaşan sıcaklık, kalın bir çelik levhayı birkaç saniye içinde delmeye veya dayanıklı bir madeni kısa sürede eritmeye yeterlidir. Odeillo Güneş Fırını, güneş enerjisini endüstriyel amaçlar için kullanan ilk güneş fırını olmuştur.

Başlarken

1. Görsellerden yararlanarak "ışın, ışık ve aydınlanma" kavramları ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.



Tarihî bir binanın dış cephe aydınlatmasında binanın bazı bölümlerine fazla, bazı bölümlerine ise daha az ışık düşer.

Bu durumun sebepleri nelerdir?

.....

.....

.....

.....



Bir anahtar deliğinden, bulutların arasından veya stadyumun çatısındaki ışık kaynaklarından çıkan ışık nasıl yayılır? Işığın izlediği yol nasıl gösterilebilir?

.....

.....

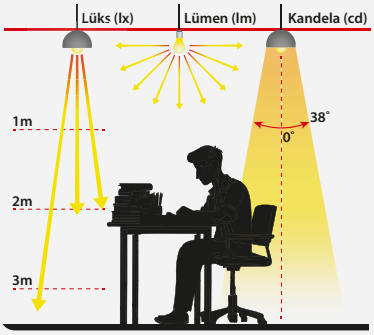
.....

.....

2. Günlük hayatta gördüğünüz olaylardan ve geçmiş öğrenmelerinizden yararlanarak ışın, ışık ve aydınlanma kavramlarının tanımını kendi cümlelerinizle aşağıdaki tabloya yazınız.

Işın	
Işık	
Aydınlanma	

3.



Odasında çalışan öğrencinin üzerindeki üç ışık kaynağını "ışın, ışık ve aydınlanma" kavramlarından uygun olanlarla eşleştiriniz.

.....

.....

.....

.....

4. Aşağıdaki tabloda verilen düzlem ayna, küresel ayna ve merceklerin temel özellikleri ile ilgili boşlukları uygun şekilde doldurunuz.

AYNALAR			
Ayna Çeşidi	**Düzlem Aynalar**	**Küresel Aynalar**	
		Çukur Aynalar	**Tümsek Aynalar**
Aynanın Özellikleri	• Yansıtıcı yüzeyi düzdür.	• Paralel gelen ışığı bir noktada toplar. •	• Görüş alanını artırabilir. • .....
Görüntü Özellikleri	• Cisme göre düz ve simetriktir. •	• Cismin aynaya olan konumuna göre düz ya da ters olabilir. •	• .....
Günlük Hayat Örnekleri	• Evlerde duvara asılan aynalar •	• Diş hekimlerinin muayenede kullandığı aynalar •	• Arabaların yan tarafındaki aynalar • .....

MERCEKLER		
Mercek Çeşidi	**İnce Kenarlı Mercekler**	**Kalın Kenarlı Mercekler**
Merceğin Özellikleri	• Kenarları ince, ortası şişkin olan merceklerdir. •	• Üzerine gelen ışığı dağıtacak şekilde kırar. • .....
Görüntü Özellikleri	•	• Cisme göre düz ve küçüktür.
Günlük Hayat Örnekleri	• Büyüteç •	• Uzağı net göremeyen kişilerin yaşadığı miyop göz kusurunda kullanılan gözlük camları • .....

5. Aşağıda soru ve cevap kartları verilmiştir. Soru kartlarının başında verilen harfleri, cevap kartlarının başında bulunan yay ayracın içine yazarak soru ve cevapları doğru bir şekilde eşleştiriniz.

a) Yansıma nedir?

b) Kırılma nedir?

c) Odak noktası nedir?

(...) Işığın saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçerken hareket doğrultusunu değiştirmesidir.

(...) Küresel ayna ve merceklerde asal eksene paralel olarak gönderilen ışınların yansıdıktan ya da kırıldıktan sonra toplandığı ya da dağılıyormuş gibi göründüğü noktadır.

(...) Işığın bir yüzeye çarparak geldiği ortama dönmesidir.

(...) Işık kaynağından çıkan ışınların izlediği yoldur.

3.1. IŞIK ŞİDDETİ, IŞIK AKISI VE AYDINLANMA

Fiziğin alt dallarından biri olan optik; ışığın yapısını, davranışlarını, ışık olaylarını ve ışığın madde ile etkileşimini inceler. Işık, günlük hayatta karşılaşılan pek çok olayın temelinde yer alır. Güneş, yeryüzündeki tüm canlılar için temel doğal ışık kaynağıdır (Görsel 3.1). Dış dünya ışık sayesinde algılanır; renkler, gölgeler ve yakamoz ışık sayesinde oluşur. Bitkiler ışık sayesinde fotosentez yaparak besin ve oksijen üretir.



Görsel 3.1: *Doğal ışık kaynağı Güneş*

Işık, insanların uyku ve uyanıklık döngüsünün düzenlenmesinde önemli bir işlev görür. İnsanların kemik gelişimi ve bağışıklık sistemi için gerekli olan D vitamini ancak güneş ışığı yardımıyla sentezlenebilir. Yeterli gün ışığı almak hem beden hem de ruh sağlığını olumlu yönde etkiler.

1. Etkinlik Işık Şiddeti, Işık Akısı ve Aydınlanma

Amaç	Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma kavramlarına ilişkin bilimsel çıkarım yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, sınıftaki ışık kaynakları, püskürtme boya ve kâğıt
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

1. Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma ölçülebilen niceliklerdir.

Sınıfınızda bulunan ışık kaynaklarını (lamba, akıllı tahta vb.) ve perdeleri kapatarak sınıfın yeterince karanlık olmasını sağlayınız.

2. Sırasıyla önce sadece lambaları, sonra sadece perdeleri, daha sonra sırasıyla perde ve lambaları birer birer açarak sınıfta oluşan aydınlanmayı gözlemleyiniz ve bu gözlemlerinize dayanarak aşağıdaki soruların cevaplarını verilen alanlara yazınız.

a) Işık kaynaklarını birer birer açtığınızda sınıfın aydınlanmasında nasıl bir değişiklik oldu?

b) Sadece lambaları açtığınızda sınıfın yan duvarlarının tavana ve yere yakın bölgelerindeki aydınlanma eşit şekilde mi gerçekleşti?

c) Gündüz sadece perdeleri açtığınızda sınıfta oluşan aydınlanmada nasıl bir değişiklik oldu?

ç) Yeterli aydınlanmanın olduğu ortamlarda enerji tasarrufu sağlamak isteyen birinin yapması gerekenler nelerdir?

3. Birinci adımda yaptığınız tanımları ve üçüncü adımda verdiğiniz cevapları sınıf arkadaşlarınızla paylaşarak tartışınız.

4. Öğretmeninizin sınıfa getirdiği veya aşağıdaki görselde verilen ampul kutusunun üzerindeki lümen niceliğinin ne anlama geldiği ile ilgili tahminlerinizi aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



5. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

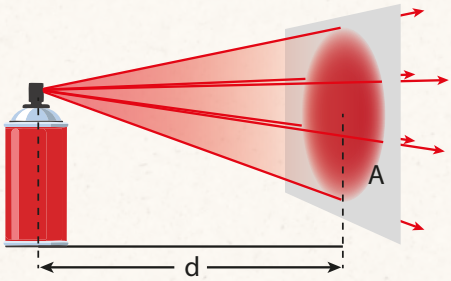
Bir ampulün çalışırken saniyede tükettiği elektrik enerjisine (E) **ampulün gücü** (P) denir. Güç ve enerji arasında zamana bağlı bir ilişki vardır.

Ampulün gücü zamanla değişmez ama tükettiği enerji zamanla artar. Bu durum $E = P \cdot t$ matematiksel modeliyle ifade edilebilir.

Aşağıda verilen elektriksel güç ve elektriksel enerji ile ilgili tabloyu inceleyerek boşlukları uygun şekilde doldurunuz.

Kavram	Sembolü	Matematiksel Modeli	Birimi
Elektriksel güç	P		
Elektriksel enerji	E		

6. Püskürtme boyayı kâğıda dik olacak şekilde yan tarafta verilen görseldeki gibi konumlandırınız. Aşağıda verilen adımları uygulayınız ve soruların cevaplarını altlarındaki alanlara yazınız.



a) Püskürtme boyanın 20 cm önüne dik olarak koyduğunuz kâğıda boyayı 3 s süresince püskürtünüz. Daha sonra başka bir kâğıda aynı işlemi 80 cm mesafeden gerçekleştirerek kâğıtlar üzerinde oluşan koyuluğu inceleyiniz.

Mesafe artışı, boyaların kâğıtlar üzerinde oluşturduğu koyuluğu nasıl etkiledi?

.....

.....

.....

b) Kâğıdı püskürtme boyadan 20 cm uzaklığa dik bir şekilde yerleştiriniz. Daha sonra kâğıt üzerine önce bir adet boyayı, daha sonra yeni bir kâğıda aynı anda iki adet boyayı aynı noktaya gelecek şekilde 3 s süresince püskürterek boyaların kâğıtlar üzerinde oluşturduğu koyuluğu inceleyiniz.

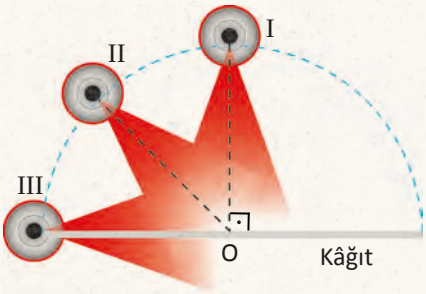
Püskürtülen boya miktarındaki artış, kâğıtlar üzerinde oluşan koyuluğu nasıl etkiledi?

.....

.....

.....

c) Püskürtme boyadan 20 cm uzaklığa bir kâğıdı dik olarak (I) yerleştiriniz ve kâğıda boyayı püskürtünüz. Daha sonra püskürtme boyayı kâğıtla belli bir açı yapacak şekilde (II) yerleştirip aynı işlemi yeni bir kâğıt ile tekrarlayınız. Son olarak püskürtme boyayı başka bir kâğıda paralel olacak şekilde (III) püskürtünüz.



Boya ile kâğıt arasındaki açının değişimi, kâğıtlar üzerinde oluşan koyuluğu nasıl etkiledi?

.....

.....

.....

7. Yedinci basamakta yaptığınız analojik çalışmada boya kaynağın ışık şiddetini, kâğıt ışığın düştüğü yüzey alanını, kâğıt üzerine düşen boya miktarı ışık akısını, kâğıt üzerinde oluşan koyuluk aydınlanmayı temsil etmektedir. Çalışmadan elde ettiğiniz verilerden yararlanarak ışık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma kavramlarının tanımlarını aşağıda verilen alana yazınız.

Işık Şiddeti: .....

.....

Işık Akısı: .....

.....

Aydınlanma: .....

.....

8. Karekoddan yararlanarak "Aydınlanma" isimli simülasyona ulaşınız.

9. Aşağıda açı ve mesafe değerleri verilen ışık kaynağının perde üzerinde oluşturduğu aydınlanmaları tabloda ilgili alanlara yazınız.

	Açı: 90°		Mesafe: 1 m	
	Mesafe (m)	Aydınlanma (lx)	Açı	Aydınlanma (lx)
Okunan Değer	0,4		0°	
	0,5		45°	
	1		30°	

10. Elde ettiğiniz verileri analitik bakış açısı ile inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Aydınlanmayı etkileyen faktörler nelerdir?

.....

b) Aydınlanma bu faktörlerden nasıl etkilenmektedir?

.....

c) Aydınlanmayı bu faktörlerden başka neler etkileyebilir?

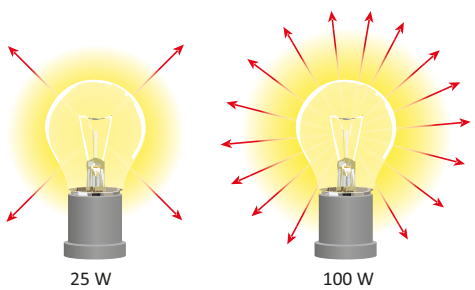
.....

Değerlendirme

Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma kavramlarının bağlı olduğu etmenleri yorumlayarak değerlendirme sonuçlarınızı aşağıdaki tabloda ilgili alanlara yazınız.

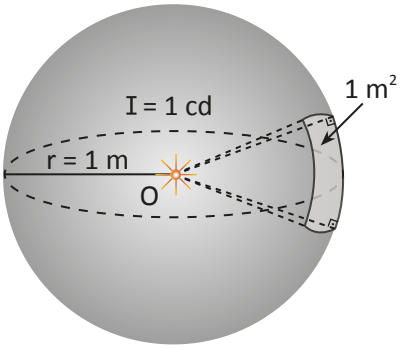
	Işık Şiddeti (I)	Işık Akısı (ϕ)	Aydınlanma (E)
Bağlı Olduğu Etmenler	Sadece ışık kaynağına bağlıdır.		
Değerlendirme Sonuçları	Işık kaynağının yaydığı ışığın enerjisi artarsa ışık şiddeti artar.		

Elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanabilen dalga boylarına sahip bölümü **ışık** olarak adlandırılır. Işığın yayılma doğrultusunu gösteren yönlü doğruya **ışın** denir. Güneş, ateş, şimşek gibi kaynaklar doğal; lazer, akkor ampul, floresan lamba, LED lamba gibi kaynaklar ise yapay ışık kaynaklarıdır.



Şekil 3.1: *Işık şiddeti farklı kaynaklardan yayılan ışın modeli*

Işık, bir enerji türüdür. Bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı ışık enerjisinin bir ölçüsüne kaynağın **ışık şiddeti** denir. Işık şiddeti, ışık kaynağının birim zamanda belli bir doğrultuda yaydığı ışığın yoğunluğunu ifade eder. Temel bir büyüklüktür ve "I" sembolü ile gösterilir. Işık şiddetinin SI'da birimi "candela"dır [kandela (cd)]. Işık şiddeti, aynı zamanda ışık kaynağının yaydığı gücün bir ölçüsüdür. Işınlar, her yöne doğrusal olarak yayıldığı için ışın modellemesi ile gösterilir (Şekil 3.1). Kaynağın ışık şiddeti arttıkça modellemede çizilen ışınların sayısı da artar.



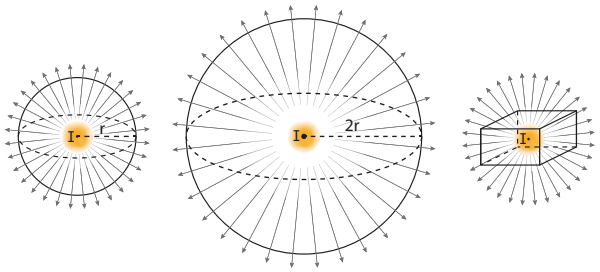
Şekil 3.2: *Işık kaynağının küre yüzeyindeki 1 m²'lik alanda oluşturduğu 1 lm'lik ışık akısı*

Işık akısı, bir ışık kaynağından bir yüzeye birim zamanda düşen ışık miktarının ölçüsüdür. "ϕ" (fi) sembolü ile gösterilen ışık akısının SI'da birimi "lümen"dir [lümen (lm)].

Yarıçapı 1 m olan içi boş kürenin merkezine yerleştirilen ve ışık şiddeti 1 cd olan ışık kaynağının küre yüzeyindeki 1 m²'lik alanda oluşturduğu ışık akısı 1 lm'dir (Şekil 3.2).

İçi boş kürenin merkezine yerleştirilmiş, ışık şiddeti I olan ışık kaynağının, küre yüzeyinde oluşturacağı toplam ışık akısı matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$$



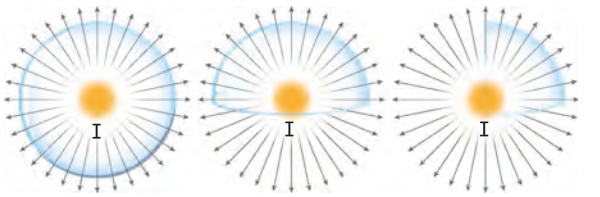
$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$ $\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$ $\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$

Şekil 3.3: *Merkezlerinde özdeş noktasal ışık kaynağı bulunan kapalı yüzeyler*

İçi boş kapalı yüzeylerde ışık akısı sadece kaynağın ışık şiddetine bağlıdır. Kapalı yüzeyin şekline ve kaynağın yüzeye olan uzaklığına bağlı değildir. Merkezlerine özdeş, noktasal ve ışık şiddeti I olan ışık kaynakları yerleştirilmiş içi boş kapalı yüzeylerdeki (Şekil 3.3) toplam ışık akısı $\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$ olup eşittir.

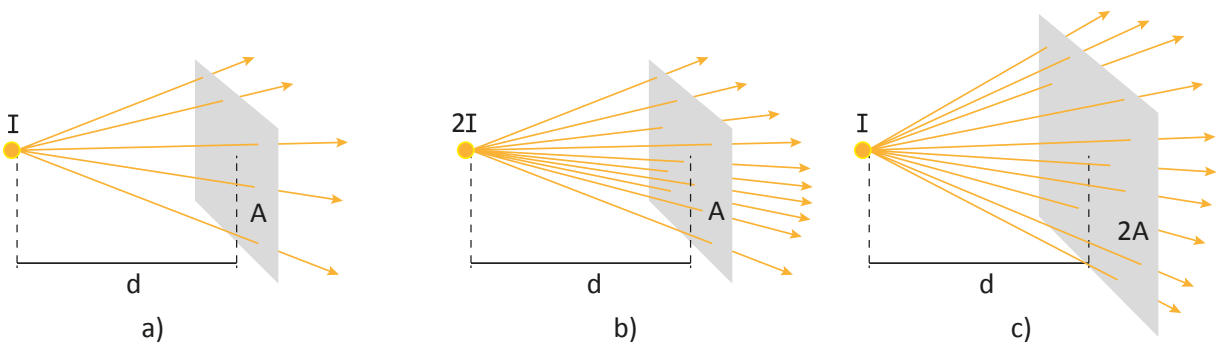
Yüzey alanı ışık kaynağını tamamen çevrelemiyorsa yüzeyin ışık akısı, kaynağın yaydığı toplam ışık akısının yüzeye düşen miktarı kadar olur (Şekil 3.4).

Yüzeye dik olarak yerleştirilen noktasal bir ışık kaynağının ışık şiddeti artırılırsa yüzeye düşen ışık miktarı da artar (Şekil 3.5: a ve Şekil 3.5: b). Bu durum, yüzeydeki ışık akısının da artmasına neden olur. Noktasal ışık kaynağı ile yüzey arasındaki dik uzaklık sabit tutulur ve ışığın düştüğü yüzey alanı artırılırsa ışık akısı artar (Şekil 3.5: a ve Şekil 3.5: c).



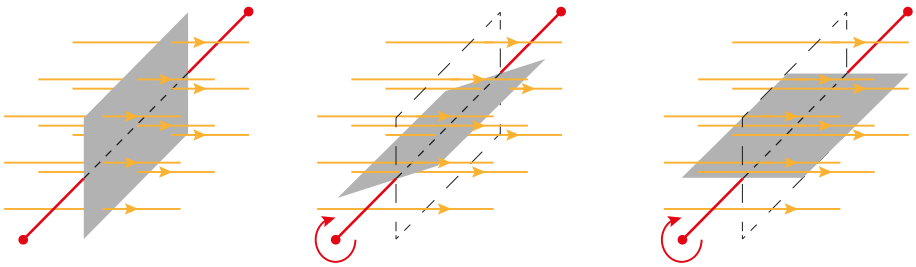
$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$ $\Phi = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \pi \cdot I$ $\Phi = \frac{1}{4} \cdot 4 \cdot \pi \cdot I$

Şekil 3.4: *Farklı yüzeylerin ışık akıları*



Şekil 3.5: *Işık akısının ışık şiddeti ve yüzey alanı ile ilişkisi*

Paralel ışınlar yayan bir ışık kaynağının önüne dik olarak yerleştirilen yüzeydeki ışık akısı maksimumdur. Yüzey Şekil 3.6'daki gibi eksen etrafında döndürülürse yüzeye düşen ışık miktarı giderek azalır ve ışınlara paralel konuma geldiğinde yüzeye hiç ışın düşmeyeceği için ışık akısı sıfır olur.



Şekil 3.6: *Paralel ışınlarda yüzeye düşen ışık miktarındaki değişim*

Işık akısının yüzeye dik olarak düşen miktarına **aydınlanma** denir. Işık akısı ne kadar büyükse aydınlanma o kadar fazla olur. Yüzey alanı arttığında yüzeye daha az ışık dik olarak düşeceğinden aydınlanma miktarı azalır. "E" sembolü ile gösterilen aydınlanmanın SI'da birimi "lüks" tür (lx).

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

r yarıçaplı bir kürenin merkezine yerleştirilen ve ışık şiddeti I olan noktasal bir ışık kaynağının kürenin iç yüzeyindeki herhangi bir noktada oluşturduğu aydınlanma,

$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{4 \cdot \pi \cdot I}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{I}{r^2}$ matematiksel modeli ile bulunur. Bu durumda noktasal bir kaynaktan r kadar uzaklıktaki yüzeye dik gelen ışınların oluşturduğu aydınlanma matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

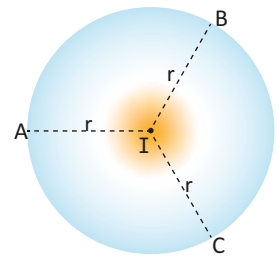
$$E = \frac{I}{r^2}$$

Dolayısıyla Şekil 3.7'de verilen küre yüzeyindeki A, B ve C noktalarının aydınlanmaları eşittir. Işınların bir yüzeye geliş doğrultuları ile yüzey normali arasında α kadarlık bir açı varsa (Şekil 3.8) aydınlanma matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

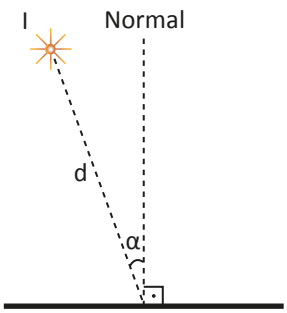
$$E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos\alpha$$

Dolayısıyla aydınlanma, ışınların yüzeydeki bir noktaya dik olarak düştüğü duruma göre azalır. Işınlar yüzeye paralel olarak gelirse yüzeye hiç ışık düşmeyeceği için aydınlanma sıfır olur.

Aydınlanma, ışık kaynağından çıkan ışınların bir yüzeyde oluşturduğu etkidir. Işığın rengi, yayılan ışık miktarı ve yüzeyde oluşacak aydınlanma ışık kaynağına bağlıdır. Bazı evlerde kullanılan ayarlı ışık anahtarları (Görsel 3.2); devreden geçen akımı değiştirerek ampulden yayılan ışık miktarının ve aydınlanmanın istenen şekilde ayarlanmasını sağlar.



Şekil 3.7: *Küre yüzeyindeki herhangi bir noktada oluşan aydınlanma*



Şekil 3.8: *Herhangi bir noktada oluşan aydınlanma*



Görsel 3.2: *Ayarlı ışık anahtarı*

Örnek

Ampul Çeşidi	Akkor	Halojen	Tasarruflu	LED
Işık Akısı (lümen)	Güç			
450	40 W	29 W	9 W	8 W
800	60 W	43 W	14 W	13 W
1100	75 W	53 W	19 W	17 W
1600	100 W	72 W	23 W	20 W
Ömür	1 yıl	1-3 yıl	6-10 yıl	15-25 yıl

Dünya nüfusunun artması ve sanayinin gelişmesi nedeniyle enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla enerjiyi verimli kullanmak önem kazanmaktadır. Yandaki tabloda ampul çeşitleri, bu ampullerin güçleri [watt (W)], yaydıkları toplam ışık akısı (lm) ve yaklaşık ömür değerleri verilmiştir.

Bir oturma odasının aydınlatılması için m^2 başına yaklaşık 300 lm, bir ofis ortamının aydınlatılması için de 400 lm düşecek şekilde bir planlama yapılması önerilmektedir.

Buna göre

a) Bir ampul alınırken sadece güç değerine bakılmasının yeterli olup olmadığını gerekçeleriyle yazınız.

b) Tablodaki ampul çeşitlerinden hangisinin ışık verimliliğinin daha iyi olduğunu gerekçeleriyle yazınız.

c) 25 m^2lik bir oturma odası için gerekli olan 1100 lm'lik LED ve akkor ampul sayısını ve bu ampuller için gerekli güç miktarını hesaplayınız.

ç) 50 m^2lik bir ofis ortamı için enerji tasarrufu sağlamak amacıyla en uygun aydınlatma planlamasını yazınız.

Cevap

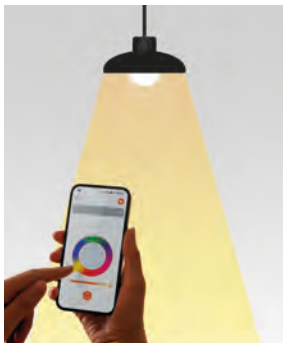
a) Bir ampul alınırken güç değerine bakılması tek başına yeterli değildir. Çünkü güç değeri ampulün birim zamanda harcadığı enerji miktarını gösterir. Bir ampul alınırken ışık akısını gösteren lümen değeri de önemlidir.

b) Bir ampulün lm değeri ne kadar yüksekse ampul o kadar parlak ışık verir, güç değeri ne kadar düşükse aynı sürede daha az enerji harcar. En fazla aydınlatmayı en az enerji tüketerek yapan (lm/W oranı en fazla) lamba ışık verimliliği ve tasarrufu en iyi olan lambadır. 1600 lm'lik aydınlatma sağlamak için (akkor ampul 100 W, LED ampul ise 20 W gücünde olduğundan) akkor ampul aynı sürede LED ampulden daha fazla enerji harcar. Bu nedenle LED ampulün enerji verimliliği ve sağladığı tasarruf daha fazladır.

c) Oturma odasını aydınlatmak için m^2 başına yaklaşık 300 lm gerektiğine göre 25 m^2lik bir oturma odasını aydınlatmak için $300 \cdot 25 = 7500$ lm gerekir. Ortamın ışık tasarrufu sağlayacak şekilde aydınlatılması için gerekli lamba sayısı $7500/1100 \approx 6{,}61$ olarak hesaplanır. Dolayısıyla 1100 lm'lik 7 adet LED lamba ya da akkor lamba ile bu aydınlanma yeterli bir şekilde sağlanabilir. 1100 lm'lik 7 adet LED lamba için $17 \cdot 7 = 119$ W, 7 adet akkor lamba için ise $75 \cdot 7 = 525$ W güç gerekir.

ç) Bir ofis ortamının aydınlatılması için m^2 başına yaklaşık 400 lm gerektiğine göre 50 m^2lik bir ofis ortamının aydınlatılması için $400 \cdot 50 = 20\,000$ lm gerekir. Ortamın ışık tasarrufu sağlayacak şekilde aydınlatılması için lamba sayısı $20\,000/1600 = 12{,}5$ olarak hesaplanır. Dolayısıyla 1600 lm'lik 13 adet LED lamba bu aydınlatma için yeterlidir.

1. Alıştırma



Akıllı ampuller, akıllı cihazlara yüklenen uygulamalarla kontrol edilebilmekte ve bu ampullerde ışık miktarı, renk, ışık verme süresi gibi özellikler ayarlanabilmektedir. Ayrıca evde olunmasa bile ampullerin uzaktan yönetilmesi mümkün olmaktadır.

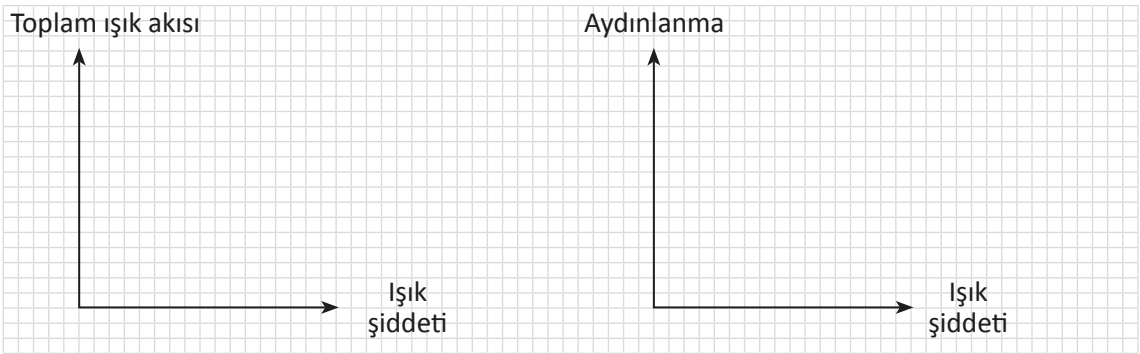
Evinin aydınlatmasında akıllı ampul kullanmaya karar veren Başak, ampulü salonunun tavanındaki avizeye takıyor ve ampulün ışık vermesini sağlıyor.

Buna göre

a) Başak, uygulama üzerinden ışığın parlaklığını artırırsa ampulün ışık şiddetinin, toplam ışık akısının ve zemine yerleştirilen halının bir noktası üzerinde oluşturduğu aydınlanmanın nasıl değişeceğini yazınız.

b) Başak uygulama üzerinden ışığın parlaklığını artırıyor.

Bu durum için ampulün, ışık şiddeti-toplam ışık akısı ve ışık şiddeti-zemine yerleştirilen halının bir noktası üzerinde oluşturduğu aydınlanma grafiklerini çiziniz.



c) Tavana takılan avizenin kablo boyu uzatıldığında ampulün ışık şiddetinin, odadaki toplam ışık akısının ve ışınların halı yüzeyine dik olarak geldiği bir noktadaki aydınlanmanın nasıl değişeceğini yazınız.

ç) Başak aynı lambayı evdeki küçük odalardan birinin avizesine takdığında ampulün ışık şiddetinin ve odadaki toplam ışık akısının ilk duruma göre nasıl değişeceğini yazınız.

2. Alıştırma



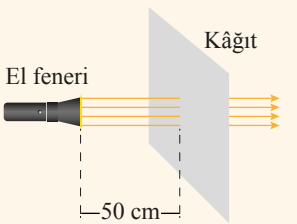
Yandaki görselde verilen tarımsal sulama sisteminde su, yukarıdaki çelik yapılarla sulama hattı boyunca taşınmaktadır. Bu yapılardan aşağıya sarkan boruların uçlarında yağmurlama sistemi bulunmaktadır. Sulama için kullanılacak su miktarı, çiftçi tarafından uzaktan genel ağ bağlantısı ile kontrol edilebilmektedir. Sistem, doğrusal ya da dairesel hatlar boyunca ilerleyerek tarım arazisini etkili bir şekilde sulayabilmektedir.

Aşağıda verilen ışıkla ilgili kavramlarla tarımsal sulama sistemindeki kavramlar arasında benzerlik kurunuz. Işıkla ilgili kavramların başındaki harfleri tarımsal sulama sistemindeki karşılıklarının başındaki yay ayracın içine yazarak kavramlarla benzerlik kurulan unsurları eşleştiriniz.

a)	Işınların izlediği yol	(.....)	Su borusundan çıkan suyun enerjisi
b)	Işık şiddeti	(.....)	Tarım arazisi üzerindeki bir noktaya dik olarak düşen su miktarı
c)	Işık akısı	(.....)	Suyun ilerleme yönü
ç)	Aydınlanma	(.....)	Tarım arazisine belli bir zamanda düşen toplam su miktarı
		(.....)	Sulama yapılan bitkilerin rengi

Çalışma Yaprağı

1. Yeterince karanlık bir ortamda paralel ışık yayan bir adet el fenerinin 50 cm önüne dik şekilde yerleştirilmiş A4 kâğıdının üzerinde oluşan aydınlanma yandaki şekilde verilmiştir.



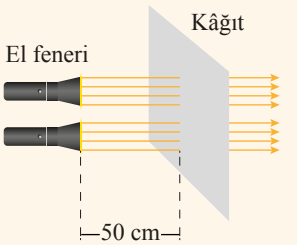
Buna göre

a) A4 kâğıdı el fenerinin 80 cm uzağına konduğunda ışık şiddeti, kâğıt üzerinde oluşan toplam ışık akısı ve kâğıt üzerindeki bir noktada oluşan aydınlanma nasıl değişir? Gerekçeleriyle aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

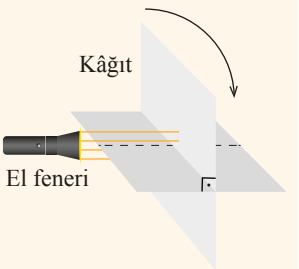
b) El fenerinin yanına şekildeki gibi paralel ışık yayan bir el feneri daha konduğunda ışık şiddeti, kâğıt üzerinde oluşan toplam ışık akısı ve kâğıt üzerindeki bir noktada oluşan aydınlanma nasıl değişir? Gerekçeleriyle aşağıdaki alana yazınız.



.....

.....

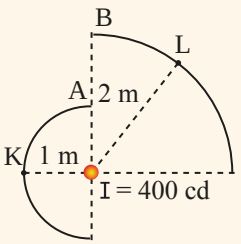
c) El fenerinin 50 cm önüne dik şekilde konan A4 kâğıdı yatay konuma getirilirse ışık şiddeti, kâğıt üzerinde oluşan toplam ışık akısı ve kâğıt üzerindeki bir noktada oluşan aydınlanma nasıl değişir? Gerekçeleriyle aşağıdaki alana yazınız.



.....

.....

2. Yandaki şekilde 400 cd ışık şiddetine sahip bir ışık kaynağı, yarıçapları sırasıyla 1 ve 2 m olan A ve B küresel yüzeylerinin merkezine yerleştirilmiştir. Enis, verilen bu şekli kullanarak A ve B küresel yüzeylerinde oluşan ışık akısını ve bu yüzeyler üzerindeki K ve L noktalarında oluşan aydınlanmayı hesaplamak ve aşağıda verilen tabloları doğru bir şekilde doldurmak istiyor.



Aşağıdaki tabloda ilgili alanları doldurarak Enis'e yardımcı olunuz. ($\pi = 3$ alınız.)

Hesaplama		Yorum
A küresel yüzeyinde oluşan ışık akısı (lm)	B küresel yüzeyinde oluşan ışık akısı (lm)	A ve B küresel yüzeylerinde oluşan ışık akılarının büyüklük ilişkisi
K noktasında oluşan aydınlanma (lx)	L noktasında oluşan aydınlanma (lx)	K ve L noktalarında oluşan aydınlanmaların büyüklük ilişkisi

3. Aşağıda verilen alana ışık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma kavramlarını tanımlamaya yönelik bir kavram haritası hazırlayınız.

Kontrol Noktası

Işık Şiddeti (I)

Bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı ışık enerjisinin bir ölçüsüne kaynağın **ışık şiddeti** denir. Temel bir büyüklük olan ışık şiddetinin SI'da birimi "candela"dır.

Işık Akısı (ϕ)

Bir ışık kaynağından bir yüzeye birim zamanda düşen ışık miktarının ölçüsüdür. Işık akısının SI'da birimi "lümen"dir.

Aydınlanma (E)

Işık akısının yüzeye dik olarak düşen miktarına **aydınlanma** denir. Aydınlanmanın SI'da birimi "lüks"tür.

$$E = \frac{\phi}{A}$$

Noktasal bir kaynaktan r kadar uzaklıktaki yüzeye dik olarak gelen ışınların bir noktada oluşturduğu aydınlanma,

$$E = \frac{I}{r^2}$$

matematiksel modeli ile hesaplanır.

İçi boş kapalı yüzeylerde toplam ışık akısı, sadece kaynağın ışık şiddetine bağlıdır.

$$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$$

3.2. DÜZLEM AYNALAR

Yeterli ışığın bulunduğu bir ortamda gökyüzündeki bulutların, kıyıya yakın ağaçların ve dağların görüntülerinin durgun bir göl yüzeyinde oluştuğu görülür (Görsel 3.3). Benzer şekilde aynalı bina pencereleri ve aynalı gözlük camları üzerinde de görüntüler oluşur.

Arabaların ve bisikletlerin arka kısmında bulunan yansıtıcılar [reflektör (Görsel 3.4)] normalde ışık yaymaz. Yansıtıcıya ışık çarptığında yansıtıcı sanki ışık yayıyor gibi parlak görünür. Benzer bir durum, gece karanlığında güvenlik amacıyla giyilen ve üzerine ışık vurduğunda parlayan mont, yelek, pantolon gibi kıyafetler ve yollarda bulunan "DUR" tabelaları için de geçerlidir.



Görsel 3.3: *Göl yüzeyinde oluşan görüntü*



Görsel 3.4: *Bisiklette bulunan yansıtıcı*

2. Etkinlik Düzlem Aynalar

Amaç	Düzlem aynaları kullanarak bilimsel model oluşturabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız, "Öz Değerlendirme Formu" ve "Akran Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

1. Günlük hayatta karşılaştığınız örneklerden veya geçmiş öğrenmelerinizden yararlanarak aşağıda verilen çizimleri yapınız. Düzlem aynada yansıma ve görüntü oluşumunun kurallarını açıklayınız.

Düzlem aynaya şekildeki gibi gelen ışınların yansımalarını şekil üzerine çiziniz. 	Yansıma ....
Aşağıdaki şekil, yazı ve rakamların düzlem aynadaki görüntülerini şekil üzerine çiziniz. 	Düzlem Aynada Görüntü Oluşumu ....

2. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplar oluşturunuz.

3. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

> STEM [science, technology, engineering, mathematics (sayns, teknoloci, enciniring, matematiks) bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik]; bilim, matematik ve teknolojiden yararlanılarak gerçek dünya problemlerine ya da sorunlarına yenilikçi çözümlerin geliştirildiği sorgulamaya, araştırmaya ve buluş yapmaya dayalı bir yaklaşımdır.

Düzlem aynalar ile güvenli görüş açısı tasarlama, hırsızlık önleyici ayna tasarımı yapma, köşelerde kör nokta sorununu çözme gibi evlerde, okullarda, mağazalarda, araçlarda veya güvenlik sistemlerinde karşılaşılan STEM yaklaşımına uygun bilgi temelli bir hayat problemi belirleyerek aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

4. Probleminin çözümüne ulaşmak için bilgi toplayınız ve sınırlılıkları tespit ediniz. Topladığınız bilgileri, tespit ettiğiniz sınırlılıkları ve tasarımını yapmayı planladığınız ürünün taslak çizimini aşağıda verilen tabloda bir araya getiriniz. Çizimlerinizin özgün ve fikirlerinizi destekleyecek nitelikte olmasına dikkat ediniz.

Toplanan Bilgiler	Sınırlılıklar	Taslak Çizim

Değerlendirme

Aşağıda verilen "Akran Değerlendirme Formu" ve "Öz Değerlendirme Formu"nu doldurunuz.

Öz Değerlendirme Formu

Öğrencinin Adı ve Soyadı: Numarası:

Bu form, kendinizi değerlendirmeniz amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmalarınızı en doğru yansıtan seçeneği "X" ile işaretleyiniz. Bu formda işaretlediğiniz "Hiçbir Zaman" ve "Nadiren" seçeneklerine ait davranışlardaki eksiklerinizi tamamlayınız.

Davranışlar		Dereceler				
		Her Zaman (5)	Sık Sık (4)	Bazen (3)	Nadiren (2)	Hiçbir Zaman (1)
1.	Etkinlik yönergelerini eksiksiz ve doğru bir biçimde izledim.					
2.	Etkinlikte sorulan sorulara doğru cevap verdim.					
3.	Düzlem aynalarda yansıma ve görüntü oluşumu ile ilgili yasaları öğrendim.					
4.	Etkinlik boyunca zamanı verimli kullandım.					
5.	Arkadaşlarımın fikirlerine saygı gösterdim.					
6.	Etkinlik boyunca arkadaşlarımla ortak hedeflere ulaşmak için dayanışma ve iş birliği içinde çalıştım.					

Etkinlikte gerçekleştirdiğiniz çalışmaları dikkate alarak görüşlerinizi aşağıda verilen alanlara yazınız.

Bu etkinlikten öğrendiklerim

.....

.....

.....

Bu etkinlik sırasında en iyi yaptıklarım

.....

.....

.....

Bu etkinlik sırasında en çok zorlandıklarım

.....

.....

.....

Akran Değerlendirme Formu

Bu değerlendirme formu, arkadaşlarınızın etkinlikte göstermiş olduğu performansı belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Arkadaşlarınız hakkındaki görüşlerinizi evet (E), bazen (B), hayır (H) kelimelerinin yay ayraç içinde verilen kısaltmalarını kullanarak belirtiniz.

Çalışmayı Yapan Öğrencinin Adı ve Soyadı:

Numarası ve Sınıfı: ...../..... Değerlendirme Tarihi: ...../...../.....

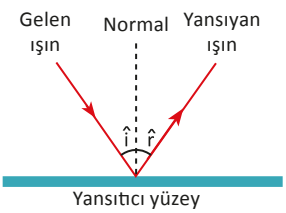
1. Arkadaşımın Adı:
2. Arkadaşımın Adı:
3. Arkadaşımın Adı:
4. Arkadaşımın Adı:

Ölçütler	1. Arkadaşım	2. Arkadaşım	3. Arkadaşım	4. Arkadaşım
1. Ürün veya model tasarımının hazırlanmasına katkı sağladı.				
2. Grup içinde fikirlerini paylaştı.				
3. Ürün veya model tasarımı sırasında görevini dikkatle yerine getirdi.				
4. Sonuçları yorumlama ve ilişki kurma konusunda katkı sağladı.				
5. Diğer grup üyelerine saygılıydı ve iş birliğine açıktı.				
6. Ürün veya model tasarlama sürecinde aktif olarak yer aldı.				

1. Performans Görevi

Adı	Günlük Hayat Problemi Çözümünde Düzlem Aynalar
Beklenen Performans	Düzlem aynada yansıma ve görüntü oluşumunun kurallarından faydalanarak sınıf ortamında günlük hayat problemine çözüm olabilecek ürün ya da model tasarlamanız istenmektedir.
Görev	2. Etkinlik'te taslak çizimini gerçekleştirdiğiniz modeli STEM yaklaşımına uygun şekilde geliştirmeniz beklenmektedir.
Uygulama Aşamaları	• 2. Etkinlik'te birlikte çalıştığınız grup arkadaşlarınızla görev dağılımı yapınız. • 2. Etkinlik'te yaptığınız çizim üzerinde tartışarak ürün ya da modelin tasarımına karar veriniz. • Karar verdiğiniz ürün ya da modelin tasarımını yapınız. • Tasarladığınız ürünü ya da modeli test ediniz ve sınıfta sunum yaparak arkadaşlarınızla paylaşınız. • Tasarladığınız ürün ya da modelin günlük hayatta farklı problem durumlarının çözümüne yönelik geliştirilmesi hakkında sınıf arkadaşlarınızla tartışınız. • Yaptığınız tartışmada sınıf arkadaşlarınızdan gelen dönütler doğrultusunda ürününüzü yeni durumlara uyarlayınız.
Değerlendirme	Performans göreviniz, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Düzlem aynalar, ışığı düzgün bir şekilde yansıtarak ortamın farklı açılardan görülmesini sağlayan optik araçlardır. Günlük hayatta pek çok alanda kullanılan bu aynalar; mağazalarda güvenlik ve görüş alanını genişletmek amacıyla belirli bölgelerin izlenmesini sağlar, denizaltılarda kullanılan periskop sistemlerinde su yüzeyindeki çevrenin gözlemlenmesine yardımcı olur ve kuaförlerde birden fazla ayna yardımıyla kişinin saçının arka kısmını görebilmesini mümkün kılar.



Şekil 3.9: *Yüzeye belli bir açı ile gelen ışınların yansıması*

Işınların yansıtıcı bir yüzeye çarparak geldikleri ortama dönmesi olayına **ışığın yansıması** denir. Işığın yansıması, su dalgalarının engelden yansımasına benzer. Işınlar, yansıma yasaları olarak bilinen iki kurala göre yansır:

1. Gelen ışın, yansıyan ışın ve yüzey normali aynı düzlemdedir.
2. Gelen ışının yüzey normali ile yaptığı açıya **gelme açısı** (î), yansıyan ışının yüzey normali ile yaptığı açıya **yansıma açısı** (r̂) denir. Gelme açısı, yansıma açısına eşittir (Şekil 3.9):

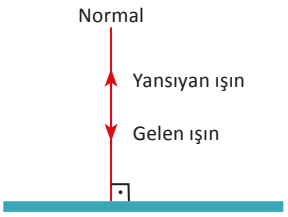
$$\hat{i} = \hat{r}$$

Çevredeki cisimlerin görülebilmesi, ışığın yüzeylerden yansımasıyla mümkün olur. Yansımanın bulunmadığı bir ortamda görme olayı gerçekleşmez. Görme

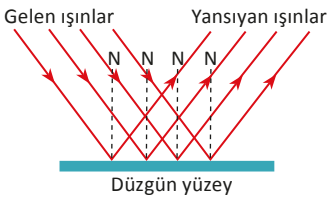
olayının gerçekleşmesi için ortamda az da olsa ışık bulunması ve bu ışığın cisimlerden yansıyıp göze ulaşması gerekir.

Yansıtıcı yüzeye dik (normalle aynı doğrultuda) gelen ışın, kendi üzerinden yansır (Şekil 3.10).

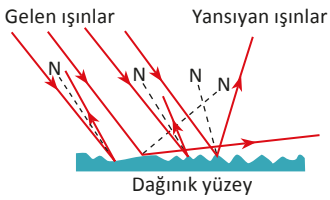
Birbirine paralel olarak gelen ışınların yansıtıcı düz bir yüzeyden paralel şekilde yansımasına **düzgün yansıma** (Şekil 3.11), birbirine paralel olarak gelen ışınların yansıtıcı pürüzlü bir yüzeyden yansıma kanunlarına uygun olarak farklı doğrultularda yansımasına ise **dağınık yansıma** (Şekil 3.12) denir.



Şekil 3.10: *Yüzeye dik gelen ışınların yansıması*



Şekil 3.11: *Düzgün yansıma*



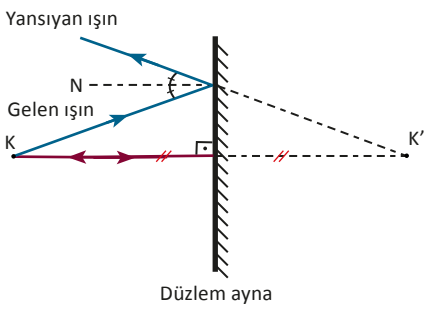
Şekil 3.12: *Dağınık yansıma*

Üzerine düşen ışığın neredeyse tamamını yansıtan optik araçlara **ayna** denir. Yansıtıcı yüzeyi düz olan aynalara ise **düzlem ayna** denir. Evlerde, mağazalarda, bazı binaların dış cephelerinde, tepegöz ve projeksiyon gibi araçlarda düzlem aynalar kullanılır.

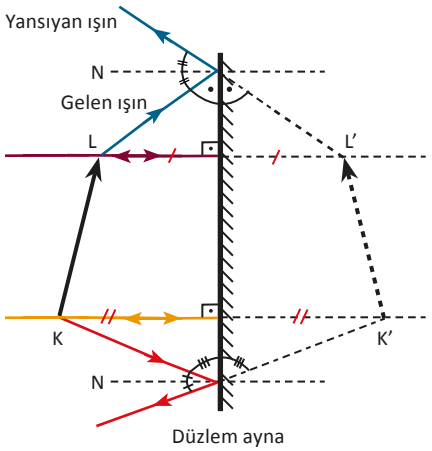
Cisimlerden aynaya gelen ışınlar, yansıma yasalarına göre yansır. Aynadan yansıyan ışınların kesişmesi ile oluşan görüntüye **gerçek görüntü**, yansıyan ışınların uzantılarının kesişmesi ile oluşan görüntüye ise **sanal (zahirî) görüntü** denir.

Noktasal bir cismin görüntüsünün bulunabilmesi için aynaya en az iki ışın gönderilip bu ışınların aynadan yansıtılması gerekir. Düzlem aynalarda görüntü, aynadan yansıyan ışınların uzantılarının kesişmesi ile oluştuğu için sanaldır (Şekil 3.13).

Noktasal olmayan bir cismin görüntüsü, cisimden çıkan ışınların yansıdıktan sonraki uzantılarının kesişmesi ile bulunur. Genellikle cismin alt ve üst noktalarından çıkan ışınların yansıyan uzantıları kesiştirilerek cismin görüntüsü çizilir (Şekil 3.14).



Şekil 3.13: *Düzlem aynada noktasal cismin görüntüsü*



Şekil 3.14: *Düzlem aynada cismin görüntüsü*

Düzlem aynada oluşan görüntünün özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Cisme göre düzdür.
- Görüntünün ve cismin boyu eşittir.
- Görüntünün aynaya dik uzaklığı, cismin aynaya dik uzaklığına eşittir.
- Cisim ve görüntüsü aynaya göre simetriktir.
- Görüntü sanaldır (Görsel 3.5).

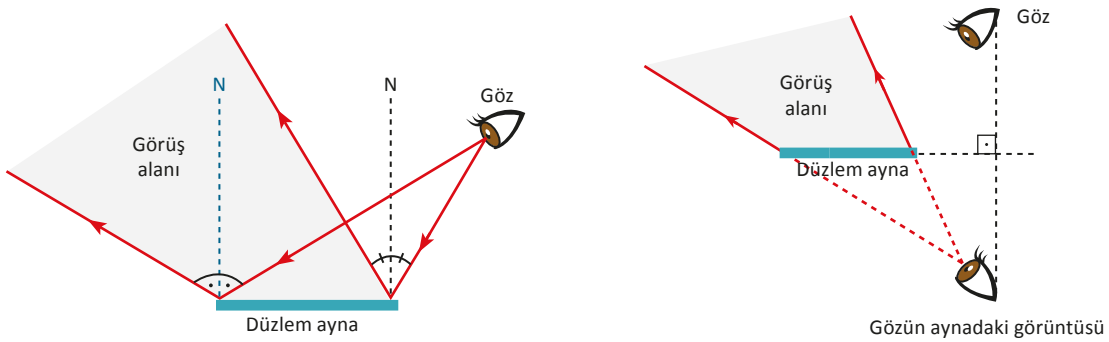


Görsel 3.5: *Düzlem aynada oluşan sanal görüntü*

Düzlem aynaya bakan kişinin aynada görebildiği alana **görüş alanı** denir. Düzlem aynada iki farklı yöntemle görüş alanı bulunabilir:

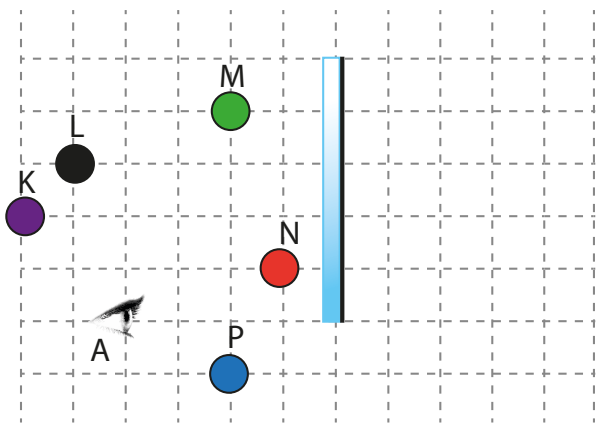
1. Gözden aynanın uçlarına en az iki ışın gönderilerek yansıtılır. Yansıyan bu ışınların arasında kalan bölge gözün görüş alanını oluşturur (Şekil 3.15: a).
2. Gözün aynadaki görüntüsü alınarak bu konumdan aynanın iki ucuna ışın gönderilir. Bu ışınların arasında kalan ayna önündeki bölge, gözün görüş alanını oluşturur (Şekil 3.15: b).

Görüş alanı, aynanın büyüklüğüne ve aynaya olan uzaklığa göre değişir.



Şekil 3.15: *a) Gözden aynanın uçlarına ışın gönderilerek görüş alanının bulunması b) Gözün görüntüsünden aynanın uçlarına ışın gönderilerek görüş alanının bulması*

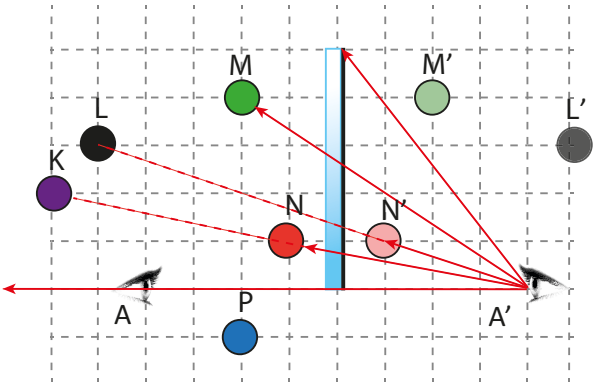
Örnek



Bir düzlem aynanın önüne şekilde verildiği gibi saydam olmayan, özdeş K, L, M, N ve P topları konuyor.

A noktasından düzlem aynaya bakan Yeşim, düzlem aynada bu toplardan hangilerinin görüntülerini görebilir? Gerekçeleriyle yazınız.

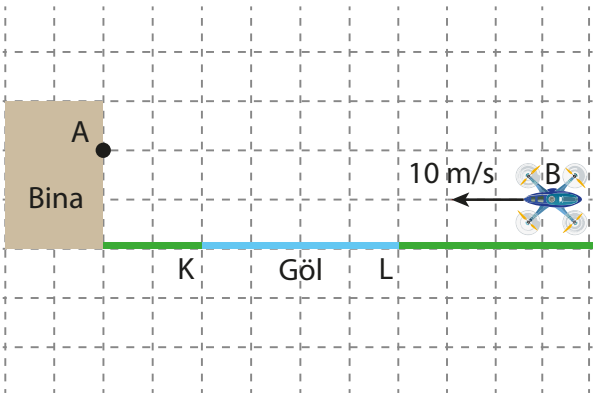
Cevap



A noktasından bakan Yeşim'in gözünün aynadaki görüntüsü alınır ve bu noktadan aynanın köşelerine doğrular çizilerek görüş alanı bulunur. Saydam olmayan cisimlerin kendilerinin ya da görüntülerinin arkasında kalan cisimler görülemez.

Dolayısıyla Yeşim, görüş alanı dışında kaldığı için P topunu aynada göremez. N topunun arkasında kalan K topunu ve N topunun görüntüsünün arkasında kalan L topunu da aynada göremez. Sadece N ve M toplarını aynada görebilir.

Örnek



Durgun göl yüzeyi, yeterli ışığın olduğu bir ortamda düzlem ayna gibi davranır.

Selin, binanın A noktasından yatay düzlemdeki göl yüzeyine bakıyor. Bu sırada B noktasından 10 m/s'lik sabit hızla yatay doğrultuda ilerleyen bir hava aracı binaya 9 s'de ulaşıyor.

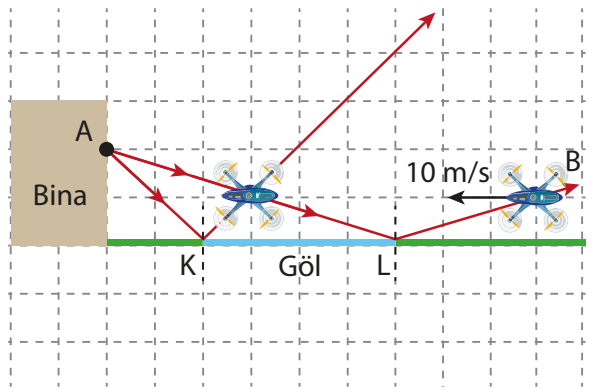
Buna göre

a) Gölün yatay doğrultudaki K ile L noktaları arasındaki uzunluğunun kaç m olduğunu hesaplayınız.

b) Selin'in, hava aracının göl üzerindeki görüntüsünü kaç s göreceğini bulunuz.

(Birimkareler özdeştir.)

Cevap



Göl düzlem bir ayna gibi davrandığı için A noktasından göle bakan Selin'in görüş alanı, şekildeki gibi yansıyan kırmızı okların arasındaki bölgedir.

Hava aracı 9 birimlik yatay yolu 10 m/s sabit hızla 9 s'de aldığına göre 9 birimlik yol $x = \vartheta \cdot t$ matematiksel modelinden $10 \cdot 9 = 90$ m olur. Diğer bir deyişle bir birimlik yol 10 m'ye karşılık gelir ve 1 s'de alınır.

a) K ve L arası uzunluk 4 birim olduğu için gölün boyu $10 \cdot 4 = 40$ m'dir.

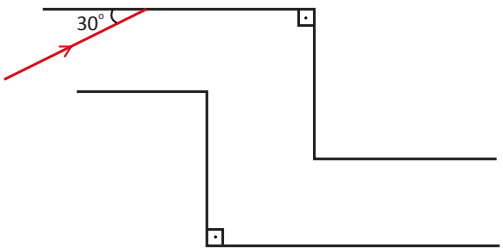
b) Hava aracı, Selin'in görüş alanına 6 birimlik mesafe boyunca girmektedir. Her birim 1 s'ye karşılık geldiği için Selin, hava aracının göl üzerindeki görüntüsünü 6 s görür.

Örnek



Güneş tünelleri, güneş ışığını veya dış ortamdan gelen yapay ışığı, yansıma yasalarını kullanarak iç mekânlara ileten sistemlerdir. Bu sistemler, enerji tasarrufu sağlamanın yanı sıra daha sağlıklı ve doğal bir aydınlatma sunar. Çatıya yerleştirilen şeffaf ya da yarı saydam kubbe, güneş ışığını toplar. Bu ışık, iç yüzeyi yüksek yansıtıcılığa sahip malzemelerle kaplanmış olan (örneğin alüminyum ya da ayna) yansıtıcı tüp içinde çoklu yansımalar yaparak iç mekâna yönelir. Tüpün ucunda bulunan bir difüzör, ışığın eşit şekilde ortama yayılmasını sağlar. Bu yapının tümü, ışığın minimum kayıpla içeri ulaşmasına olanak tanır ve böylece mekân doğal bir şekilde aydınlatılmış olur.

a)



Yandaki şekilde iç yüzeyi yansıtıcı bir malzeme ile kaplanmış bir güneş tüneli modeli görünmektedir.

Şekilde verilen doğrultuda gönderilen ışının tünel içinde izlediği yolu ve yaptığı yansımaları çizerek gösteriniz.

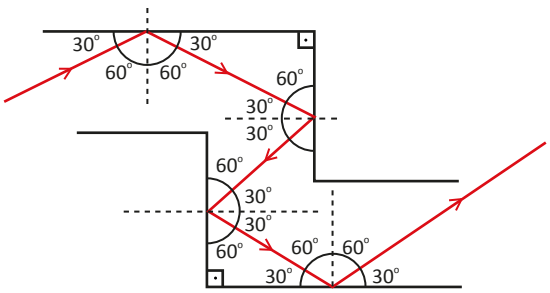
b) Güneş tünellerinin ülke ekonomisine katkılarının neler olabileceğini yazınız.

c) Güneş tüneli kullanılan alanlarda içeri giren güneş ışığını azaltmak için neler yapılabileceği ile ilgili önerilerinizi yazınız.

ç) Geceleri güneş tünellerinden nasıl yararlanılabileceği ile ilgili önerilerinizi yazınız.

Cevap

a)



Gönderilen ışının, tünel içinde izlediği yol ve yaptığı yansımalar yanda verilen şekildeki gibidir.

b) Enerji tüketimini azaltır. Çevre dostudur, fosil yakıtlar sonucu oluşan karbon salımını azaltır. Kurulumu, bakım hizmetleri ve üretimi ile yeni iş alanları oluşturur. Doğal ışık, çalışanların ve öğrencilerin dikkatini, ruh hâlini ve üretkenliğini artırır. Verimliliği artırarak ekonomik büyümeye katkı sağlar.

c) Güneş tüpünün iç kısmına motor veya elle açılan bir kapak yerleştirilebilir. Kullanıcı, bu kapağı açıp kapatarak ışığın geçişini durdurabilir veya kısmi geçiş sağlayabilir. Güneş tüpünün ışığı yayan kısmına (difüzör) ya da tüp içine yarı saydam, kayar bir perde veya ışık filtresi yerleştirilerek ışığın yoğunluğu azaltılabilir.

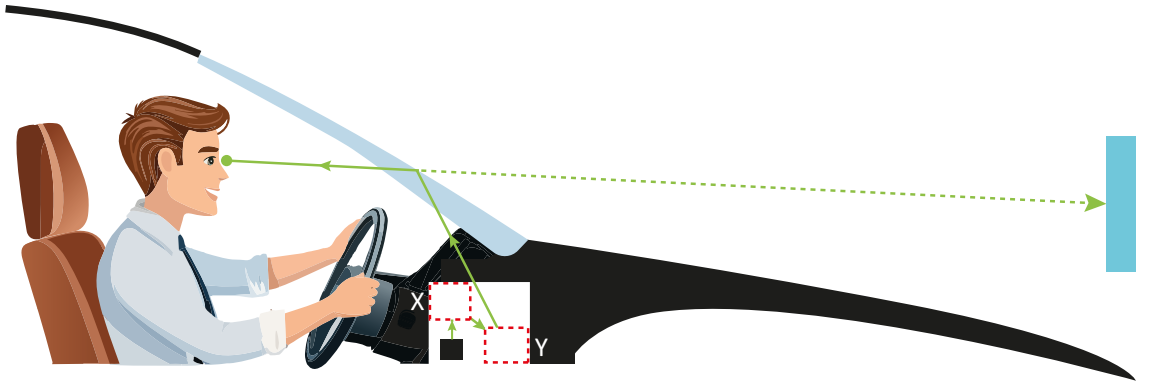
ç) Tüp üzerine küçük bir güneş paneli yerleştirilerek gündüz enerji toplanabilir ve bu enerji bir batarya da depolanabilir. Güneş tüpünün içine düşük enerji tüketimli LED lambalar yerleştirilebilir. Bu LED'ler, gündüzleri çalışmayıp, geceleri devreye girerek ortamı aydınlatabilir.

3. Alıştırma



HUD [head up display (hed ap dispiley) sanal gösterge ekranı], özellikle askerî uçaklarda kullanılan, halk arasında hayalet gösterge ekranı olarak da adlandırılan ve son zamanlarda otomobillerde de karşılaşılan bir ekran türüdür. Düzlem aynaların yansıtma özelliğini de kullanan bu teknoloji sayesinde sürücünün yolculuk esnasında göstergedeki verileri kontrol etmek için yoldan farklı bir yöne bakmasına gerek kalmaz. İhtiyaç duyulan tüm veri ve göstergeler, aynalar aracılığı ile ön camdaki aydınlatılmış panele yansıtılır, böylece sürücünün dikkati dağılmaz.

Aşağıda sanal gösterge ekranı sisteminde görüntünün cam ekrana yansıtılmasını temsil eden bir düzenek verilmiştir.



Görüntü kaynağı

Görüntü kaynağından çıkan ışınların izlediği yol şekilde gösterildiğine göre X ve Y konumlarındaki boş kutulara yerleştirilmesi gereken düzlem aynaları çiziniz.

4. Alıştırma



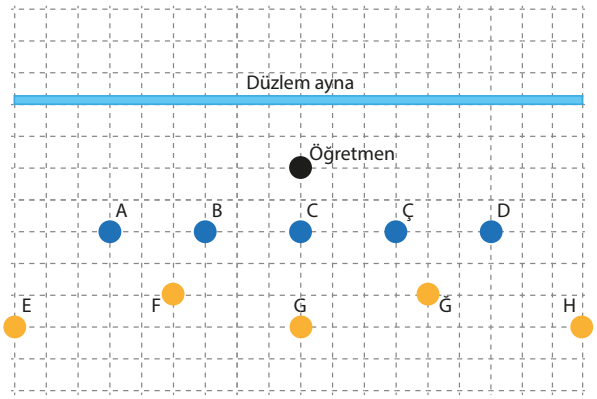
Leonardo da Vinci, yandaki görselde görüldüğü gibi kişisel notlarının çoğunu sağdan sola doğru ve her harfi ters olacak şekilde yazmıştır. Bu yazılara bir ayna yardımıyla bakıldığında yazdıkları mükemmel bir şekilde okunabilmektedir. Bu yazı türüne "ayna yazısı" denmektedir.

Buna göre ayna yazısı yöntemi ile "AYNA YAZISI" ifadesini aşağıda verilen tabloda uygun alana yazınız.

Düz Yazı	AYNA YAZISI
Ayna Yazısı	

5. Alıştırma

Esra Öğretmen, yeterince büyük bir ayna önünde 5 erkek (A, B, C, Ç, D) ve 5 kız (E, F, G, Ğ, H) öğrenciyi halk oyunları gösterisi için çalıştırmaktadır. Esra Öğretmen ve öğrenciler, aynanın önünde aşağıdaki şekilde belirtilen konumlarda durmaktadır.



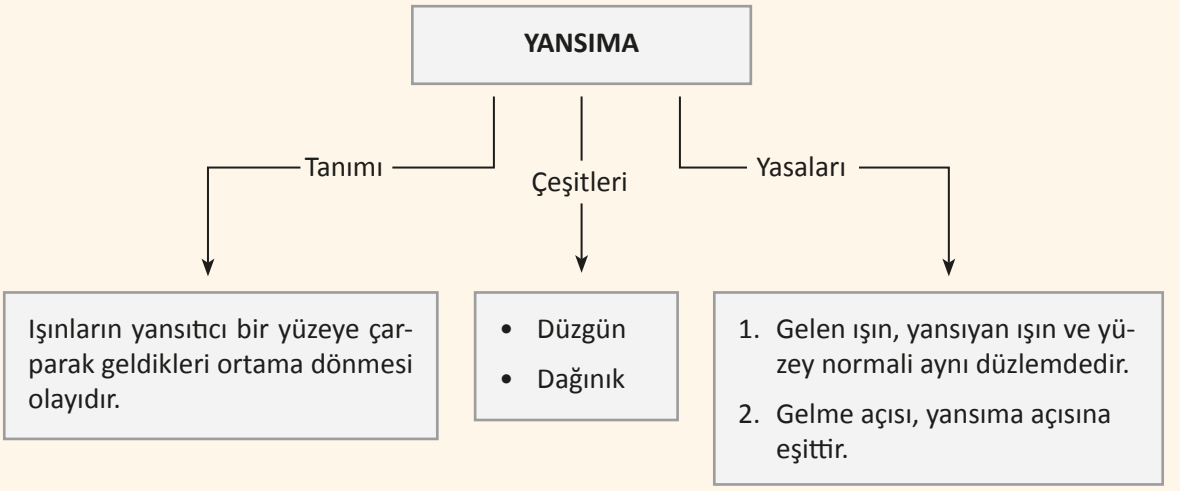
Buna göre

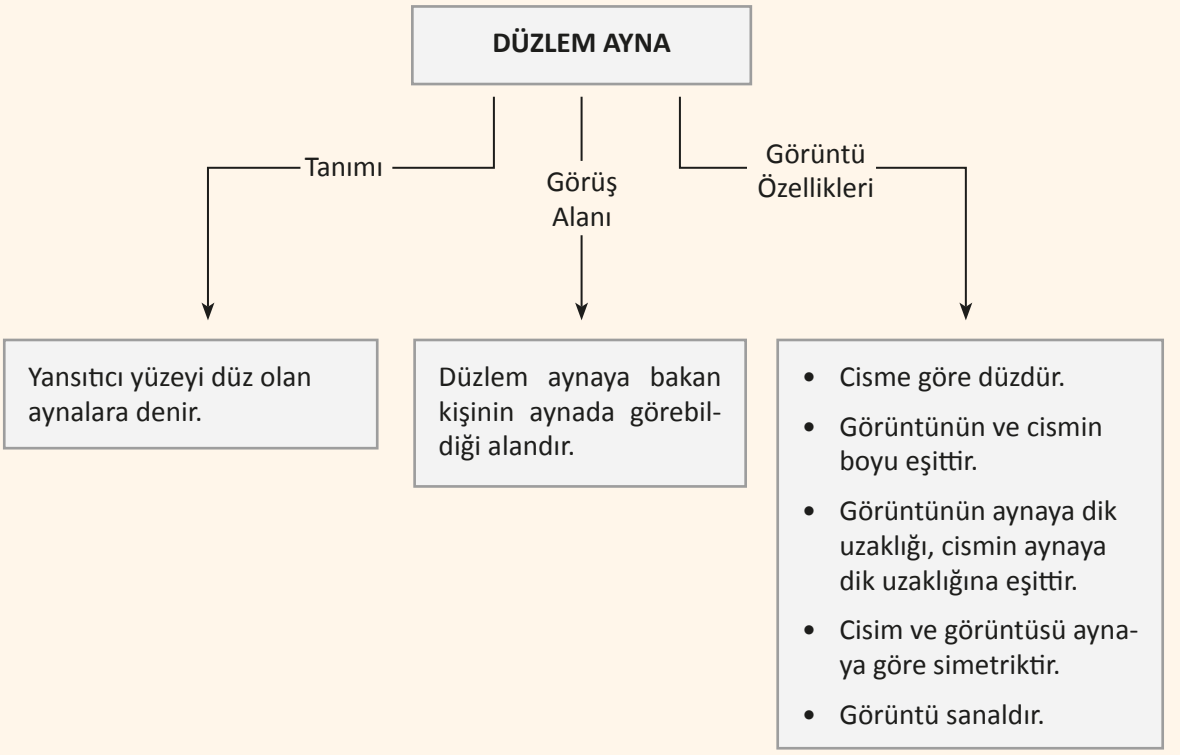
a) Esra Öğretmen'in yüzü aynaya dönükken aynadan hangi öğrencileri görüp hangi öğrencileri göremeyeceğini nedenleri ile aşağıda verilen alana yazınız.

b) Esra Öğretmen, yüzü aynaya dönük şekilde bir birim sağ tarafa hareket ederse aynada kaç kız, kaç erkek öğrenciyi görebilir? Nedenleriyle aşağıda verilen alana yazınız.

c) Yüzü aynaya dönük şekilde aynaya doğru bir birim yaklaşırsa Esra Öğretmen'in aynadaki görüş alanı nasıl değişir? Nedenleriyle aşağıda verilen alana yazınız.

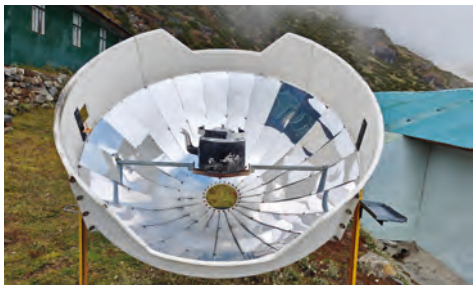
Kontrol Noktası





3.3. KÜRESEL AYNALAR

Güneş ocakları (Görsel 3.6), güneş ışınlarını küresel yüzeyden yansıtarak ısıtılacak malzemenin üstüne düşürür ve malzemenin ısınmasını sağlar. Bu ocaklar, yemek pişirme amacıyla kullanılan çevre dostu araçlardır. Yakacak odun ihtiyacını azaltarak odun yakımı sonucu oluşan dumanı engeller ve hava kirliliğini azaltır. Bu durum, duman kaynaklı solunum yolu hastalıklarının önlenmesine de katkı sunar. Güneş ışınlarının bir noktada yoğunlaşması sonucu sıcaklık çok yüksek değerlere ulaşabileceğinden güneş ocakları kullanılırken gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.



Görsel 3.6: *Güneş ocağı*

3.3.1. Küresel Ayna Çeşitleri ve Özellikleri

Aynalı küre (Görsel 3.7), düz ayna parçalarının küresel yüzeye yapıştırılmasıyla oluşturulmuş bir yapıdır. Doğum günü partisi, düğün gibi mekânlarda dekor olarak kullanılır. Genellikle tavandan sarkar ve üzerine ışık vurduğunda çevreye ışık saçar. Küresel şekli sayesinde bu küçük aynaların her biri farklı yönlere bakar ve dolayısıyla ışığı farklı yönlere yansıtır. Böylece ortamda hareketli ışık noktaları oluşur.



Görsel 3.7: *Aynalı küre*

3. Etkinlik **Küresel Aynaların Özellikleri**

Amaç	Küresel aynaların özelliklerine ilişkin karşılaştırma yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	optik daire, düz kenarlı çukur ayna, düz kenarlı tümsek ayna, cetvel, lazer kaynağı
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinlik sürecinde yaptığınız çizim ve tablolar "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile öğretmeniniz tarafından değerlendirilecektir.

1. Aşağıda küresel ve silindirik yansıtıcı yüzeylere sahip bazı cisimlerin görselleri verilmiştir. Görselleri dikkatlice inceleyiniz.



Çanak anten



Araba farı



Araba dikiz aynası



Elektrikli ısıtıcının yansıtıcı iç yüzeyi



Termosun iç yüzeyi

2. Sınıf arkadaşlarınızla etkileşim kurarak fotoğraflarda görülen yüzeyler arasındaki benzerlik ve farklılıkları "beyin fırtınası" yöntemiyle belirleyiniz.

3. Belirlediğiniz benzerlik ve farklılıkları aşağıdaki tabloya yazınız.

Benzerlikler	Farklılıklar

4. Küresel aynaların silindirik aynalardan farklı olan yönlerini ve bu farklılıkların ne tür sonuçlar doğurabileceğini açıklayınız. Çıkarımlarınızı aşağıda verilen alana yazınız.

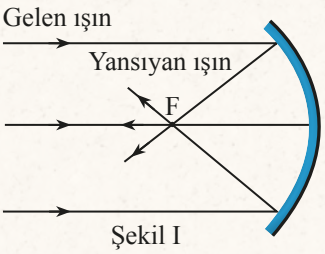
.....

.....

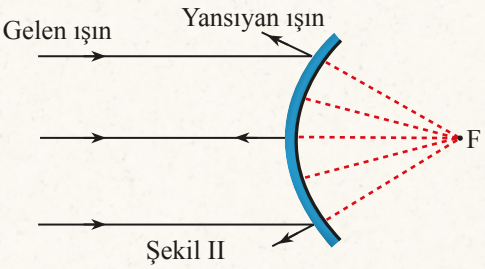
.....

5. Küresel aynalar ile ilgili aşağıda verilen metni okuyunuz ve şekilleri inceleyiniz.

Küresel aynalar, çukur ve tümsek aynalar olmak üzere iki gruba ayrılır. Yansıtıcı yüzeyi içe doğru kıvrımlı olan aynalara **çukur ayna** (Şekil I), dışa doğru kıvrımlı olan aynalara ise **tümsek ayna** (Şekil II) denir.

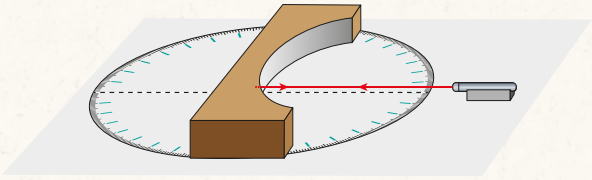


Şekil I



Şekil II

6. Asal eksen, tepe noktası, odak noktası ve merkez noktası çizimlerini yapabilmek için optik daireyi masa üzerine yerleştiriniz. Küresel aynayı (çukur ve tümsek ayna) orta noktası optik dairenin merkezi ile çakışacak şekilde yerleştiriniz.

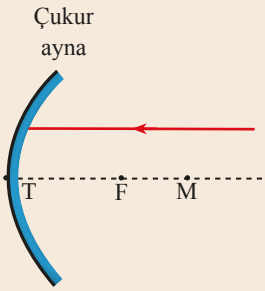
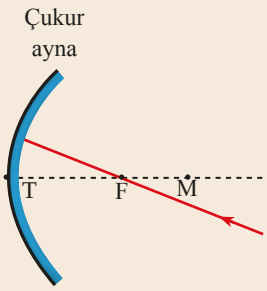
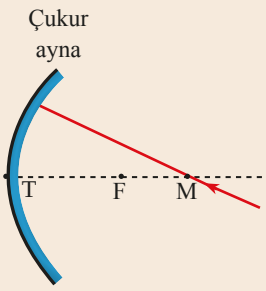
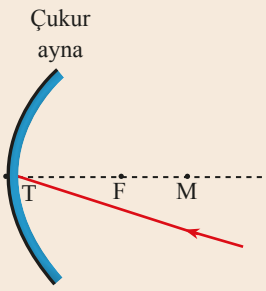


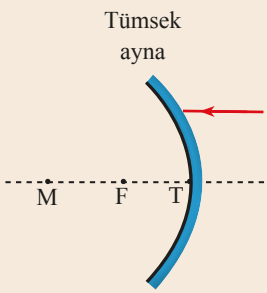
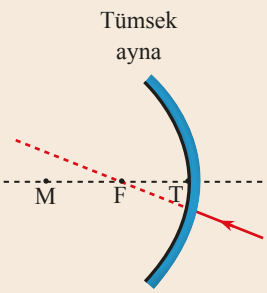
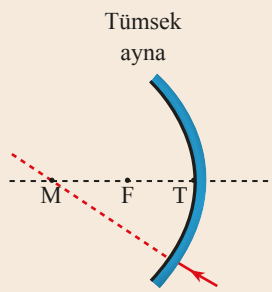
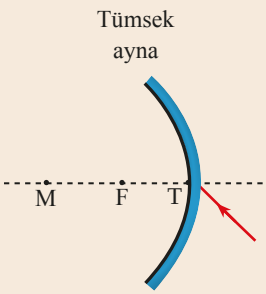
7. Asal ekseni belirlemek için küresel aynanın (çukur ve tümsek ayna) orta noktasından optik dairenin çap çizgisine dik olacak şekilde bir çizgi çiziniz. Belirlediğiniz asal eksen üzerinden lazer kaynağı ile gönderdiğiniz ışın kendi üzerinden dönmelidir. Asal eksen ile çukur aynanın birleşme noktasını işaretleyerek tepe noktasını (T) belirleyiniz.

8. Lazer kaynakları ile asal eksenin alt ve üst tarafından asal eksene paralel olacak şekilde ışınlar gönderiniz. Çukur ayna için yansıyan ışınların, tümsek ayna için yansıyan ışınların uzantılarının asal eksen üzerinde kesiştiği noktayı işaretleyerek aynanın odak noktasını (F) belirleyiniz.

9. Küresel aynanın (çukur ve tümsek ayna) tepe noktası ile belirlediğiniz odak noktası arasındaki mesafeyi cetvel yardımı ile ölçerek çukur ve tümsek aynaların odak uzaklığını (f) bulunuz. Bulduğunuz odak uzaklığının iki katı olan küresel aynanın merkez noktasını (M) asal eksen üzerinde belirleyiniz.

10. Hazırladığınız küresel ayna düzeneğini kullanarak aşağıdaki tablolarda küresel aynalara gönderilen ışınların yansıdıktan sonra izledikleri yolları çiziniz.

Çukur Aynalar			
Asal Eksene Paralel Gelen Işın	Odak Noktasından Gelen Işın	Merkez Noktasından Gelen Işın	Tepe Noktasına Gelen Işın
			

Tümsek Aynalar			
Asal Eksene Paralel Gelen Işın	Uzantısı Odak Noktasından Geçerek Gelen Işın	Uzantısı Merkez Noktasından Geçerek Gelen Işın	Tepe Noktasına Gelen Işın
			

11. Küresel aynaların yapılarına ve küresel aynalarda yansıma yasalarına ilişkin özellikleri belirleyerek aşağıdaki tabloya yazınız.

Küresel Aynaların Yapıları	**Küresel Aynalarda Yansıma Yasaları**

12. Aşağıda verilen sınıflandırma tablosuna çukur ve tümsek aynaların benzer ve farklı özelliklerini sistematik bir şekilde yazınız.

	Çukur Aynalar	Tümsek Aynalar
Benzer Özellikler		
Farklı Özellikler		

Değerlendirme

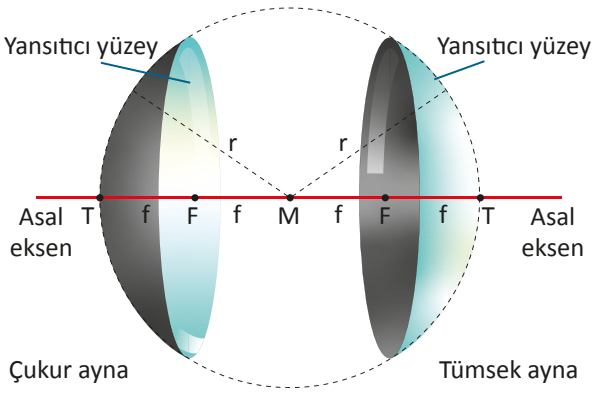
Etkinlik sürecinde yaptığınız çizim ve doldurduğunuz tablolar, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.



Görsel 3.8: *Çukur ayna*



Görsel 3.9: *Tümsek ayna*



Şekil 3.16: *Küresel aynaların temel kavramları*

Yansıtıcı yüzeyi küresel şekilde olan aynalara **küresel aynalar** denir. İç yüzeyi yansıtıcı olan küresel aynalara **çukur (içbükey) ayna** (Görsel 3.8), dış yüzeyi yansıtıcı olan küresel aynalara ise **tümsek (dış bükey) ayna** (Görsel 3.9) adı verilir.

Küresel aynalarla ilgili temel kavramlar (Şekil 3.16) şunlardır:

Merkez Noktası (M): Küresel aynayı oluşturan küresel yüzeyin merkezidir.

Asal Eksen: Kürenin merkezinden aynanın ortasına çizilerek aynayı iki eşit parçaya bölen doğru parçasıdır.

Tepe Noktası (T): Asal eksenin aynayı kestiği noktadır.

Odak Noktası (F): Tepe noktası ile merkez arasındaki mesafenin tam ortasında bulunan noktadır.

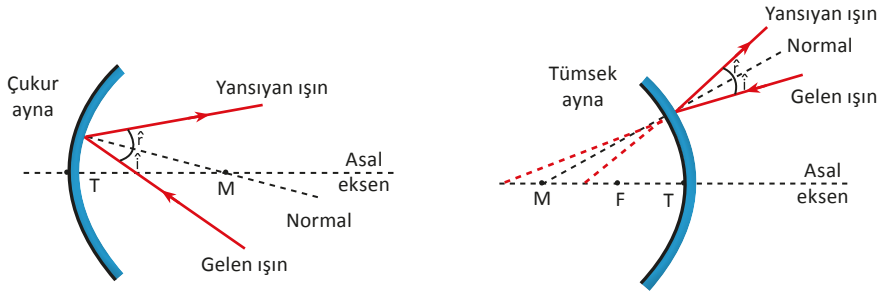
Odak Uzaklığı (f): Odak noktası ile tepe noktası arasındaki uzaklıktır.

Eğrilik Yarıçapı (r): Merkez ile tepe noktası arasındaki uzaklıktır ve şu matematiksel modelle ifade edilir:

$$r = 2f$$

Küresel aynaların odak uzaklığı yalnızca eğrilik yarıçapına bağlıdır; aynaya gelen ışının rengi, şiddeti ve aynanın içinde bulunduğu ortam bu uzaklığı etkilemez.

Yansıma olayı, küresel aynalarda da yansıma yasalarına göre gerçekleşir. Küresel aynanın merkezinden aynaya çizilen doğru, yüzeye dik olduğundan yüzey normalidir. Aynaya gönderilen bir ışının yansımasını çizebilmek için ışının aynaya değdiği nokta ile merkez noktası birleştirilerek yüzey normali çizilir. Yansıyan ışın, bu normale göre çizilir ve gelme açısı ($\hat{i}$) ile yansıma açısı ($\hat{r}$) birbirine eşit olacak şekilde yansır [$\hat{i} = \hat{r}$ (Şekil 3.17)].

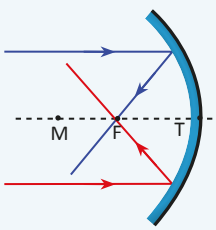
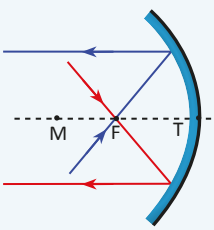
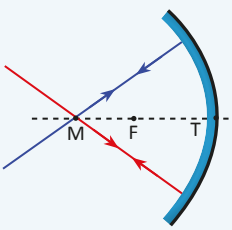
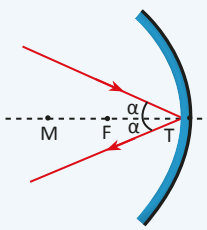
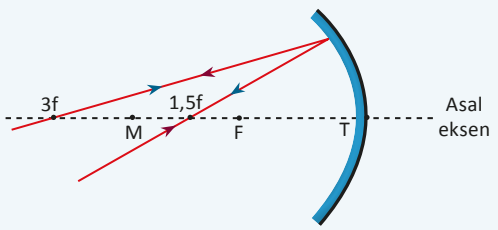
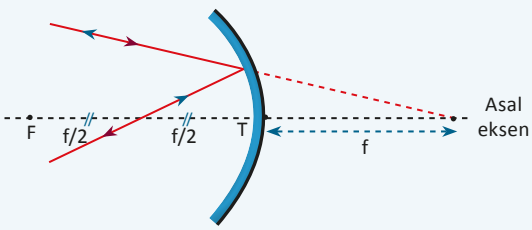


Şekil 3.17: *Küresel aynalarda yansıma*

Şekil 3.17'de gelen ışın ile yansıyan ışın, yüzeye çizilen normalle eşit açı yapacak şekilde yer değiştirdiğinde ışının izlediği yol değişmez. Işının bir yüzeyden yansıyıp geldiği yoldan dönme özelliğine **ışının tersinirliği** denir.

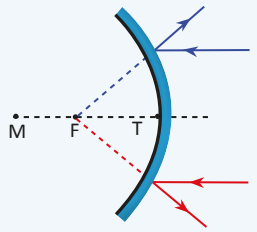
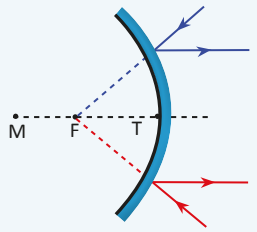
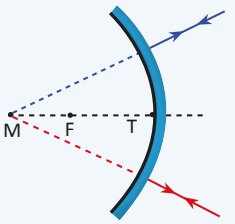
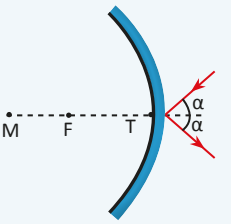
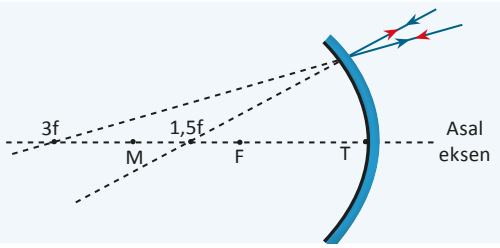
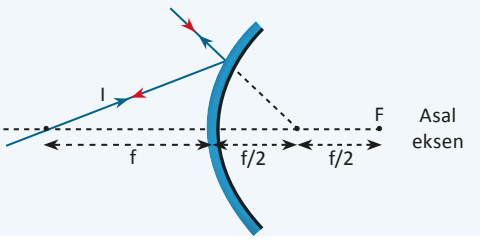
Küresel aynalarda görüntü çizimi yapılırken kullanılan; aynanın odak, merkez ve tepe noktalarından geçerek ya da asal eksenine paralel olarak gelen ışınlara **özel ışınlar** denir. Çukur aynalar için sıkça kullanılan bazı özel ışınlar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: *Çukur Aynalarda Kullanılan Bazı Özel Işınlar*

Asal eksene paralel gelen ışınlar, yansıdıktan sonra odak noktasından geçer.	Odak noktasından gelen ışınlar, asal eksene paralel olacak şekilde yansır.	Merkezden gelen ışınlar, ayna yüzeyine dik olarak geldiği için kendi üzerinden dönecek şekilde yansır.	Tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yapar.
			
Asal ekseni merkezin dışındaki bir noktadan kesecek şekilde gelen ışınlar, aynadan yansıdıktan sonra merkez ve odak noktası arasından geçecek şekilde yansır. Örnek: Asal ekseni 3f noktasında kesecek şekilde gelen bir ışın; 1,5f noktasından geçecek şekilde yansır.		Asal ekseni tepe ve odak noktası arasından kesecek şekilde gelen ışınlar, yansıdıktan sonra uzantısı aynanın arkasındaki bir yerden asal ekseni kesecek şekilde yansır. Örnek: Asal ekseni f/2 noktasından kesecek şekilde gelen bir ışının uzantısı, yansımadan sonra aynanın arkasına f kadar uzaklıkta bulunan bir noktadan asal ekseni kesecek şekilde yansır.	
			

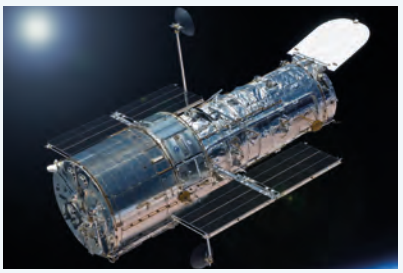
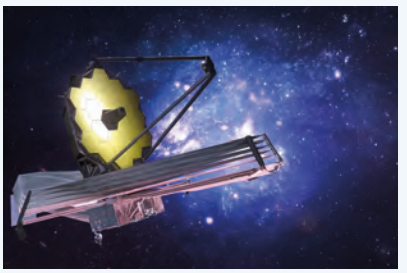
Tümsek aynalar için sıkça kullanılan bazı özel ışınlar Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2: *Tümsek Aynalarda Kullanılan Bazı Özel Işınlar*

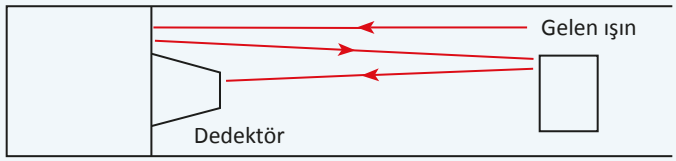
Asal eksene paralel gelen ışınlar, uzantıları aynanın odak noktasından geçecek şekilde yansır.	Gelen ışının uzantısı, aynanın odak noktasından geçiyorsa asal eksene paralel olacak şekilde yansır.	Tümsek aynaya çarpan ışının uzantısı, aynanın merkez noktasından geçiyorsa ışın geldiği yoldan döner.	Tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yapar.
			
Asal ekseni merkezin dışından kesecek doğrultuda gelen ışınların uzantıları, odak ve merkez arasındaki bir noktadan geçecek şekilde yansır. Örnek: Asal ekseni 3f noktasından kesecek doğrultuda gelen ışının uzantısı; 1,5f noktasından geçek şekilde yansır.		Asal ekseni kesecek şekilde tümsek aynaya gönderilen ışınlar yüzeyden yansıdıktan sonra ışınların uzantısı, odak ile tepe noktası arasından geçecek şekilde yansır. Örnek: Asal ekseni f kadar uzaktan kesecek şekilde gelen bir ışının uzantısı, aynanın arkasında tepe noktasına f/2 kadar uzaklıkta bulanan bir noktadan asal ekseni kesecek şekilde yansır.	
			

Örnek

Teleskoplar, gök cisimlerini gözlemlemek amacıyla kullanılan optik aygıtlardır. Bu aygıtların yapısında ışığı toplamak ve odaklamak için düzlem aynalar, küresel aynalar ve mercekler kullanılır. İlk yansıtıcı yüzeyi ayna olan teleskoplara yansıtıcı teleskop denir. Hubble (Habl) Uzay Teleskobu ve James Webb (Ceyms Veb) Uzay Teleskobu bu yansıtıcı teleskoplara örnek gösterilebilir.

Hubble Uzay Teleskobu	James Webb Uzay Teleskobu
	
1990 yılında uzay mekiği Discovery (Diskavıri) tarafından yörüngeye yerleştirilen Hubble Uzay Teleskobu, Dünya yüzeyinden yaklaşık 515 km yükseklikte görevini sürdürmektedir. Zaman içinde eskiyen parçaları astronotlar tarafından değiştirilerek ve sistemleri yükseltilerek teleskobun kullanım ömrü önemli ölçüde uzatılmıştır.	2021 yılında uzaya fırlatılan James Webb Uzay Teleskobu, çok uzak ve sönük gök cisimlerinden gelen kızılötesi ışığı gözlemlemek için tasarlanmıştır. Webb, Dünya'dan 1,5 milyon km uzaklıktaki Lagrange (Lagranj) noktasında yer almaktadır. Burada bulunması, teleskobun daha az yakıtla daha uzun süre çalışmasını sağlasa da teleskoba bakım yapılmasını zorlaştırır. James Webb'in birincil aynası, Hubble'a göre çok daha büyüktür.

a) Aşağıda Hubble Uzay Teleskobu'nun iç yapısı ile uzaydan gelen bir ışının teleskop içindeki yansımasının şekli verilmiştir. Birincil ayna, asal eksene paralel gelen ışını ikincil aynada toplamaktadır. İkincil ayna ise üzerine gelen ışını dağıtacak şekilde yansıtarak dedektöre yönlendirmektedir.

Hubble Uzay Teleskobu	Işınların İzlediği Yol
	

Işının yansıma şeklini inceleyerek birincil (ana) ayna ve ikincil ayna bölgelerinde kullanılan küresel ayna türünü (çukur veya tümsek) ilgili alanlara yazınız.

b) James Webb Uzay Teleskobu'nun yapısında kullanılan çukur, tümsek ve düzlem aynaların görevleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	Aynaların Görevleri	Kullanılan Ayna Çeşidi
James Webb Uzay Teleskobu	1. Uzak galaksilerden gelen kızılötesi ışınları toplamak ve odaklamak	
	2. Toplanan ışınları, teleskobun önünde yer alan küçük ve ikincil aynaya tekrar dağıtacak şekilde yansıtmak ve teleskobun içine doğru yöneltmek	
	3. Görüntüyü sabit tutmak ve çok küçük yön değişimlerini hassas şekilde düzeltmek	

Aynaların görevlerinden hareketle ilgili bölgede hangi tür aynanın kullanıldığını tabloda verilen alanlara yazınız.

c) Aşağıdaki tabloya Hubble Uzay Teleskobu ile James Webb Uzay Teleskobu'nun ikişer adet benzer ve farklı özelliğini yazınız.

Benzerlikler	Farklılıklar
•	•
•	•

Cevap

a) Teleskoba gelen paralel ışın, birincil aynalardan odakta toplanacak şekilde yansıdığı için birincil ayna çukur aynadır. Birincil aynadan ikincil aynaya gelen ışın dağılarak dedektörlere yönelecek şekilde yansıdığı için ikincil ayna tümsek aynadır.

b) 1. çukur ayna, 2. tümsek ayna, 3. düzlem aynadır.

c)

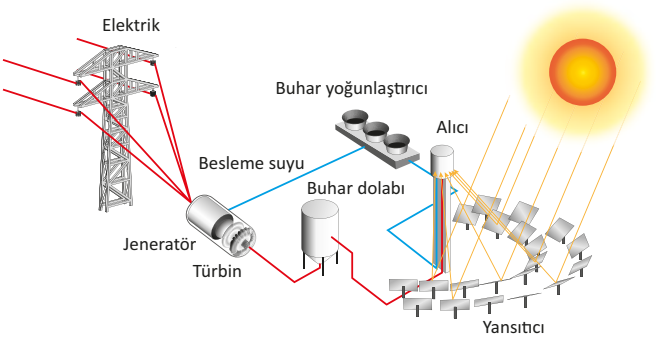
Benzerlikler	Farklılıklar
• Her iki teleskopta da çukur ve tümsek ayna kullanılmıştır.	• Hubble Uzay Teleskobu, Dünya'ya daha yakın bir mesafededir.
• Her iki teleskop da yansıtıcı teleskoptur.	• Birincil aynası çok daha büyük olduğu için James Webb Uzay Teleskobu çok daha uzaklardan görüntü alabilir.

6. Alıştırma

Güneş enerjisi kulesi (Şekil I), güneşi takip eden çok sayıda düzlem aynanın kule etrafına çembersel bir düzenle yerleştirilmesiyle oluşturulur. Her bir düzlem ayna güneş ışınlarını uzun kulenin tepesinde bulunan alıcıya yansıtarak odaklar (Şekil II). Kulenin tepesindeki güneş alıcısında toplanan yoğun ışık enerjisi, burada bulunan sıvıyı ısıtıp buharlaştırır. Buharlaşan sıvının türbinleri döndürmesiyle elektrik enerjisi üretilir.



Şekil I



Şekil II

Buna göre

a) Aşağıdaki ifadelerin karşısına ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin doğrusunu "Açıklama" bölümüne yazınız.

İfade	D/Y	Açıklama
I. Düzlem aynalar, kule etrafına küresel bir düzende yerleştirildiği için büyük bir küresel ayna etkisi meydana getirir.		
II. Bu olay, küresel aynaların asal eksene paralel gelen ışınları odak noktasında toplamasıyla benzerlik gösterir.		
III. Kulenin tepesinde bulunan alıcı, düzlem aynaların oluşturduğu küresel aynaların merkez noktasıdır.		
IV. Her bir düzlem ayna, Güneş'i takip ederek ışınları tam olarak kule tepesindeki alıcıya yönlendirebilir.		
V. Sistem modüler bir yapıda tasarlandığı için sadece bozulan ayna değiştirilebilir, bu da bakım ve onarımın kolay ve düşük maliyetle yapılmasını sağlar.		

b) Güneş enerjisi kuleleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yerli üretimle geliştirilmesinin ülkemizin enerji alanındaki bağımsızlığı açısından önemini ve bu alanda yapılabilecek yatırımların neler olabileceğini aşağıda verilen alana yazınız.

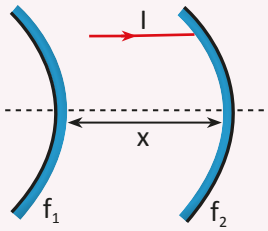
7. Alıştırma

Metin Öğretmen, küresel aynalarda ışınların yansımaları ile ilgili hazırladığı kartları öğrencilerine dağıtıyor. Öğrencilerden kartın üzerindeki sorunun cevabını altındaki boş alana yazmalarını istiyor. Sınıftaki rastgele dört öğrenciye gelen kartlar aşağıda verilmiştir. Her kartın üzerinde öğrencinin ismi yazmaktadır.

Buna göre öğrencilerin sorulara vermesi gereken doğru cevapları soruların altındaki alana yazınız.

Tuğba

Aşağıda asal eksenleri çakışık olan bir çukur ayna ile bir tümsek aynanın odak uzaklıkları sırasıyla f_1 ve f_2 olarak verilmiştir. Asal eksene paralel olarak gönderilen I ışını, tümsek aynada yansıdıktan sonra kendi üzerinden dönüyor.



Buna göre aynalar arasındaki x mesafesini f_1 ve f_2 cinsinden bulunuz.

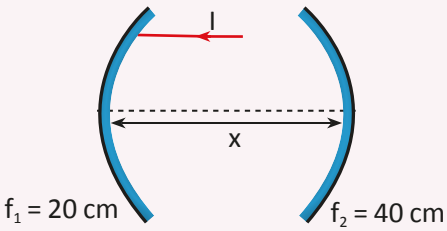
.....

.....

.....

Emre

Asal eksenleri çakışık ve odak uzaklıkları şekilde verilen iki çukur aynadan birine asal eksene paralel olarak bir I ışını gönderiliyor.



Işın ikinci yansımasının ardından kendi üzerinden döndüğüne göre x mesafesi kaç cm'dir?

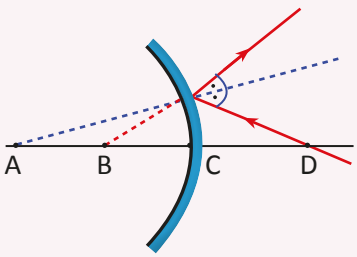
.....

.....

.....

Uğur

Tümsek aynaya gönderilen bir ışın şekildeki gibi yansıyor.



Buna göre

I. A noktası, tümsek aynanın merkez noktasıdır.

II. CD uzunluğu BC uzunluğundan fazladır.

III. Odak noktası, C ile D noktaları arasındadır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

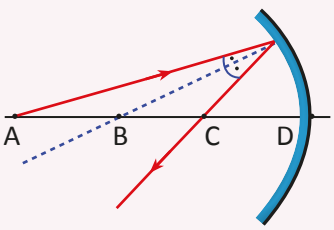
.....

.....

.....

Gülbin

Çukur aynaya gönderilen bir ışın şekildeki gibi yansıyor.



Buna göre

I. B noktası, çukur aynanın odak noktasıdır.

II. AB uzunluğu BC uzunluğundan fazladır.

III. Odak noktası, C ile D noktaları arasındadır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

.....

.....

.....

8. Alıştırma

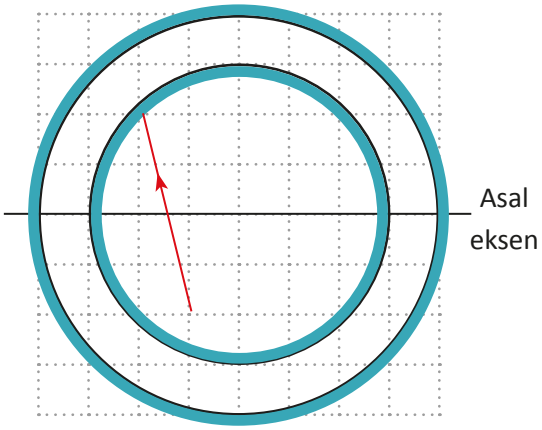
Yanda paslanmaz çelikten yapılan bir termosun farklı açılardan görünümü verilmiştir. Termosların iç yüzeyleri genellikle parlak ve içbükey olarak tasarlanır ve bir çukur aynayı andırır. Dış yüzeyleri ise dışbükeydir ve tümsek ayna şeklindedir.

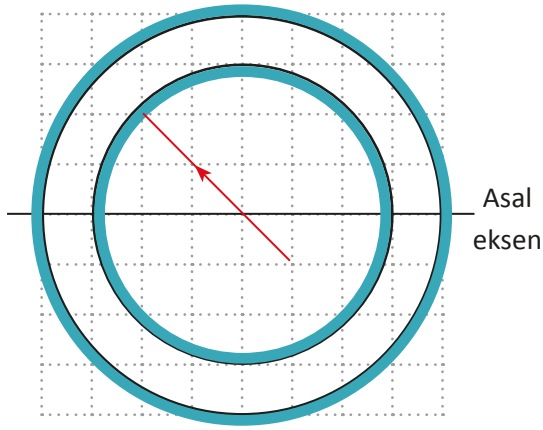


Buna göre

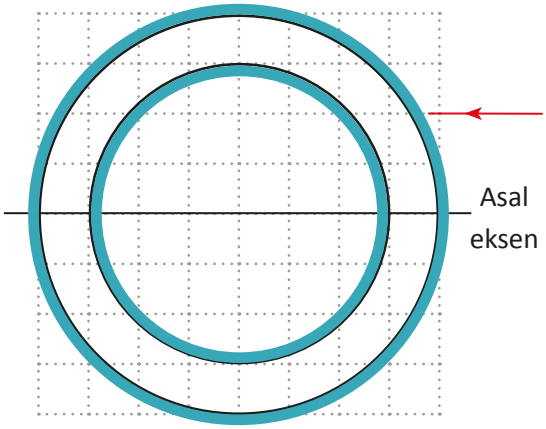
a) Termosun küresel yapısının, içine konan sıvının sıcaklığını uzun süre korumasına nasıl katkı sağladığını aşağıda verilen alana yazınız.

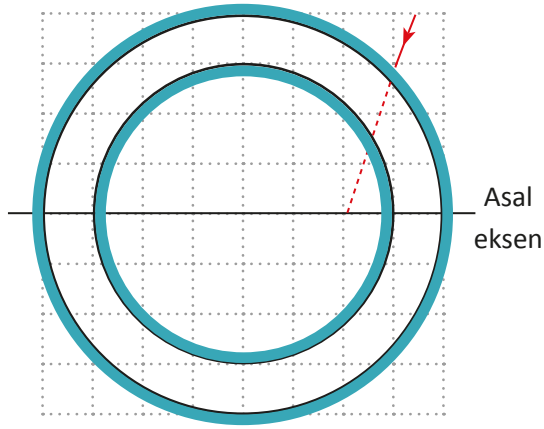
b) Aşağıdaki şekilde iç ve dış kesiti temsilî olarak verilen termosun iç yüzeyine gelen kızılötesi ışının ilk iki yansımasını yansıma yasalarına uygun şekilde çiziniz.





c) Aşağıdaki şekilde iç ve dış kesiti temsilî olarak verilen termosun dış yüzeyine gelen bir kızılötesi ışının yüzeyden nasıl yansıyacağını yansıma yasalarına uygun biçimde çiziniz.





3.3.2. Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu

Kavşaklardaki güvenlik aynaları (Görsel 3.10), araçların altını kontrol etmeye yarayan aynalar ve araçların yan aynaları kullanıcılara geniş görüş alanı sunmaktadır. Benzer şekilde günlük hayatta kullanılan metal kaşık, tencere ve çaydanlıkların dış yüzeyinde de görüntü oluştuğu görülür.

Diş hekimlerinin kullandığı aynalarda (Görsel 3.11) oluşan görüntüler sayesinde ayrıntılar daha net bir şekilde görülebilir ve hassas işlemler daha kolay yapılabilir. Böylece bir diş hekiminin dişteki çürük ya da çatlakları fark etmesi mümkün olur.

Lunapark ve bilim merkezlerinde bulunan bazı eğlenceli aynalar ise (Görsel 3.12) küresel ve düzlem aynalar bir arada kullanılarak üretilir. Bu aynalar; cisimleri olduğundan daha uzun, kısa, ince ya da geniş gösterebilir.



Görsel 3.10: *Güvenlik aynası*



Görsel 3.11: *Diş hekimlerinin kullandığı ayna*



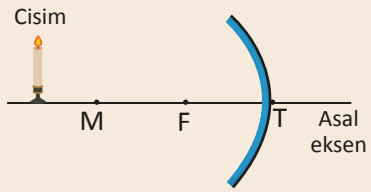
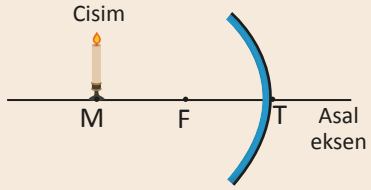
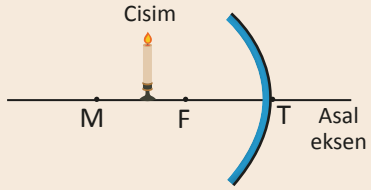
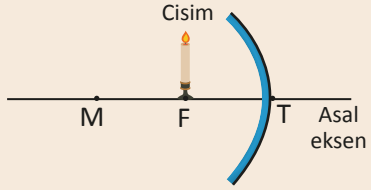
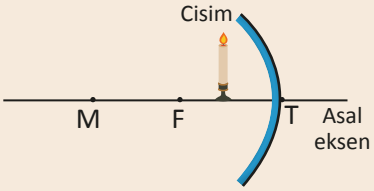
Görsel 3.12: *Düzlem ve küresel aynaların kullanıldığı eğlenceli aynalar*

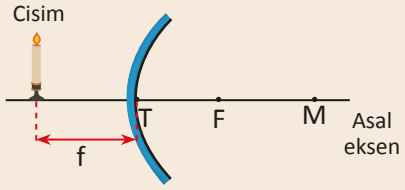
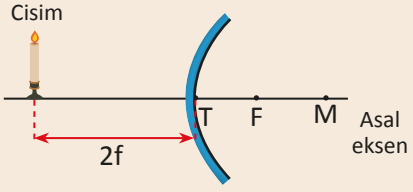
4. Etkinlik Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu

Amaç	Küresel aynalarda görüntü oluşumu ile ilgili deney yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, çukur ayna, tümsek ayna, cetvel, küçük mum
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız. Küresel aynalardaki deney süreci öğretmeniniz tarafından "Kontrol Listesi" ile değerlendirilecektir.

1. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.
2. Grup arkadaşlarınızla adil iş bölümü yapınız ve küresel aynalarda cismin bulunduğu yere göre görüntünün yeri ve özelliklerini belirleyebilmek amacıyla çukur ayna, tümsek ayna, cetvel ve küçük mumu kullanarak bir deney tasarlayınız.

3. Tasarladığınız deney düzeneğini kullanarak aşağıda konumları verilen mumların görüntülerini şekillerin üzerine çiziniz ve görüntülerin özelliklerini tabloda verilen alanlara yazınız.

Çukur Ayna	
	Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....
	Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....
	Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....
	Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....
	Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....

Tümsek Ayna	
	Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....
	Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....

4. Yandaki karekodu kullanarak "Geometrik Optik" isimli simülasyona ulaşınız. Açılan sayfada "Ayna" bölümünü tıklayınız.

5. Simülasyonda çukur aynayı ve ok cismini seçiniz.

6. Aynanın merkezini yatay cetvel yardımıyla ölçüp sağ üst köşede bulunan konum noktası sembolü ile belirleyiniz.

7. Sanal görüntü ve etiketler kısımlarını tıklayarak aktif hâle getiriniz.

8. Cismi aynanın merkezinin dışına, merkezine, merkez ile odak arasına, odağına ve odak ile tepe noktası arasına getirerek görüntünün yerini ve özelliklerini belirleyiniz.

9. Sağ üst tarafta bulunan yatay cetvel yardımıyla cisim ve görüntülerin aynaya olan uzaklıklarını, düşey cetvel yardımıyla boylarını belirleyiniz.

10. Çizimlerinizi simülasyondan elde ettiğiniz verilerle karşılaştırınız ve hatalarınız varsa düzeltiniz.

11. Simülasyonda tümsek aynayı ve ok cismini seçiniz.

12. Aynanın merkezini yatay cetvel yardımıyla ölçüp sağ üst köşede bulunan konum noktası sembolü ile belirleyiniz.

13. Sanal görüntü ve etiketler kısımlarını tıklayarak aktif hâle getiriniz.

14. Cismi cetvel yardımıyla aynanın önüne ve sırasıyla f ve 2f uzaklığına getirerek görüntünün yerini ve özelliklerini belirleyiniz.

15. Sağ üst tarafta bulunan yatay cetvel yardımıyla cisim ve görüntülerin aynaya olan uzaklıklarını, düşey cetvel yardımıyla boylarını belirleyiniz.

16. Çizimlerinizi simülasyondan elde ettiğiniz verilerle karşılaştırınız ve hatalarınız varsa düzeltiniz.

17. Simülasyondan elde ettiğiniz verileri kullanarak aşağıdaki tabloları doldurunuz.

Çukur Ayna			
Cismin Yeri	**Görüntünün Yeri**	**Görüntünün Boyu**	**Görüntünün Özellikleri**
Merkezin dışında			
Merkezde			
Merkez ile odak noktası arasında			
Odak noktasında			
Odak noktası ile tepe noktası arasında			

Tümsek Ayna			
Cismin Yeri	**Görüntünün Yeri**	**Görüntünün Boyu**	**Görüntünün Özellikleri**
Aynanın önünde			

18. Tablodaki verileri kullanarak küresel aynalarda görüntünün yeri ve özellikleri ile ilgi analiz sonuçlarınızı aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

Değerlendirme

1. Aşağıda küresel aynalarda cisimlerin görüntülerinin özellikleri ile ilgili verilen ifadeleri okuyunuz. İfadelerin karşısına ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olan ifadelerin doğrusunu "Açıklama" kısmına yazınız.

İfade	D/Y	Açıklama
Parlak yüzeyli metal bir kaşığın dış yüzeyinde oluşan görüntü her zaman düz ve küçüktür.		
Parlak yüzeyli metal bir kaşığın iç yüzeyinde oluşan görüntü her zaman düz ve büyüktür.		
Tümsek aynada oluşan görüntüler her zaman sanaldır.		
Çukur aynada oluşan görüntüler her zaman gerçektir.		
Tümsek aynada bir cismin görüntüsü, odak noktası ile merkez noktası arasında oluşur.		

2. Aşağıda verilen boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

- Otomobillerin yan aynalarında ve keskin virajlarda daha geniş bir görüş alanı sağlamak amacıyla …….. ayna kullanılır.
- Diş hekimleri, muayene sırasında dişin daha büyük ve düz görüntüsünü elde edebilmek için …….. ayna kullanır.
- Cisimleri küçük, düz ve sanal olarak gösteren ayna …….. aynadır.
- Bir cisim, …….. aynaya yaklaştıkça cismin aynada oluşan sanal görüntüsünün boyu artar.
- Çukur aynada …….. noktasında bulunan bir cismin görüntüsünün boyu cismin boyuna eşit olur.

3. Küresel aynalarda cisimlerin görüntü özellikleri ile ilgili

I. Yatay bir düzlemde bulunan cıva damlasının yüzeyinde oluşan görüntü gerçektir.

II. Çukur aynada merkez noktasından odak noktasına doğru hareket eden bir cismin görüntüsünün boyu artar.

III. Küresel aynalarda görüntü oluşumunu açıklamak için en az iki yansıyan ışın kullanılır.

IV. Küresel bir aynada oluşan görüntü gerçek ise bu ayna çukur aynadır.

V. Çukur aynada odak noktasından aynaya doğru yaklaşan cismin görüntüsünün boyu artar.

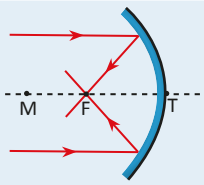
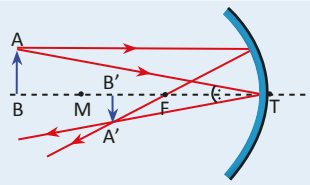
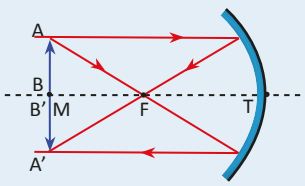
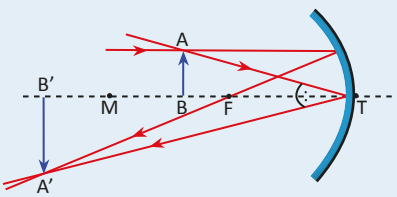
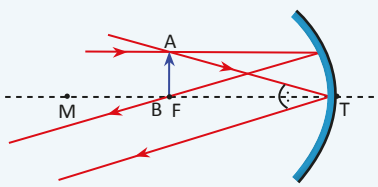
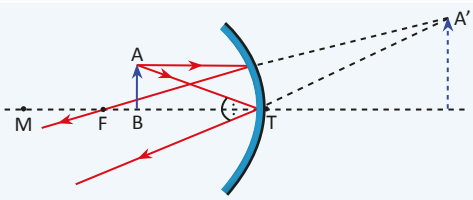
ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) I ve V C) II, III, IV D) I, III, IV, V E) I, II, III, IV, V

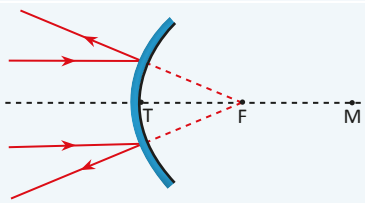
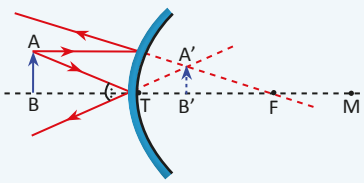
Küresel aynalardaki deney süreci öğretmeniniz tarafından "Kontrol Listesi" ile değerlendirilecektir. "Kontrol Listesi"ne karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Küresel aynalarda oluşan görüntülerin yeri ve özellikleri aynaya gönderilen özel ışınlar ile bulunabilir. Noktasal bir cismin görüntüsünü bulmak için cisimden aynaya en az iki özel ışın gönderilir ve bu ışınların aynadan yansımaları çizilir. Küresel aynalarda cismin boyunun görüntünün boyuna oranı, cismin aynaya uzaklığının görüntünün aynaya uzaklığına oranına eşittir. Çukur aynalarda oluşan görüntünün yeri ve özellikleri Tablo 3.3'te, tümsek aynalarda oluşan görüntünün yeri ve özellikleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.3: *Çukur Aynalarda Oluşan Görüntünün Yeri ve Özellikleri*

Cisim Sonsuzda ise	Cisim Merkezin Dışında ise
	
Görüntünün Yeri: Odak noktasıdır. **Görüntünün Özellikleri:** Nokta şeklinde ve gerçektir.	**Görüntünün Yeri:** Merkez noktası ile odak noktası arasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre ters, gerçek ve cisimden küçüktür.
Cisim Merkezde ise	**Cisim Merkez ile Odak Noktası Arasında ise**
	
Görüntünün Yeri: Merkez noktasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre ters, gerçek ve cisimle aynı boydadır.	**Görüntünün Yeri:** Merkez noktası ile sonsuz arasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre ters, gerçek ve cisimden büyüktür.
Cisim Odak Noktasında ise	**Cisim Odak ile Tepe Noktası Arasında ise**
	
Görüntünün Yeri: Sonsuzdadır. **Görüntünün Özellikleri:** -	**Görüntünün Yeri:** Aynanın arkasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre düz, sanal ve cisimden büyüktür.

Tablo 3.4: *Tümsek Aynalarda Oluşan Görüntünün Yeri ve Özellikleri*

Cisim Sonsuzda ise	Cisim Sonsuzla Ayna Arasında ise
	
Görüntünün yeri: Odaktadır. **Görüntünün Özellikleri:** Nokta şeklinde ve sanaldır.	**Görüntünün yeri:** Tepe noktası ile odak noktası arasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre düz, sanal ve cisimden küçüktür.

Örnek

Şekil I ve Şekil II'de cisimlerin küresel aynalarda oluşan görüntüleri verilmiştir.



Şekil I



Şekil II

Buna göre

a) Şekil I ve Şekil II'de oluşan görüntülerin özelliklerini ve kullanılan aynaların türünü nedenleri ile yazınız.

b) Şekil I'de cisimlerin aynadaki görüntülerinin düz olması için neler yapılabileceğini yazınız.

c) Şekil II'de cisimlerin aynadaki görüntülerinin daha küçük olması için neler yapılabileceğini yazınız.

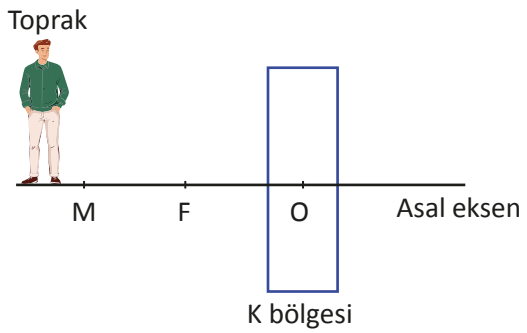
Cevap

a) Şekil I'de oluşan görüntüler ters ve gerçektir. Bu tür görüntüler yalnızca çukur aynalarda oluşur. Bu nedenle Şekil I'de kullanılan ayna çukur aynadır. Şekil II'de ise görüntüler düz, küçük ve sanaldır. Bu görüntüler yalnızca tümsek aynalarda oluşur. Dolayısıyla Şekil II'de kullanılan ayna bir tümsek aynadır.

b) Şekil I'de oluşan görüntülerin ters ve cisme göre daha küçük olması, cisimlerin çukur aynanın merkez noktasının dışında yer aldığını gösterir. Görüntülerin düz olabilmesi için cisimler, çukur aynanın tepe noktası ile odak noktası arasına yerleştirilmelidir. Bu bakımdan görüntünün düz olması için ya cisim aynaya ya da ayna cisme yaklaştırılmalıdır.

c) Şekil II'de kullanılan tümsek aynada görüntüler her zaman düz ve küçüktür. Görüntünün daha küçük olması için cisim ile ayna arasındaki mesafe artırılmalıdır.

9. Alıştırma



Yandaki şekilde K bölgesinde bulunan yeterince büyük bir çukur ayna; asal eksen üzerine tepe noktası O, odak noktası F ve merkez noktası M olacak şekilde yerleştirilmiştir. Boyu 180 cm olan Toprak; eğrilik yarıçapı 4 m olan çukur aynanın önünde, M noktasının dışında ve asal eksene dik olacak şekilde durmaktadır.

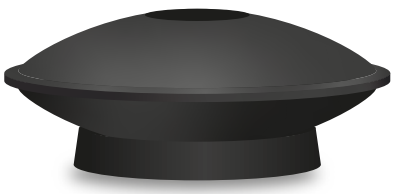
Buna göre

a) Toprak'ın K bölgesinde bulunan çukur aynaya yaklaşırken oluşan görüntüsü ile ilgili aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Toprak'ın Aynaya Göre Konumu (m)	Görüntüsünün Konumu (m)	Görüntüsünün Boyu (cm)	Görüntüsünün Özelliği (Sanal veya Gerçek)	Görüntüsünün Özelliği (Düz veya Ters)
6				
4				
3				
2				
1				

b) Odak uzaklığı çukur ayna ile aynı olan yeterince büyük bir tümsek ayna K bölgesine yerleştirildiğinde Toprak'ın aynadaki görüntüsünün hangi özelliklerinin değişeceğini aşağıda verilen alana yazınız.

10. Alıştırma



Şekil I

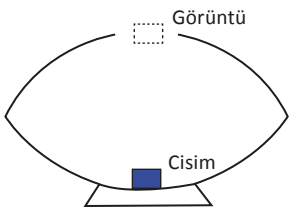


Şekil II



Şekil III

Mirascope [mırıskop (yansıtmalı görüntü düzeneği)], karşılıklı yerleştirilmiş iki küresel aynadan oluşan bir optik düzenektir. Üstteki aynanın merkezinde küçük bir delik bulunur (Şekil I). Alt aynanın odak noktasına Şekil II'deki gibi yerleştirilen minik bir cisim (örneğin plastik bir uğur böceği), aynalar arasında gerçekleşen yansımalar sayesinde dışarıdan bakıldığında sanki üstteki açıklığın hemen üzerinde, havada duruyormuş gibi görünür. Bu durum, ışığın aynalardan yansıyarak sanal bir görüntü oluşturmasıyla gerçekleşir. Şekil III'teki gibi görüntüye dokunulmaya çalışıldığında bu mümkün olmaz çünkü fiziksel olarak orada herhangi bir cisim bulunmaz. Buna rağmen görüntü o kadar nettir ki bir hologram etkisi oluşturur ve izleyenleri şaşırtır. Aşağıda mirascope düzeneğinin yan kesitine ait bir çizim verilmiştir.



Buna göre düzenekte alt aynanın ortasına yerleştirilen bir cismin nasıl olup da havadaymış gibi göründüğünü yansıma yasalarını ve küresel aynalardaki özel ışınları kullanarak aşağıda verilen alana yazınız ve şekil üzerinde gösteriniz.

11. Alıştırma

Erdem; görüş alanı sınırlı bir bölgedeki (koridor, depo, otopark, kör nokta vb.) hareketleri takip etmek, görüntüleri farklı yönlere yönlendirmek ve izlemeyi kolaylaştırmak için düzlem ve küresel aynaları kullanacağı ayna tabanlı bir güvenlik sistemi tasarlıyor.

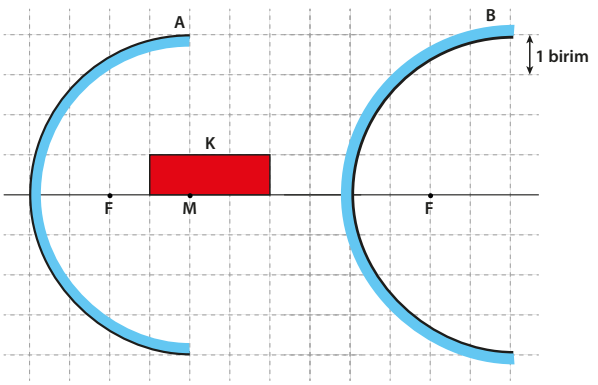
Buna göre tabloda çalışma ilkesi verilen aynanın türünü karşısındaki alana yazınız.

Çalışma İlkesi	Aynanın Türü
I. Koridor köşelerine veya kör noktalara yerleştirilerek yaklaşan kişilerin ya da araçların daha erken fark edilmesine olanak tanır. Geniş görüş alanı sunan bu aynalarda oluşan görüntüler küçük ve sanaldır.	
II. Görüntüyü başka bir aynaya yönlendirmek amacıyla kullanılabilir. Görüntünün büyüklüğünü değiştirmez, aynı boyutta ve düz yansıtır.	
III. Gelen ışınları odaklayarak görüntüleri bir noktada toplayabilir. Böylece hareket eden kişilerin görüntüsünü belli bir noktada netleştirip büyütebilir.	

12. Alıştırma

Yandaki şekilde verilen A aynası çukur, B aynası tümsek aynadır. Odak ve merkez noktaları aynı asal eksen üzerinde olan A ve B aynalarının arasına K cismi yerleştiriliyor.

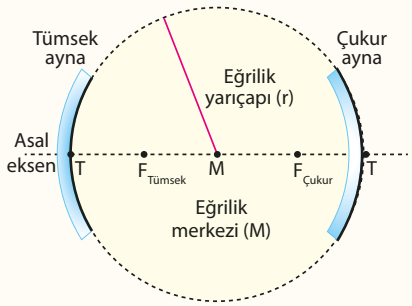
Buna göre K cisminin A ve B aynalarında oluşan ilk görüntülerini aşağıda verilen alana çiziniz.



Kontrol Noktası

Küresel Aynalar

Yansıtıcı yüzeyi küresel şekilde olan aynalara **küresel aynalar** denir. İç yüzeyi yansıtıcı olan küresel aynalara **çukur (içbükey) aynalar**, dış yüzeyi yansıtıcı olan küresel aynalara **tümsek (dışbükey) aynalar** denir.



Küresel aynalarda yansıma olayı, yansıma yasalarına göre gerçekleşir. Yansıyan ışınlar tersinirdir.

Küresel aynalarla ilgili temel kavramlar şunlardır:

Merkez Noktası (M): Küresel aynayı oluşturan küresel yüzeyin merkezidir.

Asal Eksen: Kürenin merkezinden aynanın ortasına çizilerek aynayı iki eşit parçaya bölen doğru parçasıdır.

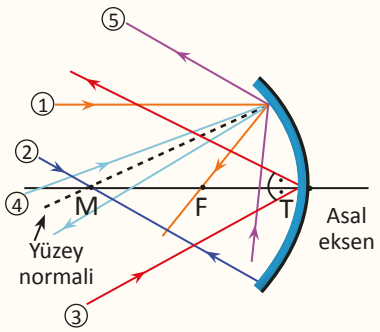
Tepe Noktası (T): Asal eksenin aynayı kestiği noktadır.

Odak Noktası (F): Tepe noktası ile merkez arasındaki uzunluğu iki eşit parçaya bölen noktadır.

Odak Uzaklığı (f): Odak noktasının tepe noktasına olan uzaklığıdır.

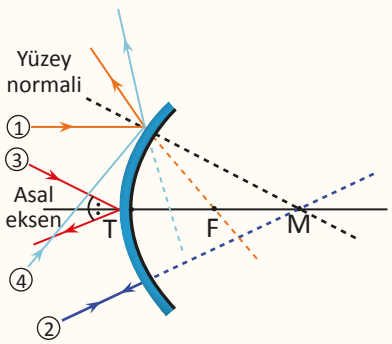
Eğrilik Yarıçapı (r): Merkez ile tepe noktası arasındaki uzaklıktır (r = 2f).

Çukur Aynalar



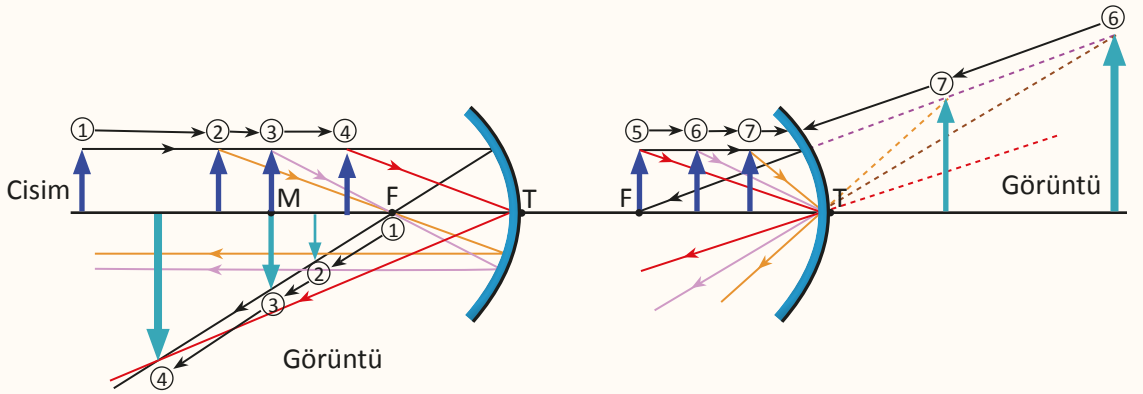
1. Asal eksene paralel gelen ışınlar, yansıdıktan sonra odak noktasından geçer.
2. Merkezden gelen ışınlar, ayna yüzeyine dik olarak geldiği için kendi üzerinden dönecek şekilde yansır.
3. Tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yapar.
4. Asal ekseni merkezin dışından kesecek şekilde gelen ışınlar, merkez ve odak noktası arasından geçecek şekilde yansır.
5. Çukur aynaya odak ile tepe noktası arasından asal ekseni keserek gelen ışın, uzantısı aynanın arkasında asal ekseni kesecek şekilde yansır.

Tümsek Aynalar



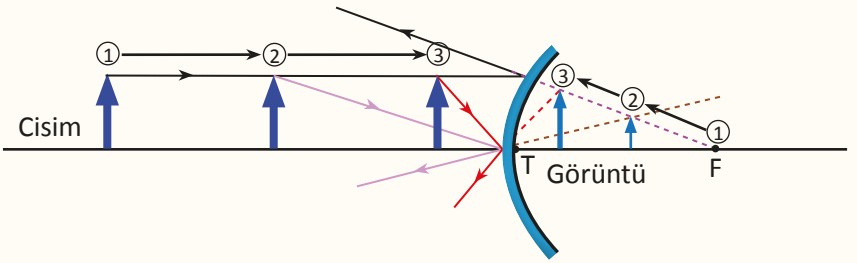
1. Asal eksene paralel gelen ışınların yansıdıktan sonra uzantıları odak noktasından geçer.
2. Tümsek aynaya çarpan ışının uzantısı, aynanın merkez noktasından geçiyorsa ışın geldiği yoldan döner.
3. Tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yapar.
4. Asal ekseni kesecek şekilde tümsek aynaya gelen ışınlar, uzantısı odak ve tepe noktası arasından geçecek şekilde yansır.

Çukur Aynalarda Görüntü Oluşumu ve Oluşan Görüntünün Özellikleri



Cismin Konumu		Görüntünün Özellikleri			
		Konumu	Boyu	Cisme Göre Düz veya Ters	Gerçek veya Sanal
1	Sonsuz	F	Noktasal	-	-
2	M'nin dışı	F-M arası	Cisimden küçük	Ters	Gerçek
3	M noktası	M noktası	Cisimle eşit	Ters	Gerçek
4	F-M arası	M'nin dışı	Cisimden büyük	Ters	Gerçek
5	F noktası	Sonsuz	-	-	-
6 ve 7	F-T arası	Aynanın arkası	Cisimden büyük	Düz	Sanal

Tümsek Aynalarda Görüntü Oluşumu ve Oluşan Görüntünün Özellikleri

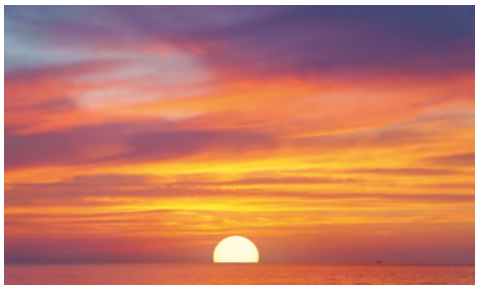


Cismin Konumu		Görüntünün Özellikleri			
		Konumu	Boyu	Cisme Göre Düz veya Ters	Gerçek veya Sanal
1	Sonsuz	F	Noktasal	-	-
2 ve 3	Aynanın önü	F-T arası	Cisimden küçük	Düz	Sanal

3.4. KIRILMA

Gündüz saatlerinde açık bir havada güneş genellikle sarıya yakın, gökyüzü mavi, bulutlar beyaz renkte görülür. Gün doğumu ve batımında ise gökyüzünde oluşan renk değişimleri, dikkat çekici doğal manzaralar oluşturur.

Gün batımı esnasında (Görsel 3.13) gözlemlenen bir başka olay da ufuk çizgisinin altına indiği hâlde Güneş'in bir süre daha görülebilir olmasıdır. Bu durum, Güneş ışınlarının atmosferden geçerken doğrultu değiştirmesiyle ilgilidir.



Görsel 3.13: *Gün batımı*

5. Etkinlik Kırılma

Amaç	Işığın saydam ortamlardaki davranışını kullanarak deney yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	optik daire, yarım daire kesiti şeklinde cam, lazer kaynağı
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmında hazırlayacağınız deney düzenekleri öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Aşağıda verilen görselleri inceleyiniz ve soruları cevaplayınız.

Serap Olayı



Sıcak havalarda asfalt üzerinde su varmış gibi görünmesinin sebebi ne olabilir?

.....

Günlük hayattan bu olaya benzer örnekler veriniz.

.....

.....

Çay Dolu Bardaktaki Kaşığın Kırık Gibi Görünmesi



Kaşığın kırık gibi görünmesinin sebebi ne olabilir?

.....

Günlük hayattan bu olaya benzer örnekler veriniz.

.....

.....

2. Bu olaylara ilişkin arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sormak üzere aşağıdaki boşluklara iki soru yazınız.

Soru: .....

Soru: .....

3. Optik daire, yarım daire kesiti şeklinde cam ve lazer kaynağını kullanarak aşağıda verilen gösteri deneyini yapınız.

a) Optik dairenin merkezini (M) yarım daire şeklindeki camın merkezi ile çakışacak şekilde yerleştirerek Şekil I'de gösterilen deney düzeneğini kurunuz.

b) Şekil I'de gösterildiği gibi M noktasına doğru normalle belli bir açı yapacak şekilde lazer ışını gönderiniz.

c) Lazer ışını havadan cama geçerken ortalama hız büyüklüğünü ve doğrultusunu değiştirerek Şekil I'deki gibi kırılır.



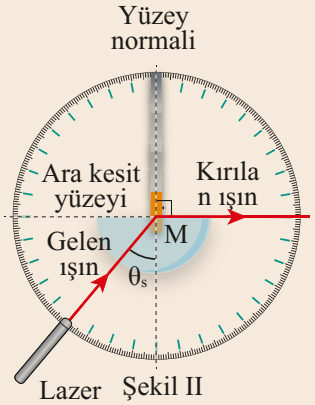
Işık, boşlukta yaklaşık $c = 3 \cdot 10^8$ m/s süratle yayılır. Işığın boşlukta yayılma süratinin herhangi bir ortamda yayılma süratine oranına **ortamın ışığı kırma indisi** denir. Ortamın ışığı kırma indisi "n" ile gösterilir.

Işığın saydam bir ortamdan kırıcılık indisi farklı başka bir saydam ortama geçerken hareket doğrultusunu değiştirmesine **kırılma olayı** denir.

Gelen ışın ile yüzey normali arasında kalan açıya **gelme açısı ($\hat{i}$)**, kırılan ışın ile yüzey normali arasında kalan açıya **kırılma açısı ($\hat{r}$)** denir.

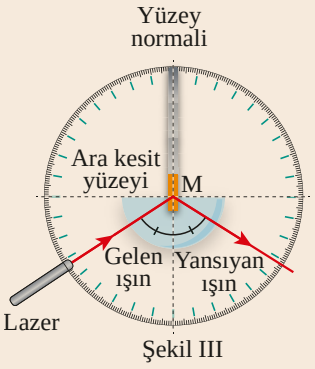
Kırılma olayında ortamların kırıcılık indislerinin oranı daima ışığın gelme ve kırılma açılarının sinüslerinin oranına eşittir. Bu eşitliğe **Snell (Sinel) Yasası** denir.

ç) Işık, kırılma indisi büyük ortamdan küçük ortama her zaman geçemeyebilir. Lazer ışınını Şekil II'de gösterildiği gibi M noktasına doğru kırılma açısı 90° olacak şekilde gönderiniz.



Kırılma açısının 90° olduğu durumdaki gelme açısına **sınır açısı (θ_s)** denir.

d) Lazer ışınını Şekil III'te gösterildiği gibi M noktasına doğru sınır açısından büyük olacak şekilde gönderiniz.



Işın, kırılma indisi büyük olan ortamdan küçük olan ortama sınır açısından daha büyük bir açı ile gönderilirse geldiği açıyla yansır. Bu olaya **tam yansıma** adı verilir.

4. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.

5. Grup arkadaşlarınızla yardımlaşarak kırılma yasalarına ilişkin farklı bir deney tasarlayınız. Tasarlayacağınız bu deneyde tek renkli ışının farklı kırılma indisine sahip ortamlarda (su, tuzlu su vb.) kırılması, düzgün ve düzgün olmayan (küresel) yüzeylerde kırılması, beyaz ışığın kırılırken renklerine ayrılması ve sıcaklığın (sıcak su, soğuk su vb.) kırılmaya etkisi gibi durumları inceleyiniz.

6. Deney düzeneğini kurunuz ve güvenlik tedbirlerine dikkat ederek tasarlamış olduğunuz deneyi grup arkadaşlarınızla iş birliği içinde gerçekleştiriniz.

7. Oluşturduğunuz deney düzeneğini kullanarak saydam ortamın özellikleri ve tek renkli ışığın gelme açısına ilişkin aşağıdaki soruların cevaplarını verilen boşluklara yazınız.

a) Kırıcılık indisi küçük olan ortamdan herhangi bir açı değeri ile gelen ışınlar, kırıcılık indisi büyük olan ortama kırılarak geçiyor mu? Geçen ışınların davranışlarını yazınız.

.....

.....

b) Kırıcılık indisi büyük olan ortamdan herhangi bir açı değeri ile gelen ışınlar, kırılarak kırıcılık indisi küçük olan ortama geçiyor mu? Geçen ve geçemeyen ışınların davranışlarını açıklayarak yazınız.

.....

.....

8. Farklı saydam ortamlar için ışının gelme açısı ve kırılma açısı değişkenlerine ilişkin topladığınız verileri kullanarak tabloları doldurunuz.

Ortam:		
Gelme Açısı ($\hat{i}$)	Kırılma Açısı ($\hat{r}$)	$\frac{\sin\hat{i}}{\sin r}$

Ortam:		
Gelme Açısı ($\hat{i}$)	Kırılma Açısı ($\hat{r}$)	$\frac{\sin\hat{i}}{\sin r}$

9. Düzgün ve düzgün olmayan (küresel) yüzeylerde kırılmaya uğrayan tek renkli ışının davranışlarını açıklayarak yazınız.

.....

.....

10. Farklı saydam ortamlarda kırılan beyaz ışığın davranışlarını açıklayarak yazınız.

.....

11. Sıcaklık değişiminin tek renkli ışının kırılmasına etkisini açıklayarak yazınız.

.....

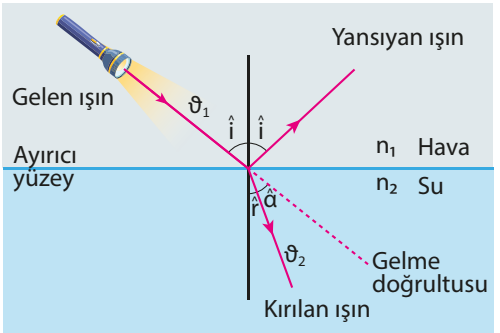
12. Elde ettiğiniz verileri kullanarak kırılma açısının bağlı olduğu değişkenleri analiz ediniz ve aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

Değerlendirme

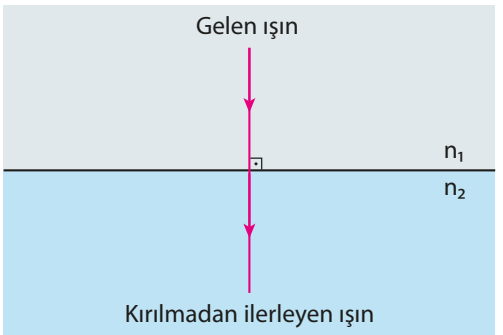
Hazırladığınız deney düzeneği, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.



Şekil 3.18: *Işığın kırılması*

Tablo 3.5: *Bazı Saydam Ortamların Işığı Kırma İndisleri*

Gaz (0 °C)	
Hava	1,000293
Karbondioksit	1,00045
Hidrojen	1,000139
Oksijen	1,000271
Sıvı (20 °C)	
Benzen	1,501
Etil alkol	1,361
Gliserin	1,473
Katı (20 °C)	
Cam	1,52
Buz	1,309
Kuartz kristali	1,544
Pleksiglas	1,51



Şekil 3.19: *Ara kesit yüzeyine dik gelen ışın*

Işık bir saydam ortamdan başka bir saydam ortama geçerken ortamlar arasındaki ayırıcı yüzeye ulaştığında ışığın bir kısmı ayırıcı yüzeyden yansır, bir kısmı ise ilerleme doğrultusunu değiştirerek diğer ortama geçer. Işığın doğrultu değiştirerek başka bir saydam ortama geçmesine **kırılma** denir. Gelen ışın ile yüzey normali arasında kalan açıya **gelme açısı ($\hat{i}$)**, kırılan ışın ile yüzey normali arasında kalan açıya **kırılma açısı ($\hat{r}$)**, ışığın gelme doğrultusuyla kırılma doğrultusu arasındaki açıya da **sapma açısı ($\hat{\alpha}$)** denir (Şekil 3.18).

Işık, boşlukta en büyük sürat değeri ile (yaklaşık $c = 3 \cdot 10^8$ m/s) yayılır. Saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçerken ışığın ortalama sürati değişir. Işığın boşlukta yayılma süratinin (c) herhangi bir ortamda yayılma süratine (ϑ) oranına **ortamın ışığı kırma indisi** (kırıcılık indisi) denir. Ortamın ışığı kırma indisi "n" ile gösterilir. Tablo 3.5'te bazı saydam ortamların ışığı kırma indisleri verilmiştir. Boşluğun ışığı kırma indisi 1 olarak kabul edilmiştir. Ortamın ışığı kırma indisi arttıkça ışığın ortamdaki sürati azalır. Bu nedenle ortamın ışığı kırma indisi ile ışığın süratinin çarpımı sabit bir değere (boşluktaki ışığın yayılma sürati) eşittir. Bu durum matematiksel olarak şu şekilde modellenebilir:

$$n \cdot \vartheta = c$$

Işığın hava ve boşlukta ortalama süratleri birbirine yakın olduğu için havanın da ışığı kırma indisi $n_{hava} = 1$ alınabilir. Boşluktan farklı tüm saydam ortamların ışığı kırma indisi 1'den büyüktür. Saydam ortamın ışığı kırma indisi büyüdükçe ışığın ortamdaki ortalama sürati azalır.

Kırılma Yasaları

1. Gelen ışın, kırılan ışın ve normal aynı düzlemdedir.
2. Kırılma olayında ortamların ışığı kırma indislerinin oranı daima ışığın gelme ve kırılma açılarının sinüslerinin oranıyla ters orantılıdır ve bu iki oran birbirine eşittir. Bu eşitliğe **Snell Yasası** denir. Işığın geldiği ortamın kırıcılık indisi n_1, geldiği ortamdaki ortalama hızının büyüklüğü ϑ_1; ışığın kırılarak geçtiği ortamın kırıcılık indisi n_2, kırıldığı ortamdaki ortalama hızının büyüklüğü ϑ_2 ise

$$\frac{\sin\hat{r}}{\sin\hat{i}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$ eşitliğinden Snell Yasası matematiksel olarak şu şekilde modellenir:

$$n_1 \cdot \sin\hat{i} = n_2 \cdot \sin\hat{r}$$

Farklı kırıcılık indisine sahip ortamların ara kesit yüzeyine dik olarak gelen ışın, diğer saydam ortama kırılmadan geçer. Bu durumda ışının ortalama hız büyüklüğü değişir (Şekil 3.19).

Şekil 3.20'deki ışın, az kırıcı ortamdan çok kırıcı ortama geçerken ($n_1 < n_2$)

- Normale yaklaşarak kırılır ($\hat{i} > \hat{r}$).
- Işının ortalama hız büyüklüğü azalır ($\vartheta_1 > \vartheta_2$).
- Işının frekansı sabit kalır.
- Ortamların kırıcılık indisleri arasındaki fark artarsa ışının sapma açısı artar.
- Işının gelme açısı artarsa sapma açısı artar.

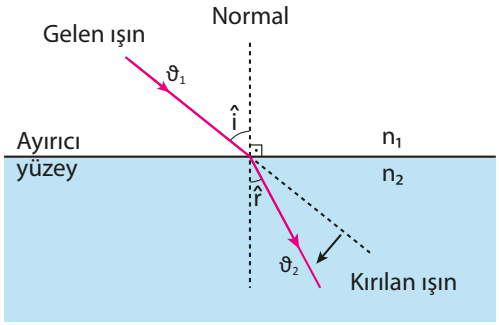
Işın, çok kırıcı ortamdan (n_2) az kırıcı ortama (n_1) her zaman geçemeyebilir. Şekil 3.21'deki ışın,

- 1 numaralı yolu izleyerek ayırıcı yüzeye dik gelirse kırılmaya uğramadan diğer ortama geçer.
- 2 numaralı yolu izleyerek ayırıcı yüzeye i açısı ile gelirse normalden uzaklaşacak şekilde kırılır ($\hat{r} > \hat{i}$).
- 3 numaralı yolu izlerse kırılma açısı 90° olduğu anda ayırıcı yüzeyden geçer. Bu durumdaki gelme açısı değerine **sınır açısı (θ_s)** denir. Ortamların ışığı kırma indisleri arasındaki fark artarsa sınır açısı değeri küçülür.
- 4 numaralı yolu izleyerek ayırıcı yüzeye sınır açısından daha büyük değere sahip bir açı ile gelirse normalle eşit açı yapacak şekilde geldiği ortama döner. Bu olaya **tam yansıma** denir.

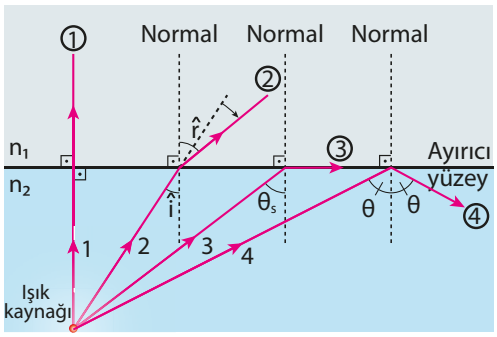
Beyaz ışık, içinde görünür ışık bölgesindeki ışık renklerini barındırır. Beyaz ışık, kırıcılık indisi büyük bir ortama geçerken renklerine ayrılır. Görünür ışık bölgesinde mor ışık, kırmızı ışığa göre daha çok kırılır (Şekil 3.22).

Beyaz ışık, çok kırıcı ortamdan az kırıcı ortama geçerken renklerine ayrılır. Her ışık rengi için sınır açısı değeri farklıdır. Kırmızı ışık için sınır açısı değeri en büyük, mor ışık için en küçüktür. Şekil 3.23'teki kırmızı, turuncu, sarı, yeşil ışınların gelme açısı, sınır açı değerlerinden küçük olduğu için ışınlar hava ortamına geçiş yapmıştır. Mavi ışının gelme açısı sınır açısına eşit olduğu için ışın ayırıcı yüzeyden geçmiş, lacivert ve mor ışınların gelme açısı sınır açısından büyük olduğu için ışın tam yansımaya uğramıştır.

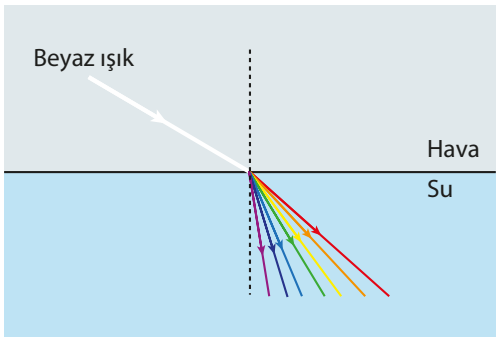
Serap olayı, tam yansımanın etkisiyle oluşur. Havanın sıcaklığı arttıkça ortamın ışığı kırma indisi azalır. Dolayısıyla sıcak havalarda yeryüzünden yükseklere çıkıldıkça havanın ışığı kırma indisi kademeli olarak artar. Yer kabuğundan daha yüksekteki soğuk havadan gelen ışık, cisme çarpıp göze gelirken ısınan havanın etkisiyle çok kırıcı ortamdan az kırıcı ortama geçiyormuş gibi havanın katmanlarında kırılır ve belli bir açı değerinden sonra tam yansıma yaparak göze



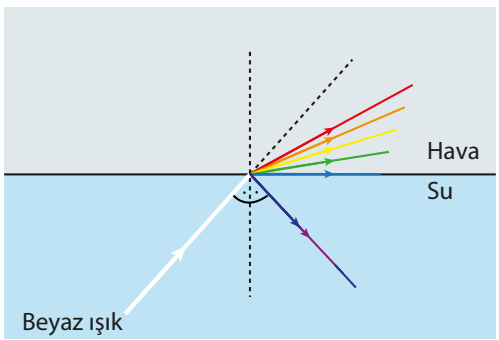
Şekil 3.20: *Az kırıcı ortamdan çok kırıcı ortama geçen ışının kırılması*



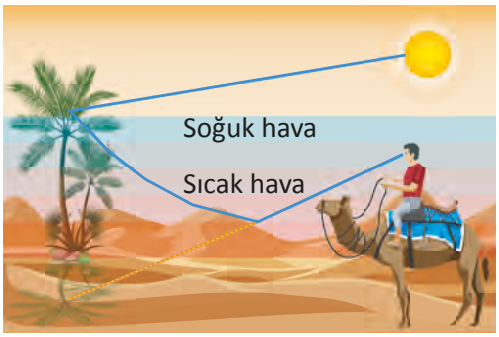
Şekil 3.21: *Çok kırıcı ortamdan az kırıcı ortama geçerken ışının izlediği yollar*



Şekil 3.22: *Beyaz ışığın renklerine ayrılması*



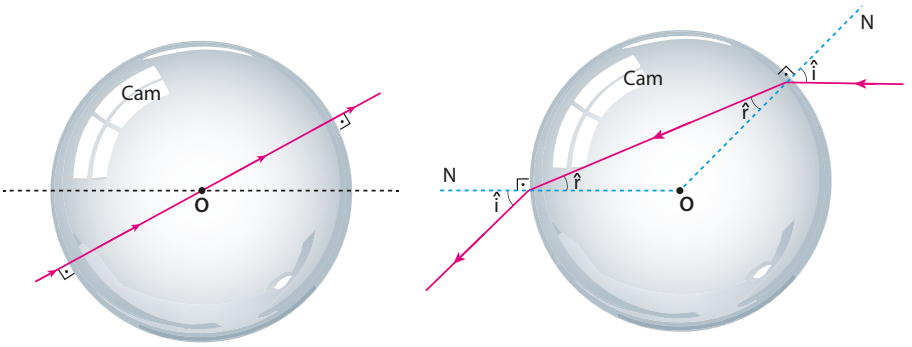
Şekil 3.23: *Beyaz ışığın renklerine ayrılması*



Görsel 3.14: *Serap olayı*

ulaşır. Bu olay sonucunda cisimler ters dönmüş gibi görünür (Görsel 3.14).

Işınlar, küresel yüzeylerden geçerken kırılma yasalarına uyar. Küre üzerindeki bir noktanın yüzey normali, kürenin merkezinden o noktaya doğru çizilen dikmedir. Hava ortamından uzantısı ya da kendisi kürenin merkezine denk gelecek şekilde gönderilen ışın, doğrultusunu değiştirmeden yoluna devam eder (Şekil 3.24: a). Şekil 3.24: b'deki gibi gelen ışın, havadan cama geçerken normale yaklaşacak şekilde kırılır ve diğer yüzeye ulaşır. Işın, camdan havaya çıkarken normalden uzaklaşacak şekilde kırılır.

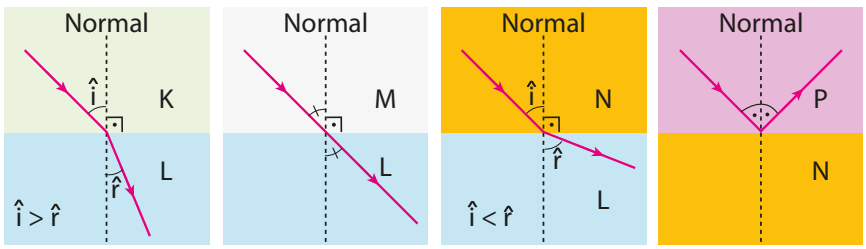


Şekil 3.24: *Işının küresel yüzeylerden geçişi*

Örnek

Aşağıdaki tabloda bazı saydam ortamların ışığı kırma indisi değerleri yaklaşık olarak verilmiştir. Şekillerde ise K, L, M, N ve P saydam ortamlarında tek renkli ışının ortam değiştirirken izlediği yollar görülmektedir.

Madde	Işığı Kırma İndisi
Elmas	2,41
Kuartz kristali	1,54
Su	1,333
Kuru hava	1,000293



Buna göre ışınların ortam değiştirirken izlediği yolları inceleyerek K, L, M, N ve P saydam ortamlarının tabloda verilen maddelerden hangileri olabileceğini gerekçeleriyle yazınız.

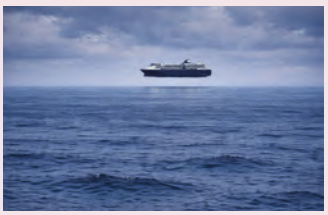
Cevap

Tek renkli ışın K'den L'ye geçerken normale yaklaştığı için $n_L > n_K$'dir. Tek renkli ışın M'den L'ye geçerken normal doğrultusundan gelmemesine rağmen hiç kırılmaya uğramadığı için $n_M = n_L$'dir. Tek renkli ışın N'den L'ye geçerken normalden uzaklaştığı için $n_N > n_L$'dir. Tek renkli ışın P'den N'ye geçemeyip tam yansıma yaptığı için $n_P > n_N$'dir. K, L, M, N ve P arasındaki kırıcılık indisi ilişkisi $n_P > n_N > n_M = n_L > n_K$ şeklinde olur. Tablodaki değerlere bakıldığında P elmas, N kuartz kristali, M ve L su, K ise kuru hava olabilir.

13. Alıştırma

Aşağıdaki görsellerde günlük hayatta karşılaşılan bazı görsel yanılsama örnekleri verilmiştir.

Görsellerdeki yanılsamaların nedenlerini açıklayınız.

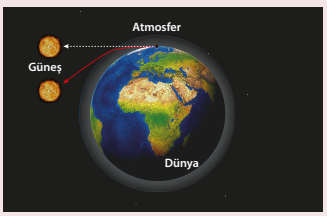
a) 

Soğuk bir günde uzaktan bakıldığında deniz üzerindeki yelkenlinin havada görülmesi

.....

.....

.....

b) 

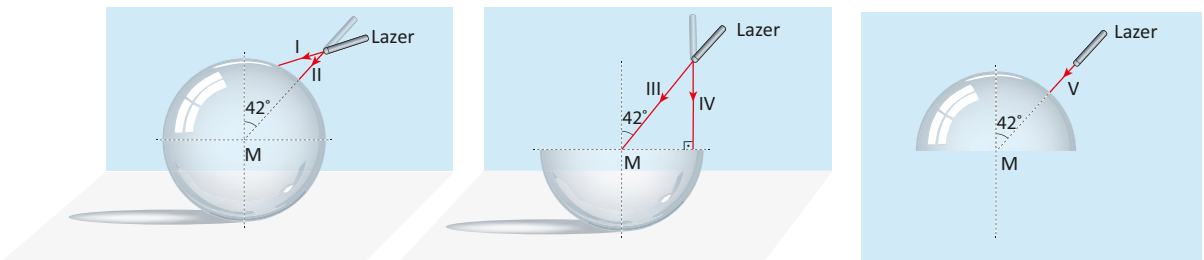
Gün batımı sırasında, ufuk çizgisinde görülen güneşin aslında çoktan ufuk çizgisinin altına inmiş olması

.....

.....

.....

14. Alıştırma

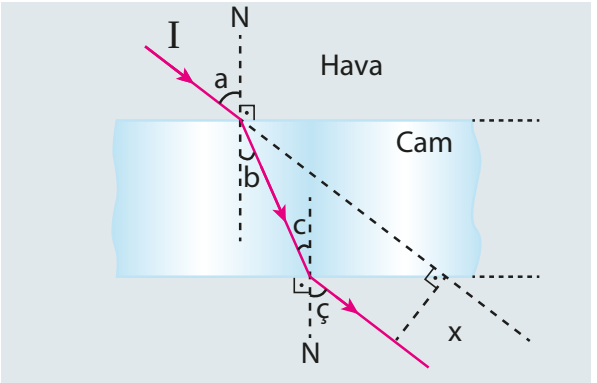


Burak, merkez noktası M olan camdan yapılmış küre ve yarım kürelere elindeki lazer ışınını I, II, III, IV ve V doğrultularında ayrı ayrı tutuyor ve ışının izlediği yolu gözlemliyor.

Buna göre küre ve yarım kürede ışınların izlediği yolları aşağıda verilen alana çiziniz.

(Camdan havaya geçişte sınır açısı 42°dir.)

15. Alıştırma



Gürkan Öğretmen, laboratuvarda gösteri deneyi yaparak öğrencilerine havadan cama belli bir açı ile gelen lazer ışınının kırıldıktan sonra tekrar hava ortamına çıkışını gösteriyor.

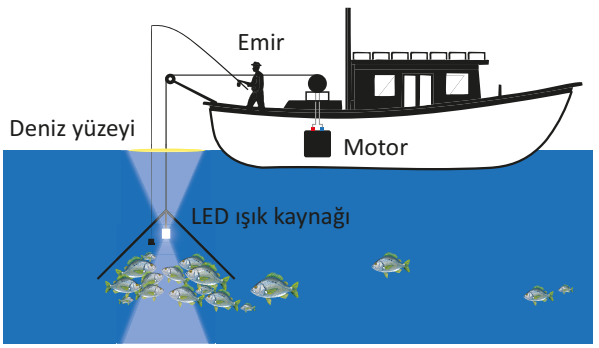
Yandaki görselde ışının havadan cama gelme açısı a, kırılma açısı b; camdan havaya gelme açısı c camdan havaya çıkarken kırılma açısı ç, gelen ve kırılan ışınların arasındaki mesafe x olarak gösterilmiştir.

Buna göre

a) a, b, c ve ç açıları arasındaki ilişkiyi açıklayarak yazınız.

b) Kullanılan camın ışığı kırma indisi artırılırsa a, b, c, ç açılarının ve x miktarının nasıl değişeceğini açıklayarak yazınız.

16. Alıştırma



LED ışık, gece balıkçılığında kullanılan araçlardan biridir. Makara ucuna bağlanan LED ışık, sabit bir makara yardımı ile denize indirilir.

Teknede balık avlayan Emir, LED ışığın deniz yüzeyinde dairesel aydınlık bir bölge oluşturduğunu gözlemliyor.

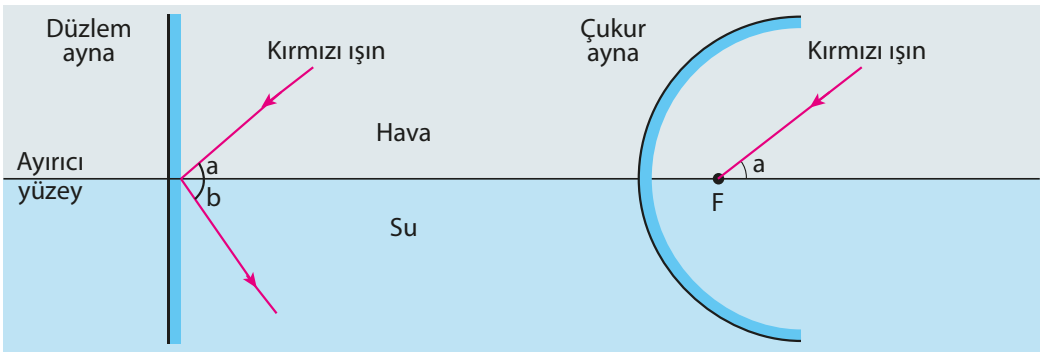
Buna göre

a) LED ışık kaynağından çıkan ışınların deniz yüzeyinde neden dairesel aydınlık bir bölge oluşturduğunu aşağıda verilen alana gerekçeleriyle yazınız.

b) LED ışık, motor yardımıyla deniz dibine doğru indirilirse Emir deniz yüzeyinde oluşan dairesel aydınlık bölgede nasıl bir değişim gözlemler? Dairesel aydınlık bölgedeki değişimin sebebini açıklayarak aşağıdaki alana yazınız.

17. Alıştırma

Aşağıdaki şekilde verilen aynalarla oluşturulmuş düzeneklere kırmızı ışın gönderiliyor. Ayırıcı yüzeye dik konumlandırılmış düzlem aynaya hava ortamından yatayla (ayırıcı yüzeyle) a açısı yapacak şekilde gelen ışın, su ortamına geçerken yatayla b açısı yapacak şekilde aynadan yansıyor. Asal ekseni ayırıcı yüzeyle çakışık olan şekildeki çukur aynanın odak noktası F'dir.



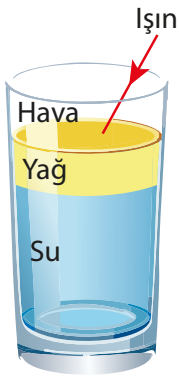
Buna göre

a) Aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları "X" ile işaretleyiniz.

- ☐ a ve b açı değerleri birbirine eşittir.
- ☐ a açısı gelme açısı, b açısı kırılma açısıdır.
- ☐ Çukur aynanın odağına a açısı ile gelen kırmızı ışının kırılma açı değeri b kadardır.
- ☐ Kırmızı ışın su yerine kırıcılık indisi daha büyük bir ortama geçiş yaparsa b açı değeri büyür.
- ☐ Çukur aynanın odağına a açısı ile gelen kırmızı ışın kırılır ve çukur aynadan paralel olarak yansır.

b) Düzlem aynaya kırmızı ışın yerine mor ışın gönderildiğinde ışınların izleyeceği yolu çizerek gösteriniz. b açısında değişim olup olmayacağını gerekçeleriyle aşağıda verilen alana yazınız.

18. Alıştırma



Mustafa, içinde su ve yağ bulunan şeffaf bardağa şekildeki gibi lazer kaynağı ile tek renkli ışın gönderiyor.

Buna göre

a) Işının yağ ve su ortamlarına geçerken izleyeceği yolu şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

b) Yağ olmasa ışının suya girerken yaptığı kırılma açısı değişir mi? Açıklayınız.

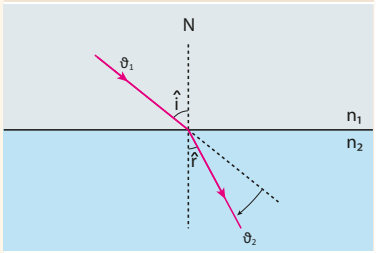
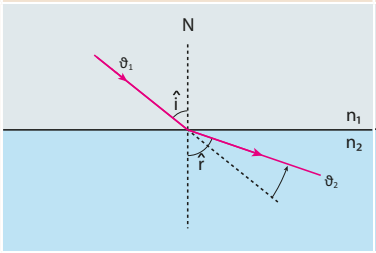
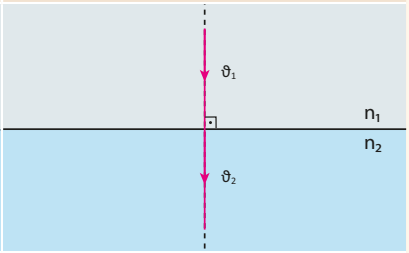
Kontrol Noktası

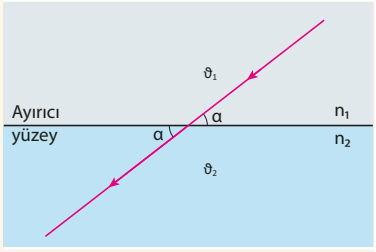
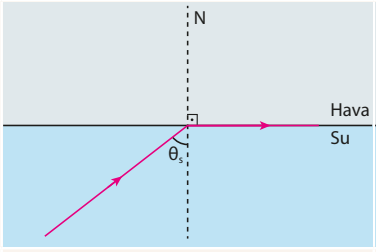
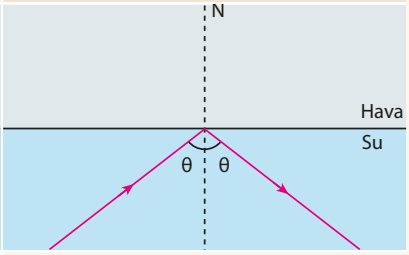
Kırılma Olayı

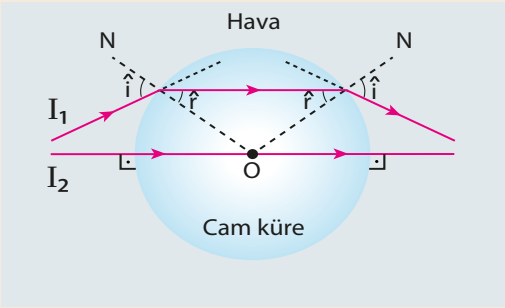
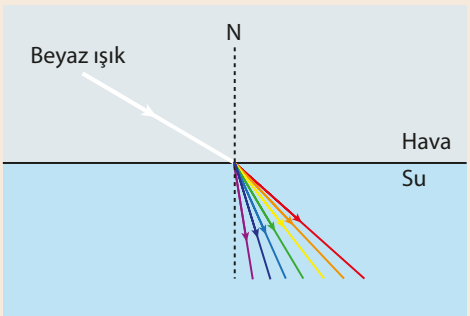
- Işığın doğrultu değiştirerek saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçmesine **kırılma** denir.
- Gelen ışın ile yüzey normali arasında kalan açıya **gelme açısı**, kırılan ışın ile yüzey normali arasında kalan açıya **kırılma açısı**, ışığın gelme doğrultusuyla kırılma doğrultusu arasındaki açıya da **sapma açısı** denir.
- Işığın boşlukta yayılma süratinin (c) herhangi bir ortamda yayılma süratine (ϑ) oranına **ortamın ışığı kırma indisi** (kırıcılık indisi) denir. Ortamın ışığı kırma indisi "n" ile gösterilir.

Kırılma Yasaları

- Gelen ışın, kırılan ışın ve normal aynı düzlemdedir.
- Kırılma olayında ortamların ışığı kırma indislerinin oranı daima ışığın gelme ve kırılma açılarının sinüslerinin oranıyla ters orantılıdır ve bu iki oran birbirine eşittir. Bu eşitliğe **Snell Yasası** denir. $n_1 \cdot \sin\hat{i} = n_2 \cdot \sin\hat{r}$

Az Kırıcı Ortamdan Çok Kırıcı Ortama Geçen Işın	Çok Kırıcı Ortamdan Az Kırıcı Ortama Geçen Işın	Bir Saydam Ortamdan Başka Bir Saydam Ortama Dik Gelen Işın
		
$n_1 < n_2$, $\hat{r} < \hat{i}$, $\vartheta_2 < \vartheta_1$	$n_2 < n_1$, $\hat{i} < \hat{r}$, $\vartheta_1 < \vartheta_2$	Işının ortalama hızı değişir fakat doğrultusu değişmez.

Ayırıcı Yüzeye Dik Gelmeyen Işın	Sınır Açısı	Tam Yansıma
		
Ayırıcı yüzeye dik gelmeyen ışın kırılmaya uğramıyorsa ortamların kırıcılık indisleri birbirine eşittir ($n_1 = n_2$).	Kırılma açısının 90° olduğu andaki gelme açısıdır.	Ayırıcı yüzeye sınır açısından daha büyük bir açıyla gelen ışının normalle eşit açı yaparak yansımasıdır.

Küresel Yüzeylerde Kırılma	Beyaz Işığın Renklerine Ayrılması
	
Kürenin merkezinden yüzeye çizilen dikme, yüzeyin normalidir.	Beyaz ışık kırılmaya uğrarken görünür ışık renklerine ayrılır.

3.5. GÖRÜNÜR DERİNLİK

Bir manzaraya cam bir kürenin ardından bakıldığında kürede görüntünün (Görsel 3.15) olması gerekenden farklı bir uzaklıkta oluştuğu görülür. Benzer durum; su dolu havuz, deniz gibi ortamlarda da gerçekleşir. Havuzun ve denizin derinliği olduğundan farklı şekilde algılanır. Deniz yüzeyinin hemen altında görülen balık, aslında tahmin edilen kadar yakında olmayabilir.

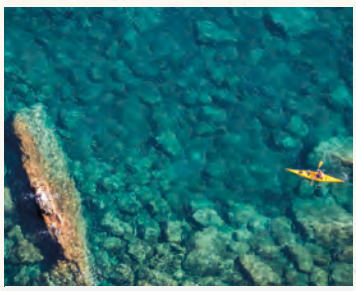


Görsel 3.15: *Cam bir kürenin ardından bakıldığında oluşan görüntü*

6. Etkinlik Görünür Derinlik

Amaç	Saydam ortamlarda görünür derinliğin gerçek derinlik ve ortamların ışığı kırma indislerine bağlı olarak değiştiğine ilişkin bilimsel gözlem yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	porselen bardak, su, sıvı yağ, cam, bozuk para ve kalem
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız. Cevaplarınız öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Aşağıdaki görsellerde görünür derinliğe ilişkin günlük hayattan bazı örnekler verilmiştir. Görselleri inceleyiniz.



Dibi kayalıklı bir denizin üstten görünümü



Havuzun içindeki balıkların ve paraların üstten görünümü



Güneşten gelen ışığın denizin dibinden görünümü

2. Görsellerdeki kayalıklar, balıklar ve paralar görülenden daha derinde bulunmaktadır. Denizin dibinden bakılan güneş ise gerçekte olduğundan daha yukarıda görülmektedir. Görseldeki cisimlerin gerçek derinlikleri ile görünür derinliklerinin farklı olmasının nedenini sorgulayarak ulaştığınız sonuçları aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

3. Aşağıda verilen sorulardan hareketle kırıcılık indisleri farklı ortamlardaki cisimlerin görünür derinliklerine ilişkin tahminlerinizi "Tahminler" sütununa yazınız.

Sorular	Tahminler
a) Boş bir bardağın içine konan bozuk paranın görünen derinliği gerçek derinliği midir?	
b) Boş bir bardağın içine bırakılan bozuk paranın üzerine bir miktar su konursa görünen derinlik nasıl değişir?	
c) Bardağın içine konan su miktarı artırılırsa görünen derinlik nasıl değişir?	
ç) Boş iki bardağın dibine konan bozuk paralardan birinin üzerine su, diğerinin üzerine eşit yükseklikte sıvı yağ konduğunda görünen derinlikler arasında nasıl bir farklılık olur?	

4. Görünür derinliği etkileyen ortamların sahip olduğu farklı kırıcılık indisleri ve cismin bulunduğu gerçek derinlik değişkenlerinin tanımlarını aşağıda verilen tabloda "Tanım" sütununa yazınız.

Değişken	Tanım
Gözlemcinin bulunduğu ortamın kırıcılık indisi	
Cismin bulunduğu ortamın kırıcılık indisi	
Cismin bulunduğu gerçek derinlik	

5. Su, sıvı yağ, cam, bozuk para, cetvel ve kalemi deney düzeneklerini kurmak için hazır hâle getiriniz.

6. Masa üzerine yerleştirdiğiniz porselen bardağın içine bozuk parayı koyunuz (Düzenek I).

7. Masanın üzerindeki porselen bardağı, dibindeki parayı göremeyeceğiniz konuma getirene kadar kendinizden uzaklaştırınız.

8. Su yüzeyinde bozuk paranın görüntüsünü görünceye kadar bardağa yavaş yavaş su ekleyiniz.

9. Su yüzeyinde görüntüsünü gördüğünüz anda bozuk paranın derinliğini gözlemleyiniz.

10. Su eklemeye devam ediniz ve bozuk paranın görünür derinliğinde oluşan değişimi gözlemleyiniz.

11. Altı-onuncu basamaklardaki işlemleri porselen bardağa su yerine sıvı yağ koyarak tekrarlayınız (Düzenek II).

12. Altı-onuncu basamaklardaki işlemleri bozuk para yerine kalem kullanarak tekrarlayınız.

13. Bozuk paranın üzerine cam koyarak görünür derinlikte oluşan değişimi gözlemleyiniz (Düzenek III).


Düzenek I


Düzenek II


Düzenek III

14. Deney düzeneklerindeki gözlemlerinize dayanarak cismin bulunduğu gerçek derinlik ile görünür derinlik arasındaki ilişkiyi "artar", "azalır" ya da "değişmez" ifadelerini kullanarak aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlemleriniz			
	Su	**Sıvı Yağ**	**Cam**
Cismin gerçek derinliği			
Cismin su yüzeyinde göründüğü anda bulunduğu görünür derinlik			
Su, sıvı yağ ve cam miktarı arttığında görünür derinlikteki değişim			

15. Yaptığınız gözlemlerden hareketle ortamların ışığı kırma indisi, gerçek derinlik ve görünür derinlik arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

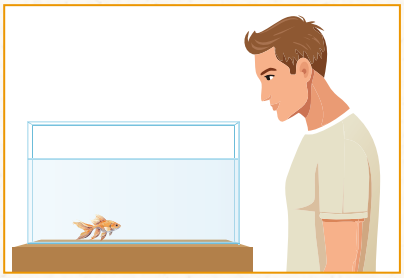
.....

.....

.....

Değerlendirme

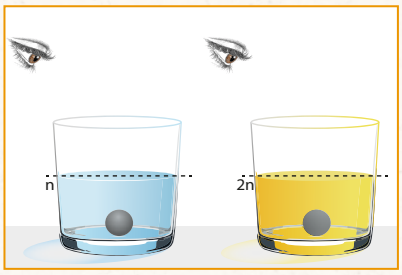
1. Hava ortamından akvaryum içindeki balığa bakan kişinin, balığı gördüğü derinliği ışığın kırılma yasalarını kullanarak şekil üzerinde gösteriniz.



2. Denizin içinden dışarıdaki bir kuşa bakan yüzücüye göre kuşun görünür derinliğini ışınlar çizerek şekil üzerinde gösteriniz.



3. Farklı kırıcılık indislerine sahip sıvılara konan özdeş cisimlerin havadan bakıldığında görünen derinliklerini şekiller üzerinde çizerek bulunuz ve kırıcılık indisi ile görünür derinlik arasındaki ilişkiyi aşağıda verilen alana yazınız.



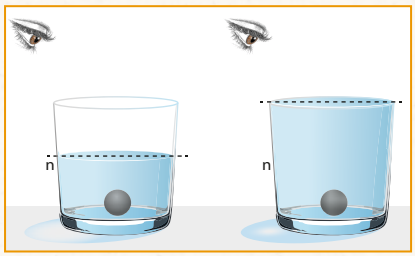
.....

.....

.....

.....

4. Aynı cins fakat farklı derinlikte sıvılara konan özdeş cisimlerin havadan bakıldığında görünen derinliklerini şekiller üzerinde çizerek bulunuz ve sıvının derinliği ile görünür derinlik arasındaki ilişkiyi aşağıda verilen alana yazınız.



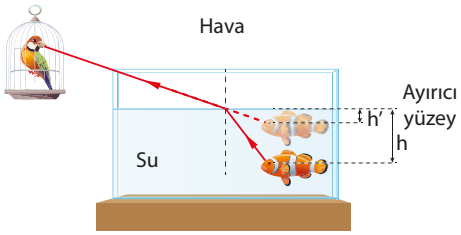
.....

.....

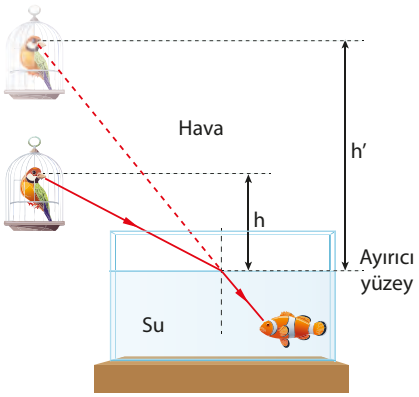
.....

Değerlendirme kısmındaki sorulara verdiğiniz cevaplar öğretmeniniz tarafından "Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Gözlemcinin bulunduğu ortam ile cismin bulunduğu ortamın ışığı kırma indisleri birbirinden farklı ise cisim gerçek konumundan daha uzakta ya da yakında görülebilir. Bu durum, cisimden yansıyan ışınların kırılarak göze gelmesinden kaynaklanır. Göz, gelen ışınların doğrultusunda cismi algılar. Gözlemcinin, cismi ayırıcı yüzeyden itibaren gördüğü uzaklığa **görünür derinlik** denir.



Şekil 3.25: *Akvaryumdaki balığın gerçek ve görünür derinliği*



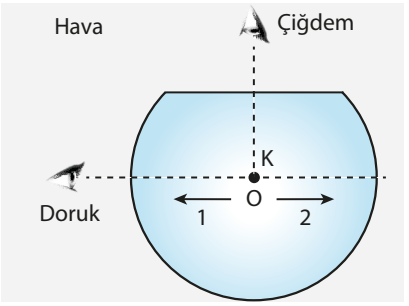
Şekil 3.26: *Kafesteki kuşun gerçek ve görünür derinliği*

Şekil 3.25'teki balıktan gelen ışın, sudan havaya çıkarken normalden uzaklaşacak şekilde kırılır ve kuşun gözüne gelir. Kırıcılık indisi küçük olan hava ortamından suya bakan kafesteki kuş, kırıcılık indisi büyük olan su ortamındaki balığı su yüzeyine daha yakın görür. Burada h balığın gerçek derinliğini, h' ise görünür derinliğini göstermektedir.

Şekil 3.26'daki kuştan gelen ışın, havadan suya geçerken normale yaklaşacak şekilde kırılır ve balığın gözüne ulaşır. Kırıcılık indisi büyük olan su ortamından havaya bakan balık, kırıcılık indisi küçük olan hava ortamındaki kuşu su yüzeyine daha uzak olarak görür. Burada h kuşun gerçek derinliğini, h' ise görünür derinliğini göstermektedir.

Görünür derinlik; cismin ayırıcı yüzeye olan uzaklığına, ortamlar arası kırıcılık indisi farkına, cisimden yansıyan ya da cisimden gelen ışığın rengine bağlıdır. Gözlemcinin ayırıcı yüzeye olan uzaklığına bağlı değildir.

Örnek



Doruk ve Çiğdem, şekilde verilen ve hava ortamında bulunan bir cam küreden yararlanarak gözlem yapıyor. Cam kürenin üst kısmı düz bir doğru boyunca kesilmiştir. Çiğdem küreye üstten yatay doğrultuya dik, Doruk yandan yatay asal eksen doğrultusunda bakarak kürenin merkezindeki (O) K cismini gözlemliyor.

Buna göre

a) Çiğdem'in kürenin merkezindeki K cisminin görüntüsünü nerede göreceğini ışınlar çizerek gösteriniz.

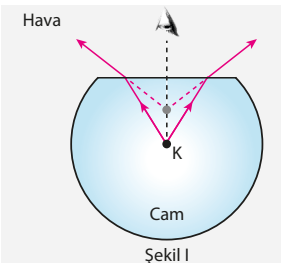
b) Doruk'un kürenin merkezinden 1 yönünde hareket eden K cisminin görüntüsünü nerede göreceğini ışınlar çizerek gösteriniz.

c) Doruk'un kürenin merkezindeki K cisminin görüntüsünü nerede göreceğini ışınlar çizerek gösteriniz.

ç) Doruk'un kürenin merkezinden 2 yönünde hareket eden K cisminin görüntüsünü nerede göreceğini ışınlar çizerek gösteriniz.

Cevap

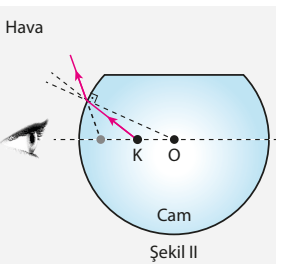
a)



Şekil I

Kürenin merkezindeki K cisminden çıkan ışınlar, camdan havaya çıkarken normalden uzaklaşacak şekilde kırılır. Bu nedenle Çiğdem; K cismini kırılan ışınların uzantısında, diğer bir deyişle bulunduğu konumdan daha yakında görür (Şekil I).

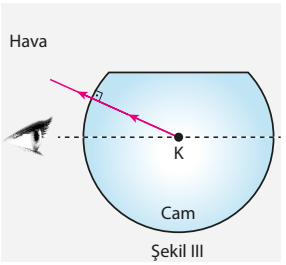
b)



Şekil II

Kürenin merkezinin önündeki K cisminden çıkan ışınlar, hava ortamına geçerken normalden uzaklaşacak şekilde kırılır. Bu nedenle Doruk; K cismini kırılan ışınların uzantısında, diğer bir deyişle bulunduğu konumdan daha yakında görür (Şekil II).

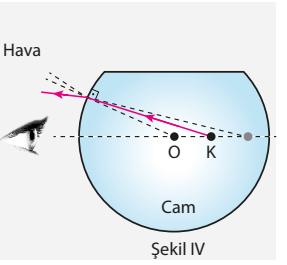
c)



Şekil III

Kürenin merkezindeki K cisminden çıkan ışınlar, küre yüzeyine dik geldiği için doğrultu değiştirmez. Bu nedenle Doruk K cismini merkezde görür (Şekil III).

ç)



Şekil IV

Kürenin merkezinin arkasındaki K cisminden çıkan ışınlar, hava ortamına geçerken normalden uzaklaşarak kırılır. Bu nedenle Doruk; K cismini kırılan ışınların uzantısında, diğer bir deyişle bulunduğu konumdan daha uzakta görür (Şekil IV).

19. Alıştırma



Yalıçapkını; alacalı renkli tüylere ve uzun, siyah, kuvvetli gaga yapısına sahip bir kuş türüdür. Genellikle balıkla beslenir. Türkiye'de tüm kıyı kesimlerinde ve sulak alanlarda görülür. Yalıçapkını, özel göz yapısı sayesinde ışık yansımalarından etkilenmez. Bu sayede keskin bir görüş yeteneğine sahiptir. Avını görünce suya dalıp yakalar ve görselde olduğu gibi dışarı çıkarır.

Buna göre

a) Yalıçapkını, su içindeki balığın görünür derinliğini nasıl algılar? Gerekçeleriyle yazınız.

b) Suyun içindeki balık, yalıçapkınının görüntüsünü nasıl algılar? Gerekçeleriyle yazınız.

20. Alıştırma



Atmosfer, Dünya'daki yaşam için vazgeçilmez olmasına rağmen astronomik gözlemler sırasında bazı zorluklar oluşturur. Hava katmanından geçen ışık, kırılmaya uğrayarak gök cisimlerinin olduklarından farklı konumlarda görünmesine sebep olur. Bu nedenle yıldızlar, gezegenler, Güneş ve Ay gerçek konumlarında değil, atmosferden kırılarak Dünya'ya ulaşan ışık doğrultusundaki konumlarda gözlemlenir. Benzer şekilde uydulardan Dünya'ya ulaşan sinyaller de atmosferden geçerken kırılır ve yön değiştirir. Bu da konum belirleme sistemlerinde küçük ama önemli hatalara yol açabilir. Bu hatalar, gözlem ve ölçüm sistemlerinde hesaba katılır ve çeşitli düzeltme algoritmalarıyla telafi edilir.

Buna göre Dünya yüzeyindeki A noktasından görseldeki yıldıza bakan gözlemcinin, yıldızı hangi konumda göreceğini şekil üzerine ışınlar çizerek gösteriniz.

21. Alıştırma



El iskandili

Akarsu, kanal, göl, deniz gibi su kütlelerinde su derinliğinin ya da gemilerde su depolarının derinliğinin ölçülmesi için kullanılan alete iskandil denir. El iskandilleri, ucuna ağırlık bağlı ve üzerinde ölçüler bulunan bir şerit metre ile bu şeridi sarmaya yarayan makara düzeneğinden oluşur. İskandil, ağırlığın dibe ulaştığı andaki tel uzunluğuna dayanarak suyun derinliğini ölçer.

Buna göre iskandilin denizcilerin seferlerde karşılaşabilecekleri hangi sorunlara, nasıl bir çözüm sunabileceğini aşağıdaki alana yazınız.

Kontrol Noktası

Görünür Uzaklık

Bağlıdır

- Cismin ayırıcı yüzeye olan uzaklığına
- Ortamlar arası ışığı kırma indisi farkına
- Cismin rengine

Ayırıcı Yüzeye Daha Yakındır

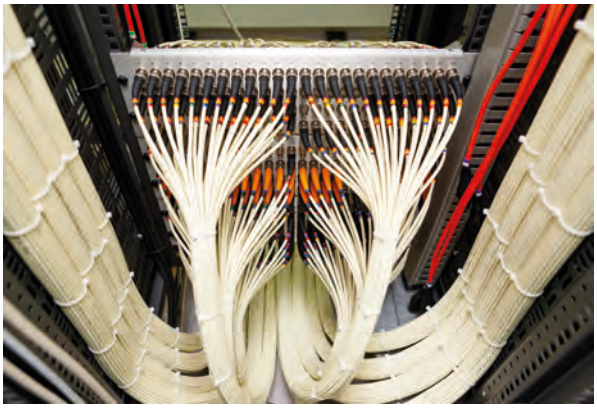
Işığı kırma indisi küçük olan saydam bir ortamdan ışığı kırma indisi büyük olan saydam ortamdaki bir cisme normale yakın bir doğrultudan bakıldığında cisim ayırıcı yüzeye daha yakın görünür.

Ayırıcı Yüzeye Daha Uzaktır

Işığı kırma indisi büyük olan saydam bir ortamdan ışığı kırma indisi küçük olan saydam ortamdaki bir cisme normale yakın bir doğrultudan bakıldığında cisim ayırıcı yüzeye daha uzak görünür.

3.6. FİBER OPTİK

İletişim teknolojileri, insanlığın bilgi aktarımı konusundaki ihtiyaçlarına paralel olarak gelişim göstermiştir. İlk çağlarda kullanılan ateş, duman, haberci güvercin gibi yöntemler; temelde iletinin görsel ve fiziksel olarak ulaştırılmasına dayanıyordu. 1830'lu yıllarda telgrafın icadıyla elektriksel iletim çağının temelleri atılmıştır. Bu gelişmeyi 1876 yılında Graham Bell'in (Grem Bel) gerçekleştirdiği ilk telefon görüşmesi izlemiştir. Elektrik akımı aracılığıyla sesli bilginin iletilebilmesi, iletişim teknolojilerinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Takip eden yıllarda ışığın yüksek veri iletimi sağladığının keşfi, optik temelli veri iletim sistemlerinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Günümüzde yüksek bant genişliği ve düşük gecikme özellikleriyle öne çıkan fiber optik (Görsel 3.16) iletişim altyapıları giderek yaygınlaşmaktadır.



Görsel 3.16: *İletişim dağıtım noktasına bağlanan fiber optik kablolar*

Öğretmeninizin rehberliğinde gruplar oluşturunuz. 7. Etkinlik'te kullanmak üzere fiber optik malzemelerin yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşmak için kullanacağınız kaynakları (genel ağ, kütüphane, dergiler vb.) grup arkadaşlarınızla belirleyiniz. Belirlediğiniz kaynaklar yoluyla fiber optik malzemelerin yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanları hakkında bilgilere ulaşmak için araştırma yapınız. Araştırma yaptığınız kaynakların güvenilir olmasına özen gösteriniz. Araştırmalarınızı kaynak bilgisiyle düzenleyiniz.

7. Etkinlik Fiber Optik

Amaç	Fiber optik malzemelerin yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanlarına ilişkin bilgi toplayabilme
Süre	35 + 35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

1. Genel ağ alt yapısında fiber optik malzemeler kullanılmaktadır. Genel ağ alt yapısında fiber optik malzemelerin tercih edilmesinin sebepleri ile ilgili tahminlerinizi aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.

3. Fiber optik malzemelerin yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanları ile ilgili yaptığınız araştırmada takip ettiğiniz planı aşağıdaki alana yazınız.

Araştırma Planı

4. Fiber optik malzemelerin yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanları hakkında yaptığınız araştırma sonucunda ulaştığınız bilgileri aşağıda verilen tabloda uygun yerlere yazınız.

Fiber Optik Malzemeler	
Yapısı	
Çalışma İlkesi	
Kullanım Alanları	

5. Araştırma sonucunda ulaştığınız bilgileri sınıf arkadaşlarınızla tartışınız.

Değerlendirme

1. Veri iletiminde fiber optik kablo kullanımının bakır kablo kullanımına göre avantajlarını aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

2. Fiber optik kablolarda veri kayıplarının nedenlerini ve bu kayıplar için alınabilecek önlemleri aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

2. Performans Görevi

Adı	Fiber Optik Kablolar
Beklenen Performans	Fiber optik kabloların yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanları ile ilgili sınıf ortamında poster veya slayt gösterisi şeklinde bir sunum hazırlamanız istenmektedir. Hazırlayacağınız sunumda fiber optik kabloların yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanlarını vurgulamanız gerekmektedir.
Görev	Yaptığınız araştırmada ulaştığınız bilgilerden yararlanarak fiber optik malzemelerin yapısı, çalışma ilkesi ve kullanım alanlarına ilişkin poster veya slayt gösterisi şeklinde bir sunum hazırlayınız. Sunumunuzda kullanmak üzere gerekli materyalleri toplayınız. Sunumunuzu dijital yazılımlar kullanarak da gerçekleştirebilirsiniz.
Uygulama Aşamaları	• Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız ve grup üyeleri arasında görev dağılımı yapınız. • Sunumunuzda kullanacağınız yöntemi seçiniz ve sunumunuzun planlamasını yapınız. • Kullanacağınız içeriklerin doğru, güncel ve güvenilir olmasına dikkat ediniz. • Görsel olarak kullanacağınız içerikler, sözlü anlatımınızı destekleyecek nitelikte olmalıdır. • Sunumunuzu Türkçe dil bilgisi ve yazım kurallarına uygun olarak hazırlayınız. • Hazırladığınız sunumları sınıf arkadaşlarınız ile paylaşınız. • Sunumunuz sırasında uygun bir ses tonuyla akıcı bir şekilde konuşmaya özen gösteriniz. • Sunumlarda yer alan bilgileri sınıf arkadaşlarınızla tartışınız. • Ulaştığınız bilgileri tartışma sırasında karşılaştırarak doğrulayınız.
	Performans göreviniz, öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

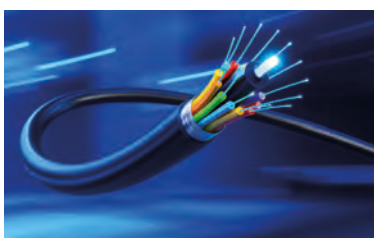
Fiber optik; cam, plastik gibi saydam maddelerden yapılmış, saç teli kadar ince, silindirik bir liftir. Fiber optik kablolar (Görsel 3.17) ise ses, veri, görüntü gibi bilgilerin ışık hızına yakın bir hızda ve güvenli bir şekilde aktarılmasında kullanılır. Tek bir fiber çekirdek içinden birden fazla ışın gönderilerek aynı anda farklı veriler taşınabilir.

Fiber optik kablolar üç kısımdan oluşur. Bunlar; çekirdek (merkez), cam örtü ve kılıftır (Şekil 3.27).

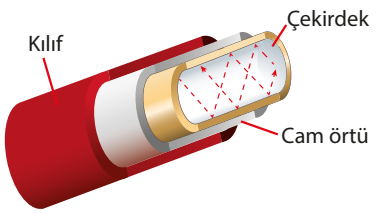
Çekirdek (Merkez): Işığın yansımalar yaparak içinde ilerlediği cam liftir.

Cam Örtü: Işığın çekirdekten dışarı çıkmasını önleyen ve ışığı kırma indisi çekirdekten daha küçük olan cam kılıftır. Çekirdeğin dışını sarar ve sürekli yansımalarla ışığın çekirdekte iletilmesini sağlar.

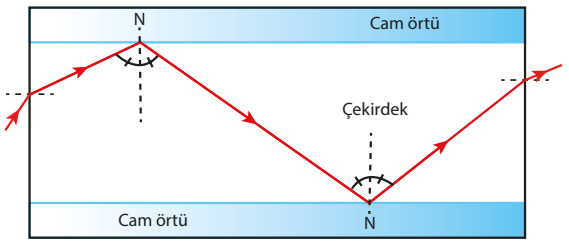
Kılıf: Fiber optik kabloların en dış kısmında bulunan plastik kaplama, içerideki çekirdeği ve cam tabakayı nem, darbe gibi dış etkenlerden korur.



Görsel 3.17: *Fiber optik kablo*



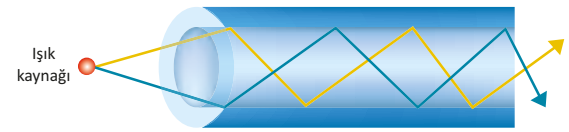
Şekil 3.27: *Fiber optik kablo kısımları*



Şekil 3.28: *Fiber optikte tam yansıma*

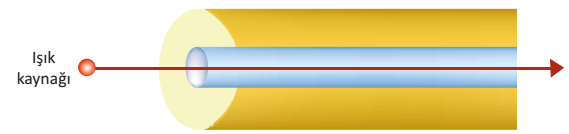
Fiber optik malzemelerde ışının gelme açısı çekirdek ile cam örtü arasındaki sınır açısından büyükse ışın, çekirdek içinde sürekli tam yansıma yaparak uzun mesafelere ulaşabilir (Şekil 3.28). Işının gelme açısı çekirdek ile cam örtü arasındaki sınır açısından küçükse ışın cam örtünün içine girerek yok olur. Fiber optik malzemelerde temel amaç, ışının çekirdek dışına sızmasını engelleyip en az kayıpla ilerletilmesini sağlamaktır.

Fiber optik kablolar, tek modlu ve çok modlu olmak üzere iki çeşittir:



Şekil 3.29: *Tek modlu fiber optik*

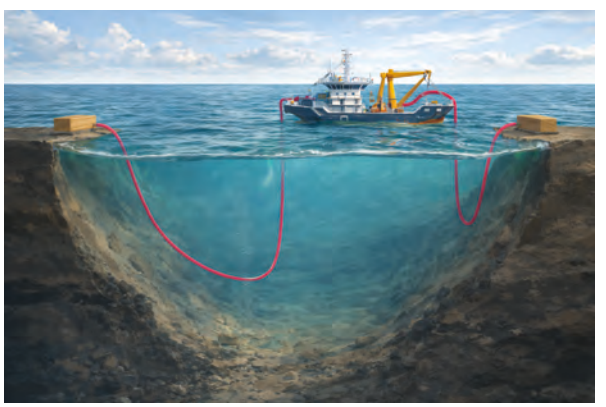
Tek modlu fiber optik kablolarda (Şekil 3.29) ışık sadece bir yol (mod) izleyerek ilerler. Bu lifler çok ince yapıdadır. Uzun mesafelerde bilgiyi daha az kayıpla iletir. Genellikle şehirler arası ve kıtalar arası genel ağ iletiminde kullanılır.



Şekil 3.30: *Çok modlu fiber optik*

Çok modlu fiber optik kablolarda (Şekil 3.30) ışık birden fazla yol (mod) izleyerek ilerler. Bu kabloların çekirdek çapı daha geniştir. Işık bu kabloda farklı açılarla ilerlediğinden yansıma sayısı tek modlu fiber optik kablolardakine göre daha fazladır. Kısa mesafeli bilgi iletiminde tercih edilir. Genellikle binalar arası ağlarda, kampüs içi iletişimde kullanılır.

Genel ağın yaklaşık %95'i okyanus tabanındaki fiber optik kablolar aracılığı ile taşınmaktadır. Özel fiber optik kablo döşeme gemileri, bir ucu karadaki istasyonda bulunan kabloyu okyanusa doğru uzatır. Şamandıralar sayesinde kablo, suyun dibine yavaş ve kontrollü bir şekilde indirilir. Gemi uzun mesafeler giderek ikinci istasyondaki kabloya ulaşır ve kablolar uygun yöntemlerle bir araya getirilir (Şekil 3.31). Herhangi bir hasar durumunda kablo tamir gemileri ile hasar giderilir. Özellikle karaya yakın bölgelerdeki kablolar; ağ, çapa, köpek balığı vb. sebeplerle daha çok zarar görebilmektedir.



Şekil 3.31: *Okyanus tabanına fiber optik kablo döşeme (temsilî)*

Fiber optik sistemlerde bilgi iletimi şu şekilde gerçekleşir:

- Vericide bilgi (ses, veri veya görüntü) elektrik sinyallerine dönüştürülür.
- Elektrik sinyalleri gigabit arayüz çevirici ile ışığa çevrilir.
- Işık, alıcı foto detektöre ulaşıncaya kadar fiber optik kablo içinde ilerler.
- Işık, alıcı foto detektöre ulaşınca tekrar elektriksel sinyallere çevrilir ve şifre çözülerek bilgiye (ses, veri veya görüntü) dönüştürülür.

Gigabit Arayüz Çevirici

Elektrik sinyallerini optik sinyallere, optik sinyalleri elektrik sinyallerine dönüştürür.

Fiber Optik Malzemelerin Kullanım Alanları

Fiber optik malzemeler, veriyi çok hızlı ve güvenli bir şekilde iletebildiği için veri iletimine ihtiyaç duyulan her alanda kullanılabilir. Bu malzemeler ile genel ağ, telefon, televizyon gibi iletişim teknolojilerinde sıklıkla karşılaşılır. Fiber optik malzemeler, elektriksel sinyaller yerine ışık sinyalleri ile çalıştığı için manyetik alanlardan etkilenmez. Enerji kaybı düşük olan bu malzemeler daha yüksek bant genişliği sağlar. İletişim alanı dışında tıpta endoskopi cihazında (Görsel 3.18) vücut içi görüntüleme yapılmasında kullanılır. Sanayide lazer kesim cihazlarında, dar alanlara ışık gönderilerek görüntü alınmasını sağlayan endüstriyel kameralarda fiber optik malzemelerden yararlanılır.

Fiber optik malzemeler; askerî sanayi ve savunma sanayiinde güvenli iletişim sistemleri, silah kontrol mekanizmaları, güdümlü füzeler (Görsel 3.19), radar ve savunma ağları gibi sistemlerde kullanılmaktadır. Dinlemeye karşı daha dirençli oldukları için şifreli ve güvenli veri iletiminde fiber optik kablolardan yararlanılmaktadır. Ayrıca hafif olması, az yer kaplaması, uzun ömürlü olması gibi nedenlerle savaş uçaklarında, denizaltılarda ve insansız hava araçlarında fiber optik malzemeler tercih edilmektedir.

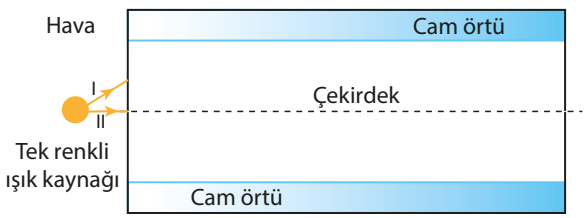


Görsel 3.18: *Endoskopi cihazı*



Görsel 3.19: *Fiber optik güdümlü füzenin roket başlığı*

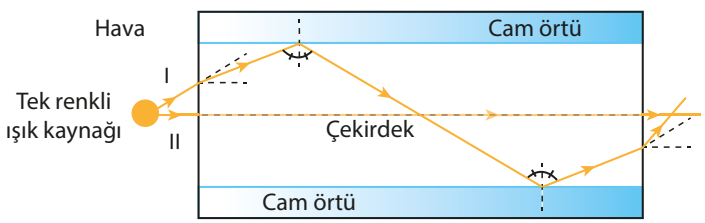
Örnek



Yandaki şekilde tek renkli ışık kaynağından çıkan I ve II numaralı ışınlar, fiber optik kablonun çekirdeğine hava ortamından şekildeki gibi giriş yapıyor. Daha sonra fiber çekirdeğin içinden ilerliyor ve tekrar hava ortamına çıkış yapıyor.

Buna göre I ve II numaralı ışınların çekirdek içinden çıkana kadar alabilecekleri yolları şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

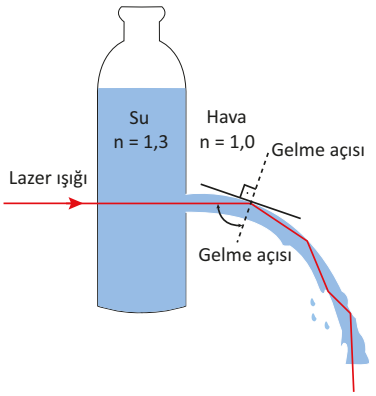
Cevap



I numaralı ışın, havadan çekirdeğe geçerken normale yaklaşacak şekilde kırılır. Çekirdek içinde ilerleyerek cam örtüye gelen ışının gelme açısı sınır açısından büyük olduğu için yandaki şekilde gösterildiği gibi çekirdek içinde sürekli tam yansımalar yapar. Daha sonra fiber çekirdeğin içinde ilerler ve tekrar havaya çıkarken normalden uzaklaşacak şekilde kırılır.

II numaralı ışın, havadan çekirdeğe dik olarak giriş yapar ve hiç kırılmaya uğramadan çekirdek içinden ilerleyerek tekrar havaya çıkış yapar.

22. Alıştırma



Ekin Öğretmen, ışığın tam yansıması durumunu öğrencilerine gösterebilmek için karanlık bir ortamda lazer ışık kaynağı ve su dolu pet şişe kullanarak bir deney düzeneği kuruyor. Daha sonra şişenin tabana yakın bir noktasından delik açıyor. Ekin Öğretmen'in lazer kaynağından gönderdiği ışık suyun içinde şekildeki gibi hareket ediyor.

Buna göre

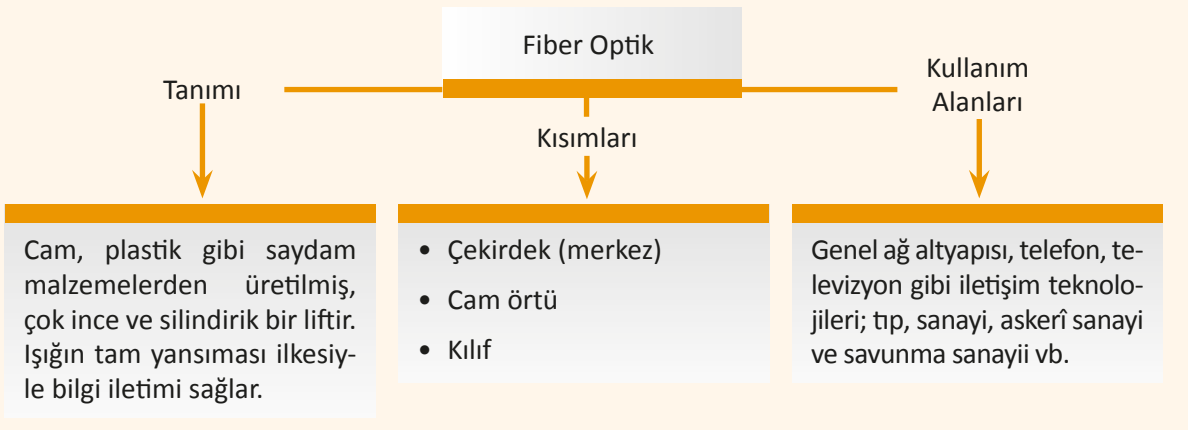
a) Işığın su içindeki hareketini kullanarak fiber optik kabloların çalışma ilkesini açıklayınız.

b) Sudan havaya geçişte sınır açısı değerinin 48° olduğu biliniyor. Yüzey normali ile 55° açı yapacak şekilde gönderilen ışık su içinde 4 kez tam yansıma yapıyor.

Farklı açı değerleri için ışığın tam yansıma durumu ve tahminî yansıma sayısını tabloda verilen alanlara yazınız.

Açı	Tam Yansıma Durumu	Tahminî Yansıma Sayısı
30°		
48°		
65°		
75°		
85°		

Kontrol Noktası



3.7. PRİZMALAR

Pırlanta (Görsel 3.20), yüksek kırıcılık indisine ve çok sayıda kesim yüzeyine sahip değerli bir taştır. Kırıcılık indisi büyük ve çok sayıda kesim yüzeyi olması nedeniyle pırlanta içine giren ışık, çıkana kadar birçok kez yön değiştirir ve tam yansımalar yapar. Ayrıca güneş ışığı pırlantanın içine girerken renklerine ayrılır. Tüm bunlar pırlantanın parlak ve renkli ışıklar saçıyor gibi görünmesine neden olur. Pırlantanın yüzeyinde oluşan kirlilik ve düzensizlikler, bu ışık olaylarını etkilediği için parlaklığının azalmasına neden olur.



Görsel 3.20: *Pırlanta*

8. Etkinlik Prizmalar

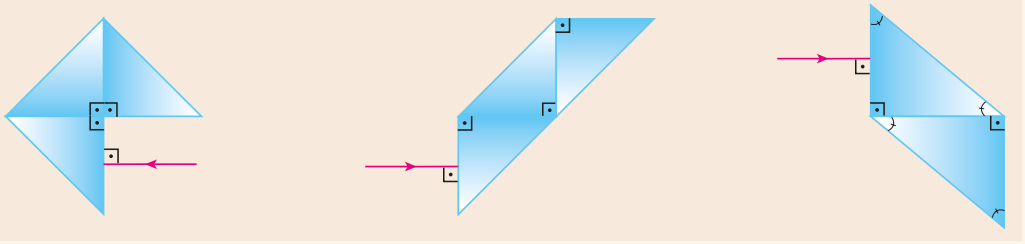
Amaç	Prizmalar ve prizmalar ile kurulan birleşik sistemlerde ışığın izlediği yola ilişkin tümdengelimsel akıl yürütebilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz, farklı şekil, büyüklük ve malzemeden yapılmış prizmalar
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. "Çalışma Yaprağı", öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.
2. Aşağıda verilen "Çalışma Yaprağı"nı etkinlik basamaklarını göz önünde bulundurarak doldurunuz.

Çalışma Yaprağı

I.	
II.	
III.	

IV.



3. Kırılma sırasında ışığın nasıl davrandığını belirlemek için sınıflandırma tablosu oluşturunuz. Oluşturacağınız sınıflandırma tablosunu "Çalışma Yaprağı"nın I numaralı bölümüne yazınız.
4. Öğretmeninizin dağıttığı prizmaları şekil, büyüklük, yapıldığı malzeme gibi özelliklerini dikkate alarak inceleyiniz.
5. "Çalışma Yaprağı"nın II numaralı bölümüne prizmanın özelliklerini yazarak şeklini çiziniz.
6. Grup arkadaşlarınızla ekip çalışması yaparak ışığın prizma içinde izlediği yola ilişkin hipotezlerinizi aşağıda verilen alana çiziniz.

7. Yandaki karekoddan yararlanarak "Prizmalar" isimli simülasyona ulaşınız.
8. Hipotezlerinizi simülasyonu kullanarak test ediniz.
9. Hipotezlerinizin doğru olup olmadığına karar vererek ulaştığınız sonucu "Çalışma Yaprağı"nın III numaralı bölümüne yazınız.
10. Aşağıdaki metni okuyunuz ve metinden sonra verilen çalışmayı yapınız.

> Prizmalar, birçok optik aletin yapımında birleşik sistemler şeklinde kullanılabilir. Birden fazla prizma bir arada kullanılarak ışının yönü ve doğrultusu değiştirilebilir.

Yukarıdaki bilgiden ve geçerli hipotezlerden yola çıkarak "Çalışma Yaprağı"nın IV numaralı bölümünde verilen prizmaların oluşturduğu bileşik sistemlerde tek renkli ışığın izleyeceği yolları belirleyiniz.

11. Grup arkadaşlarınızla birden fazla prizmadan oluşan bileşik sistemlerde tek renkli ışığın izleyeceği yolu nasıl belirlediğinizi gerekçeleriyle arkadaşlarınıza anlatınız.

Değerlendirme

Etkinlik sürecinde doldurduğunuz "Çalışma Yaprağı", öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

Görsel 3.21'de görüldüğü gibi ışığı kıran, yansıtan ya da renk bileşenlerine ayıran; çok sayıda düzlem yüzeyden oluşabilen saydam cisimlere **prizma** denir.

Işık, prizma yüzeyinde kırılma yasalarına göre kırılır. Havadan cam prizmaya Şekil 3.32'deki gibi giren tek renkli ışık; yüzeyin normaline yaklaşacak, camdan havaya çıkarken ise normalden uzaklaşacak şekilde kırılır.

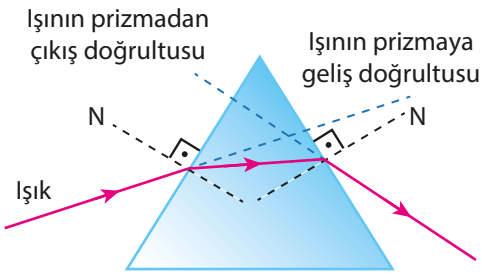
Beyaz ışık, içinde farklı ışık renklerini barındırır. Beyaz ışık prizmadan geçerken renklerine ayrılır. Kırmızı ışık, mavi ışığa göre daha az kırılır (Görsel 3.22).

İkizkenar dik üçgen şeklindeki cam prizmalara **tam yansımalı prizma** denir. Tam yansımalı prizmaların dar açıları 45°dir. Camdan havaya geçişte sınır açısı 42°dir. Camdan havaya geçmek için sınır açısından büyük açı ile gelen ışın tam yansıma yapar. Tam yansımalı prizmaya gelen ışın, prizma içinde en az bir tam yansıma yapar.

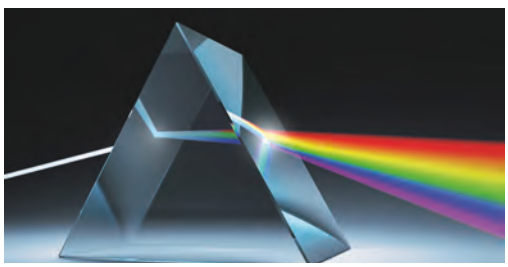
Tam yansımalı prizmanın dik yüzeylerinden birine dik olarak gelen ışın, diğer dik kenardan yine yüzeye dik olacak şekilde çıkar (Şekil 3.33: a). Tam yansımalı prizmada hipotenüse dik olarak gönderilen ışın, aynı doğrultuda hipotenüse dik olacak şekilde çıkar (Şekil 3.33: b). Hipotenüse paralel olarak gönderilen ışın ise tam yansımalı prizmadan hipotenüse paralel olarak çıkar (Şekil 3.33: c).



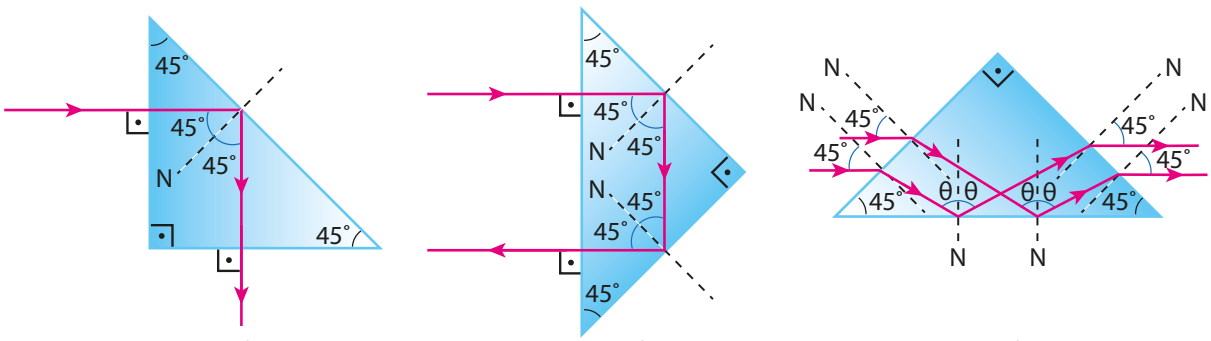
Görsel 3.21: *Prizma*



Şekil 3.32: *Tek renkli ışının izlediği yol*



Görsel 3.22: *Beyaz ışığın renklerine ayrılması*



Şekil 3.33: *Tam yansımalı prizmalarda tek renkli ışının izlediği yol*

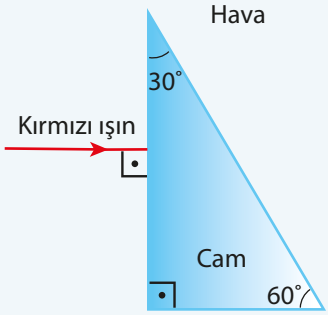
Tam yansımalı prizmalara gelen ışın, gelme doğrultusuna dik ya da paralel olacak şekilde prizmayı terk eder. Prizmalarda ışının parlaklık ve netlik kaybı düzlem aynalara göre daha azdır ve prizmalar aynalara göre daha dayanıklıdır. Bu nedenle dürbün, fotoğraf makinesi, periskop, mikroskop gibi birçok optik alette tam yansımalı prizmalar tercih edilir.

Örnek

Mahmut Öğretmen, fizik dersinde öğrencilerinin prizmalar konusu ile ilgili öğrenme durumlarını ölçmek için iki sorudan oluşan küçük bir sınav hazırlıyor.

Aşağıda verilen soruların cevap anahtarını hazırlayınız.

Prizma Soruları

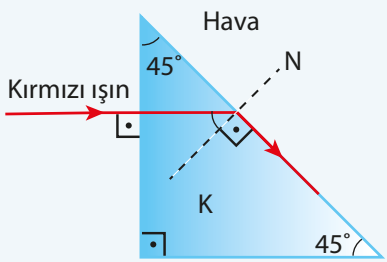
1. 

Yanda verilen dik üçgen şeklindeki cam prizmanın dik kenarına dik olacak biçimde gönderilen kırmızı ışının prizma içinde izleyeceği yolu şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

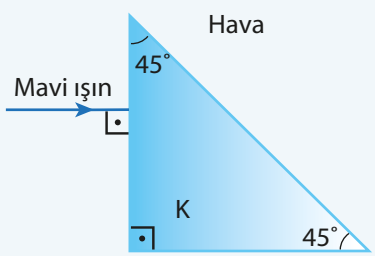
(Camdan havaya geçişte sınır açısı 42°dir.)

2. Havadan K dik prizmasının dik kenarına dik olacak şekilde gönderilen kırmızı ışının izlediği yol a maddesinde verilen şekildeki gibidir.

Buna göre

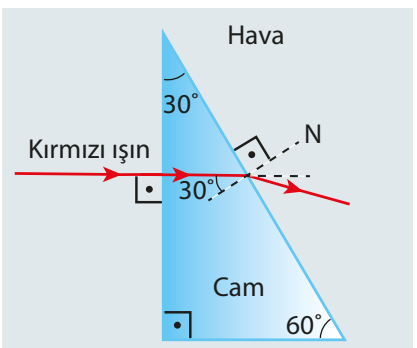
a) 

K prizmasından havaya geçişte sınır açısının kaç derece olduğunu gerekçeleriyle yazınız.

b) 

K prizmasına kırmızı ışın yerine mavi ışının dik olarak gönderildiği durum için mavi ışının izleyebileceği yolu yandaki şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

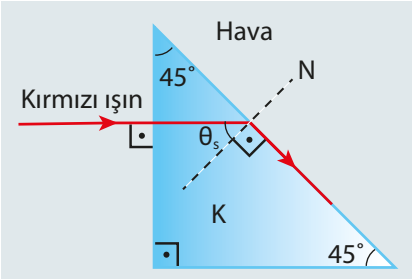
Cevap

1. 

Hava ortamından cama dik gelen ışın kırılmadan prizmaya geçer. Prizmanın hipotenüsüne 30°lik açı ile gelen ışın, sınır açısından daha küçük bir açı ile geldiği için havaya geçerken normalden uzaklaşacak şekilde kırılır.

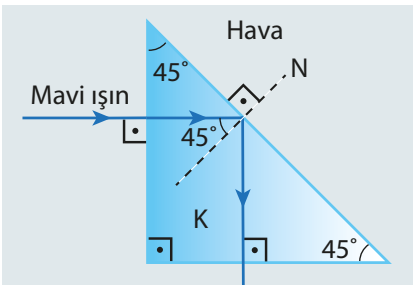
2.

a)



K prizmasının hipotenüsüne gelen ışın, K prizmasından havaya çıkarken kırılmaya uğramadan yüzeyle aynı doğrultuda ilerlemiştir. Işının hipotenüse gelme açısı değeri, sınır açısı değerine eşittir. İkizkenar şeklindeki dik üçgenin açıları taşındığında K prizmasından havaya geçişte sınır açısı $\theta_s = 45°$ olur.

b)



Kırmızı ışın için K prizmasından havaya geçişte sınır açısı $\theta_s = 45°$dir. K prizmasının hipotenüsüne gelen ışının gelme açısı ikizkenar üçgenin açıları taşındığında 45° olur. K prizmasından havaya çıkarken kırmızı ışının sınır açısı 45° olduğuna göre mavi ışının sınır açısı 45°den daha küçük olur. Dolayısıyla gelen ışın; tam yansımaya uğrar, ikizkenar dik üçgen şeklindeki prizmanın dik yüzeyine dik gelir ve kırılmadan havaya çıkış yapar.

23. Alıştırma



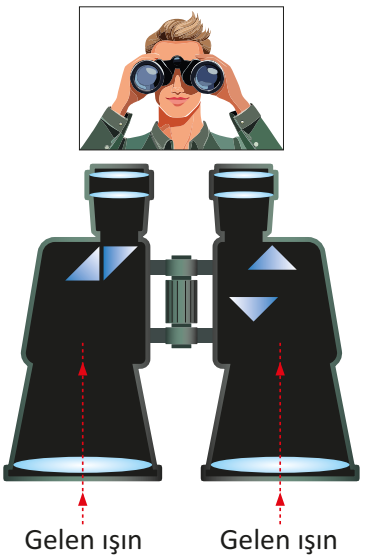
Güneş ışığı, yağmur damlalarının içinden geçerken kırılarak renklerine ayrılır. Işık, yağmur damlalarına girerken ve damlalardan çıkarken birer kez kırılmaya uğrar fakat yağmur damlasının içinde birkaç kez tam yansıma yapabilir. Işık ilk tam yansımasında kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert, mor olarak sıralanırken aynı damla içindeki ikinci tam yansımasında bu sıralama tersine döner. Bu durum, renk sıralaması farklı iki ayrı gökkuşağı oluşmasına neden olur. İkinci yansıma sonucu oluşan gökkuşağı daha soluk olarak gözlemlenir.

Buna göre

a) Güneş ışığının bir yağmur damlası içindeki kırılma ve yansımalarında izlediği yolu çizerek gösteriniz.

b) Güneş ışığı renklerine ayrıldıktan sonra tekrar renkleri birleştirip güneş ışığına dönüştürebilecek bir prizma sistemi çiziniz.

24. Alıştırma



Dürbünler, içinde bulunan optik araçlarla uzaktaki cisimlerin büyütülmüş şekilde görülmesini sağlar. Hayrettin, yanda görüldüğü gibi tam yansımalı prizmaların farklı şekillerde yerleştirilmesiyle oluşturulmuş bir dürbün ile bakmaktadır.

Buna göre

a) Tam yansımalı prizmalara dik olarak gelen tek renkli ışının tam yansımalar sonucu Hayrettin'in gözüne ulaşırken izlediği yolu verilen şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

b) Dürbüne gelen ışının göze ulaşmasını sağlayacak farklı bir prizma sistemi çiziniz.

Kontrol Noktası

Prizma

Tanımı

Işığı kıran, yansıtan ya da renk bileşenlerine ayıran; çok sayıda düzlem yüzeyden oluşabilen saydam cisimlere **prizma** denir. Işık, prizma yüzeyinde kırılma yasalarına göre kırılır. Beyaz ışık, prizmada kırılırken renklerine ayrılır.

Çeşidi

İkizkenar dik üçgen şeklindeki cam prizmalara **tam yansımalı prizma** denir. Camdan havaya geçişte sınır açısı 42°dir.

Kullanım Alanları

Dürbün, fotoğraf makinesi, periskop, mikroskop gibi birçok optik alette tam yansımalı prizmalar kullanılır.

3.8. MERCEKLER

Işığı istenen şekilde kırabilmek için cam, plastik gibi saydam cisimlerden yapılan optik malzemeler kullanılır. Günlük hayatta karşılaşılan cam bardak ve şişelerin tabanları ile su damlacıkları da üzerine gelen ışığı uygun biçimde kırarak odaklayabilir ya da dağıtabilir.

3.8.1. Merceklerin Özellikleri

Yanıcı maddeler tutuşma sıcaklığına ulaşıp yeterli oksijenle birleştiğinde yanma olayı gerçekleşir. Ormanlık alanlara bırakılan cam şişeler, cam parçaları veya su dolu şişeler, üzerlerine gelen güneş ışığını bir noktada odaklayarak çevredeki kuru ot ve yaprakların tutuşma sıcaklığına ulaşmasına neden olabilir (Görsel 3.23). Bu durum, ihmal ve dikkatsizlik sonucu orman yangınlarına yol açabilir. Bu tür yangınların önlenmesinde en etkili yöntem, toplumsal farkındalığın artırılmasıdır. Orman yangınlarını önlemenin meydana gelen bir yangını söndürmekten çok daha kolay olduğu unutulmamalıdır.



Görsel 3.23: *Merceğin güneş ışığını odaklayarak yaprağı tutuşturması*

9. Etkinlik — Mercek Çeşitleri ve Özellikleri

Amaç	Merceklerin özelliklerine ilişkin karşılaştırma yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinlik sürecinde yapacağınız çizim ve hazırlayacağınız liste öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir.

1. Aşağıda merceklerin kullanıldığı araçlardan fotoğraf makinesi, kamera, gözlük ve büyütecin görselleri verilmiştir. Görselleri inceleyiniz.



Fotoğraf makinesi



Kamera



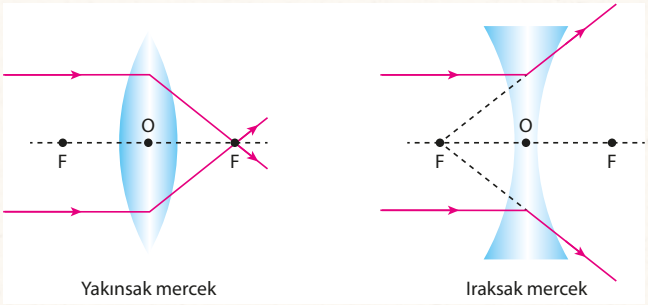
Gözlük



Büyüteç

2. Yakınsak ve ıraksak mercekler hakkında aşağıda verilen bilgileri okuyunuz.

Mercekler, yakınsak (ince kenarlı) ve ıraksak (kalın kenarlı) olmak üzere ikiye ayrılır. Yakınsak mercekler, üzerine gelen paralel ışınları bir noktada toplayacak şekilde kırar. Iraksak mercekler ise üzerine gelen paralel ışınları sanki noktasal bir kaynaktan geliyormuş gibi dağıtacak şekilde kırar.



3. Yandaki karekoddan yararlanarak merceklerin asal ekseni, optik merkezi ve odak noktaları ile ilgili simülasyona ulaşınız.

4. Merceğin asal eksenini belirlemek için simülasyonda verilen kesikli çizgilerin üzerine tam orta noktası denk gelecek şekilde merceği (yakınsak ve ıraksak) yerleştiriniz. Kesikli çizgiler merceğin asal eksenine denk geldiğinde kesikli çizgiler üzerinden lazer ile gönderilen ışın, mercekte hiç kırılmaya uğramadan düz bir şekilde geçer.

5. Asal eksen ile merceğin orta noktasının kesiştiği yeri işaretleyerek optik merkezi (O noktası) belirleyiniz.

6. Asal eksene paralel olacak şekilde merceğe lazer kaynağı ile ışın gönderiniz.

7. Yakınsak mercekte kırılarak geçen ışının asal ekseni kestiği noktayı işaretleyerek merceğin odak noktasını (F) belirleyiniz.

8. Iraksak mercekte kırılarak geçen ışının uzantısının asal ekseni kestiği noktayı belirleyebilmek için cetveli (Cetvel eksen etrafında dönebilmektedir.) kullanınız.

9. Asal eksen üzerinde uzantının kestiği noktayı işaretleyerek merceğin odak noktasını (F) belirleyiniz.

10. Belirlediğiniz odak noktası ile optik merkez arasındaki mesafeyi cetvel yardımı ile ölçerek mesafenin cm cinsinden değerini F kutusuna yazınız.

11. Gözlemleriniz sonucunda ışınların merceklerde kırıldıktan sonra izledikleri yolları aşağıda verilen alana çiziniz.

12. Merceklerin yapılarına ve merceklerde kırılma yasalarına ilişkin özellikleri belirleyerek aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

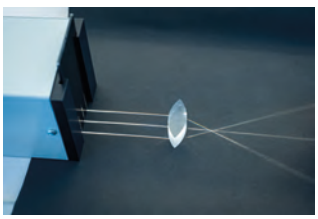
13. Sınıflandırma tablosunu kullanarak yakınsak ve ıraksak merceklerin benzer ve farklı yönlerini listeleyiniz.

Mercekler		
	Yakınsak	**Iraksak**
Benzer Yönleri		
Farklı Yönleri		

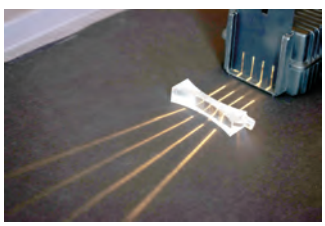
Değerlendirme

Etkinlik sürecinde yaptığınız çizim ve hazırladığınız listeler öğretmeniniz tarafından "Dereceli Puanlama Anahtarı" ile değerlendirilecektir. "Dereceli Puanlama Anahtarı"na karekoddan yararlanarak ulaşabilirsiniz.

İki yüzeyinden en az biri küresel olan; cam, plastik gibi saydam maddelerden yapılan, ışığı kırarak bir noktada toplayabilen ya da bir noktadan saçılıyormuş gibi dağıtan optik araçlara **mercek** denir. Mercekler, yakınsak (Görsel 3.24) ve ıraksak (Görsel 3.25) mercek olmak üzere ikiye ayrılır.

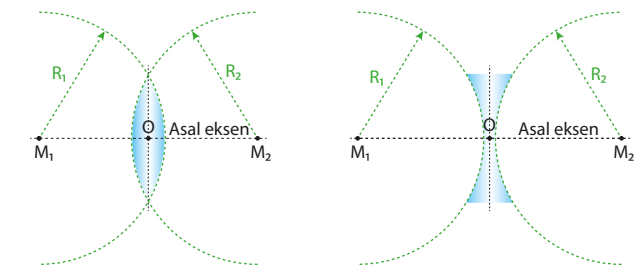


Görsel 3.24: *Yakınsak mercek*



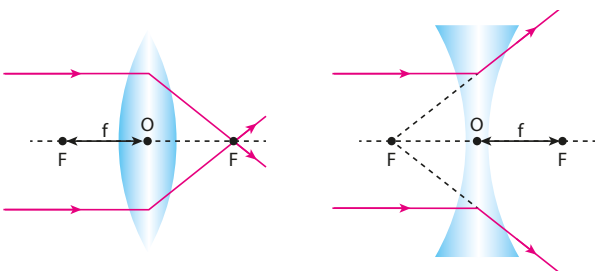
Görsel 3.25: *Iraksak mercek*

Merceklerin küresel yüzeyleri küreye tamamlandığında elde edilen R_1 ve R_2 yarıçapına **eğrilik yarıçapı**, M_1 ve M_2'ye **eğrilik merkezi** denir. Yüzeylerin eğrilik yarıçapları eşit ya da farklı uzunlukta olabilir. Mercek yüzeyini oluşturan kürelerin merkezlerinden geçen doğruya merceğin **asal ekseni** denir. Asal eksen üzerinde yer alan merceğin tam orta noktasına ise **optik merkez** (O) denir (Şekil 3.34).



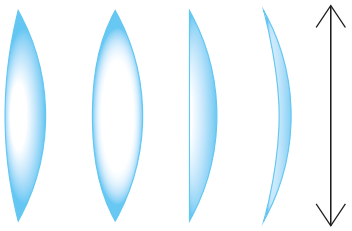
Şekil 3.34: *Merceklerin eğrilik yarıçapı ve optik merkezi*

Asal eksene paralel gelerek mercekte kırılan ışınların ya da uzantılarının kesiştiği noktaya **odak noktası** (F), merceğin odak noktası ile optik merkez arasındaki uzaklığa **odak uzaklığı** (f) denir. Bir merceğin her iki tarafında da birer tane olmak üzere iki odağı bulunur (Şekil 3.35).

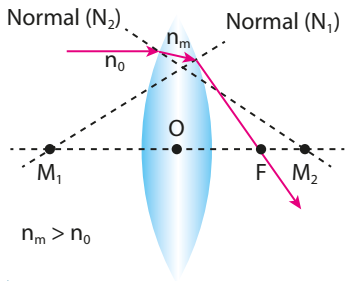


Şekil 3.35: *Merceklerin odak noktası ve odak uzaklığı*

Uç kısımları orta kısmına göre daha ince olan merceklere **yakınsak (ince kenarlı) mercek** denir (Şekil 3.36). Hava ortamındaki yakınsak mercekler, ışınları asal eksene yaklaştıracak şekilde kırar (Şekil 3.37).

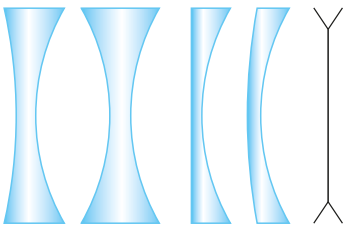


Şekil 3.36: *İnce kenarlı mercek gösterimleri*

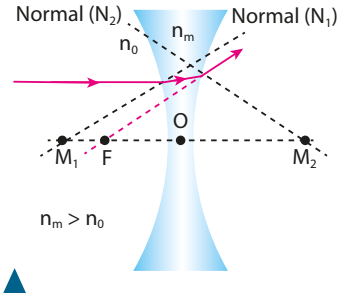


Şekil 3.37: *İnce kenarlı mercekte ışığın kırılması*

Uç kısımları orta kısmına göre daha kalın olan merceklere **ıraksak (kalın kenarlı) mercek** denir (Şekil 3.38). Hava ortamındaki ıraksak mercekler, ışınları asal eksenden uzaklaştıracak şekilde kırar (Şekil 3.39).



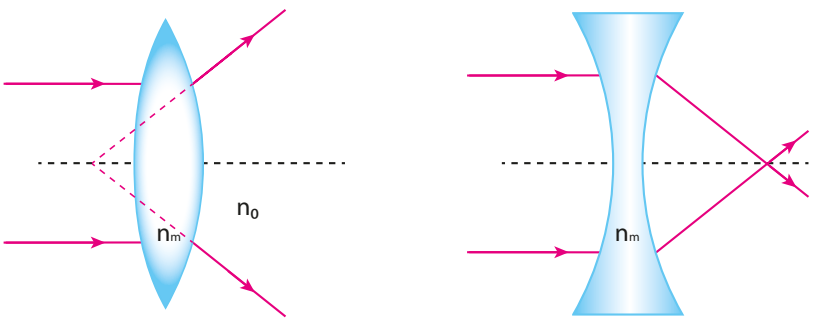
Şekil 3.38: *Kalın kenarlı mercek gösterimleri*



Şekil 3.39: *Kalın kenarlı mercekte ışığın kırılması*

Bir merceğin odak uzaklığı; mercek yüzeylerinin eğrilik yarıçapına, merceğe gönderilen ışığın rengine, merceğin ve ortamın kırıcılık indisine bağlıdır.

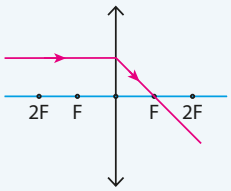
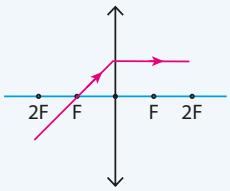
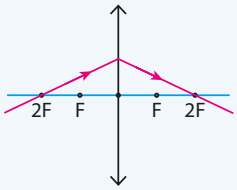
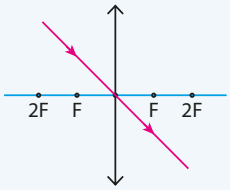
Merceğin kırıcılık indisi (n_m) bulunduğu ortamın kırıcılık indisinden (n_o) küçük ise mercek karakter değiştirir. Yakınsak mercek ışığı dağıtacak, ıraksak mercek ışığı toplayacak şekilde kırar (Şekil 3.40).



Şekil 3.40: *Kırıcılık indisi, ortamın kırıcılık indisinden küçük olan mercekte ışığın kırılması*

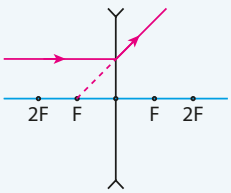
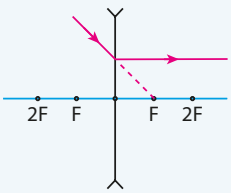
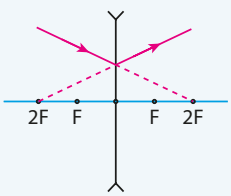
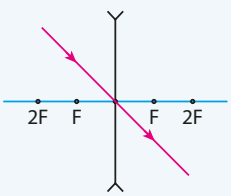
Yakınsak merceklerde özel ışınlar Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6: *Yakınsak Merceklerde Özel Işınlar*

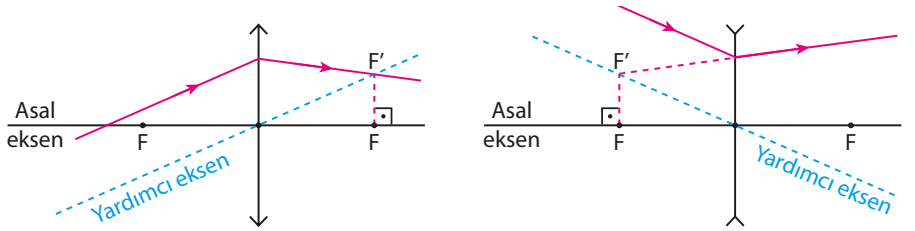
Merceğin asal eksenine paralel olarak gelen ışın, merceğin diğer tarafındaki odak noktasından geçecek şekilde kırılır.	Merceğin odak noktasından geçecek şekilde gelen ışın, asal eksene paralel olacak şekilde kırılır.
	
Merceğin 2F noktasından geçecek şekilde gelen ışın, merceğin diğer tarafındaki 2F noktasından geçecek şekilde kırılır.	Merceğin optik merkezine gönderilen ışın kırılmadan yoluna devam eder.
	

Iraksak merceklerde özel ışınlar Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7: *Iraksak Merceklerde Özel Işınlar*

Merceğin asal eksenine paralel olarak gelen ışın, uzantısı odak noktasından geçecek şekilde kırılır.	Uzantısı merceğin odak noktasından geçecek şekilde gelen ışın, asal eksene paralel olacak şekilde kırılır.
	
Uzantısı merceğin 2F noktasından geçecek şekilde gelen ışın, uzantısı geldiği taraftaki 2F noktasından geçecek şekilde kırılır.	Merceğin optik merkezine gönderilen ışın kırılmadan yoluna devam eder.
	

Merceklere gönderilen herhangi bir ışının kırılması bulunurken gelen ışına paralel olacak şekilde optik merkezden yardımcı eksen çizilir. Daha sonra odak noktasından asal eksene dikme çizilir ve dikmenin yardımcı eksenle kesiştiği nokta, diğer bir deyişle yardımcı odak noktası (F') bulunur. Işının kendisi ya da uzantısı bu noktadan geçecek şekilde kırılır (Şekil 3.41).



Şekil 3.41: *Merceğe gönderilen herhangi bir ışının kırılması*



Görsel 3.26: *Teleskop*



Görsel 3.27: *Mikroskop*

Teleskop (Görsel 3.26), mikroskop (Görsel 3.27), gözlük, lens, fotoğraf makinesi, kamera, dürbün ve büyüteçlerde mercekler kullanılır.

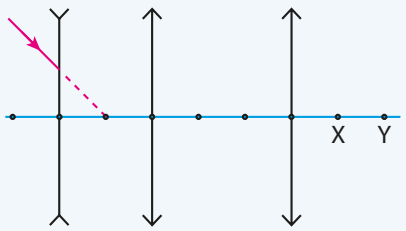
Örnek

Elif Öğretmen, merceklerde ışınların kırılması ile ilgili hazırladığı soru kartlarını sınıfa dağıtıyor. Sınıftaki dört öğrenciye denk gelen kartlar aşağıda verilmiştir.

Buna göre öğrencilerin sorulara vermesi gereken cevapları yazınız.

Erol

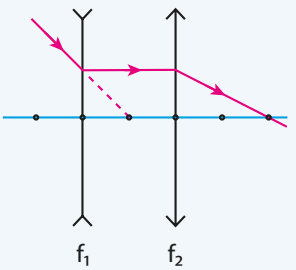
Aşağıda verilen ve asal eksenleri çakışık olan hava ortamındaki ıraksak ve yakınsak merceklerin odak uzaklıkları bir birimdir.



Gönderilen ışının izleyeceği yolu şekil üzerinde çizerek gösteriniz ve ışının kırıldıktan sonra asal ekseni hangi noktadan keserek terk edeceğini yazınız. (Noktalar arası mesafeler eşit ve bir birimdir.)

Korcan

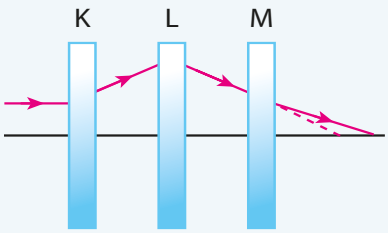
Aşağıda verilen ve asal eksenleri çakışık olan ıraksak ve yakınsak merceklerin odak uzaklıkları sırasıyla f_1 ve f_2'dir.



Merceklere gönderilen ışının izlediği yol şekildeki gibi olduğuna göre f_1/f_2 oranını hesaplayınız. (Noktalar arası mesafeler eşittir.)

Burcu

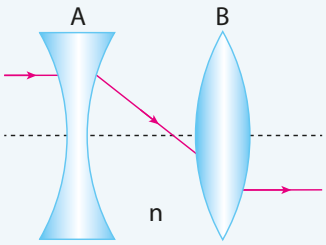
Aşağıda asal eksenleri çakışık olan hava ortamındaki ıraksak ve yakınsak merceklere asal eksene paralel olacak şekilde gönderilen ışının izlediği yol verilmiştir.



Buna göre K, L ve M bölgelerinde bulunan merceklerden hangilerinin ıraksak mercek olduğunu yazınız.

Tuğçe

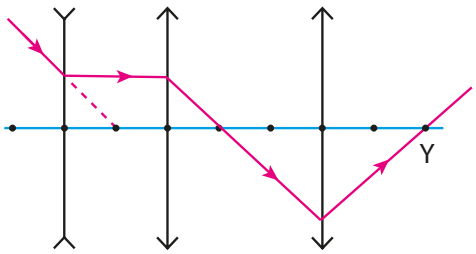
Asal eksenleri çakışık olan ıraksak ve yakınsak merceklere gönderilen ışının izlediği yol şekilde gösterilmiştir. Hava ortamındaki merceklerin kırıcılık indisleri sırasıyla n_A ve n_B, ortamın kırıcılık indisi n'dir.



Buna göre n, n_A ve n_B arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

Cevap

Erol'un sorusunda gelen ışın, yandaki şekilde verildiği gibi kırılarak asal ekseni Y noktasından kesecek şekilde terk eder. Dolayısıyla doğru cevap Y'dir.



Korcan'ın sorusunda ıraksak merceğin odak noktasından geçecek şekilde gelen ışınlar, asal eksene paralel olacak şekilde kırılır. Bu nedenle $f_1 = 1$ birimdir. Yakınsak merceğe paralel olarak gelen ışınlar, merceğin diğer tarafındaki odak noktasından geçecek şekilde kırılır. Bu nedenle $f_2 = 2$ birim olur. Dolayısıyla doğru cevap $f_1/f_2 = 1/2$'dir.

Burcu'nun sorusundaki K ve M mercekleri ışını asal eksenden uzaklaştıracak, L merceği ise ışını asal eksene yaklaştıracak şekilde kırmıştır. Dolayısıyla doğru cevap K ve M'dir.

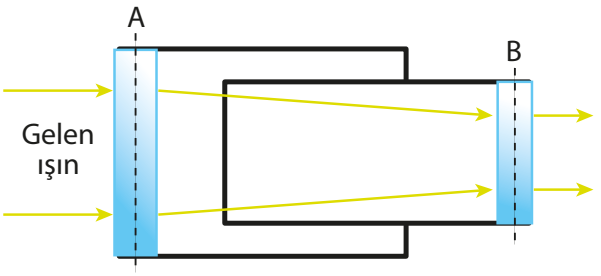
Tuğçe'nin sorusundaki A ıraksak merceği, ışını asal eksene yaklaştıracak şekilde kırdığı için karakter değiştirmiştir. Bu nedenle $n > n_A$'dır. B yakınsak merceği ışını asal eksene yaklaştıracak şekilde kırdığı için $n_B > n$'dir. Dolayısıyla doğru cevap $n_B > n > n_A$'dır.

25. Alıştırma



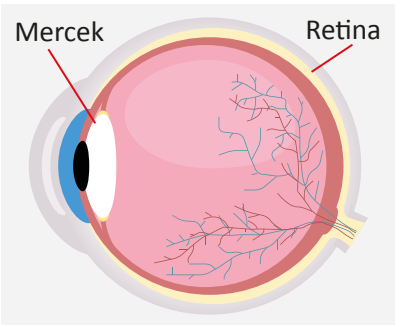
Galileo Galilei'in 1609 yılında geliştirdiği teleskop, görüntüleri 30 kat büyütme özelliğine sahip olup birer yakınsak ve ıraksak mercekten oluşmaktadır. Aşağıda Galileo teleskobuna paralel doğrultuda gelen ışınların kırılmaya uğradıktan sonra teleskoptan yine paralel doğrultuda çıkarken izlediği yol gösterilmiştir.

Buna göre A ve B bölgelerine konması gereken mercek çeşidini belirleyerek tabloda ilgili alana gerekçeleriyle yazınız.



A Merceği	B Merceği

26. Alıştırma







Göz kusurlarının temelinde ışığın retina üzerine doğru bir şekilde odaklanamaması yatar. Gözlük ve kontak lensler, bu kusurları düzeltmek için tasarlanmış haricî merceklerdir.

Miyop göz kusurunda göz küresi normalden uzun ya da göz merceğinin kırma gücü fazla olduğu için görüntü retinanın önüne düşer ve uzaktaki cisimler bulanık görülür. Hipermetrop göz kusurunda ise göz küresi normalden kısa ya da göz merceğinin kırma gücü az olduğu için görüntü retinanın arkasına düşer ve yakındaki cisimler bulanık görülür.

Buna göre miyop ve hipermetrop göz kusurlarının düzeltilmesinde hangi mercek çeşitlerinin kullanılabileceğini gerekçeleriyle yazınız.

3.8.2. Merceklerde Görüntü Oluşumu

Akıllı telefonlar; iletişim aracı olmanın yanında içine entegre edilen çoklu mercekler (Görsel 3.28), gelişmiş sensörler, elle netleme, yapay zekâ destekli odaklama ve titreşim azaltma teknolojileri sayesinde görüntü kalitesini artırarak neredeyse profesyonel kameralarla yarışabilecek birer cihaz hâline gelmiştir. Telefon kameralarındaki çoklu mercek sistemlerinde her bir mercek farklı bir görevi üstlenmektedir. Odak noktasının doğru belirlenmesi, görüntüdeki detayların keskinliği açısından oldukça önemlidir.



Görsel 3.28: *Telefon kameralarındaki çoklu mercek sistemleri*

10. Etkinlik Merceklerde Görüntü Oluşumu

Amaç	Merceklerde görüntü oluşumu ile ilgili deney yapabilme
Süre	35 dk.
Araç Gereç	genel ağ bağlantısı olan cihaz
Yönerge	Aşağıda verilen basamakları takip ederek etkinliği gerçekleştiriniz. Etkinliği tamamladıktan sonra "Değerlendirme" kısmındaki soruları cevaplayınız.

1. Öğretmeninizin rehberliğinde gruplara ayrılınız.
2. Grup arkadaşlarınızla merceklerde cismin yerine göre görüntünün yeri ve özelliklerini bulabileceğiniz bir deney tasarlayınız. Deneyde dikkat edilecek hususları (deneyin amacı, veri toplama yöntemleri, güvenlik önlemleri, deneyin basamakları), deney düzeneğinin tasarımını, deneyde kullanılacak araç gereci belirleyerek aşağıdaki tabloya yazınız.

Araç Gereç:	
Yapılacak Deney Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar	**Deney Düzeneği Tasarımı**

3. Deney düzeneğini kurunuz ve güvenlik tedbirlerine dikkat ederek tasarlamış olduğunuz deneyi grup arkadaşlarınızla iş birliği içinde gerçekleştiriniz.

4. Tasarladığınız deney düzeneğini kullanarak cismin verilen konumlardaki görüntüsünün yerini ve özelliklerini tabloda ilgili alana yazınız.

Yakınsak Mercek	
a) Cisim Sonsuz ile 2F Arasında ise Görüntünün Yeri ve Özellikleri	**b)** Cisim 2F'de ise Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....
c) Cisim 2F ile F Arasında ise Görüntünün Yeri ve Özellikleri	**ç)** Cisim F'de ise Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....
d) Cisim Mercek ile F Arasında ise Görüntünün Yeri ve Özellikleri	
Iraksak Mercek	
a) Cisim F'de ise Görüntünün Yeri ve Özellikleri	**b)** Cisim 2F'de ise Görüntünün Yeri ve Özellikleri ....

5. Yandaki karekodu kullanarak "Geometrik Optik" isimli simülasyona ulaşınız. Açılan sayfada "Mercek" bölümünü tıklayınız.



6. Simülasyonda yakınsak merceği ve cisim olarak kalemi seçiniz.

7. Yatay cetvel yardımıyla optik merkez ve odak noktası arasındaki mesafeyi ölçerek odak uzaklığını belirleyiniz.

8. Odak uzaklığından yararlanarak merceğin her iki tarafındaki 2F noktalarını sağ üst köşede bulunan konum noktası sembolü ile belirleyiniz.

9. Cismi 2F noktasının dışına, 2F'ye, 2F ile F noktaları arasına, F'ye ve F ile O noktaları arasına getirerek görüntünün yerini ve özelliklerini belirleyiniz.

10. Sağ üst tarafta bulunan yatay cetvel yardımıyla cisim ve görüntülerin merceğe olan uzaklıklarını, düşey cetvel yardımıyla boylarını belirleyiniz.

11. Çizimlerinizi simülasyondan elde ettiğiniz verilerle karşılaştırınız ve hatalarınız varsa düzeltiniz.

12. Simülasyonda ıraksak merceği ve cisim olarak kalemi seçiniz.

13. Merceğin her iki tarafında bulunan 2F noktasını yatay cetvel yardımıyla ölçüp sağ üst köşede bulunan konum noktası sembolü ile belirleyiniz.

14. Cismi sırasıyla F ve 2F noktalarına getirerek görüntünün yerini ve özelliklerini belirleyiniz.

15. Sağ üst tarafta bulunan yatay cetvel yardımıyla cisim ve görüntülerin merceğe olan uzaklıklarını, düşey cetvel yardımıyla boylarını belirleyiniz.

16. Çizimlerinizi simülasyondan elde ettiğiniz verilerle karşılaştırınız ve hatalarınız varsa düzeltiniz.

17. Simülasyondaki deney düzeneği yardımıyla elde etiğiniz verileri kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Yakınsak Mercek			
Cismin Yeri	**Görüntünün Yeri**	**Görüntünün Boyu**	**Görüntünün Özellikleri**
2F noktasının dışında			
2F			
2F ile F noktaları arasında			
F			
F ile O noktaları arasında			
Iraksak Mercek			
Cismin Yeri	**Görüntünün Yeri**	**Görüntünün Boyu**	**Görüntünün Özellikleri**
Merceğin önünde (F ve 2F noktaları)			

18. Tablodaki verileri kullanarak merceklerde görüntünün yeri ve özellikleri ile ilgi analiz sonuçlarınızı aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

Değerlendirme

1. Aşağıda hava ortamındaki merceklerde cisimlerin görüntülerinin özellikleri ile ilgili bazı ifadeler verilmiştir.

İfadelerin karşısına ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin doğrusunu "Açıklama" bölümüne yazınız.

İfade	D/Y	Açıklama
Iraksak mercekte oluşan görüntüler her zaman sanaldır.		
Yakınsak mercekte oluşan görüntüler her zaman gerçektir.		
Iraksak mercekte bir cismin görüntüsü, cismin kendisi ile aynı tarafta oluşur.		
Yakınsak mercekte cismin boyu ile görüntünün boyu hiçbir zaman eşit olamaz.		
Iraksak mercekte görüntünün boyu cismin boyundan daima küçüktür.		

2. Hava ortamındaki merceklerde cisimlerin görüntü özellikleri ile ilgili

I. Merceklerde noktasal bir cismin görüntü oluşumunu açıklamak için en az iki ışın kullanılır.

II. Yakınsak mercekte 2F noktasından F noktasına doğru hareket eden bir cismin görüntüsünün boyu artar.

III. Yakınsak mercekte F noktasından merceğe doğru yaklaşan cismin görüntüsünün boyu artar.

IV. Iraksak merceklerde merceğe yaklaşan cismin görüntüsünün boyu artar.

V. Mercekte oluşan görüntü gerçek ise bu mercek ıraksak mercektir.

ifadelerinden hangilerinin doğru olduğunu gerekçeleriyle açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

3. Aşağıda verilen boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

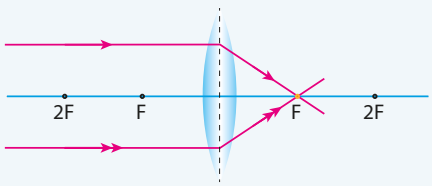
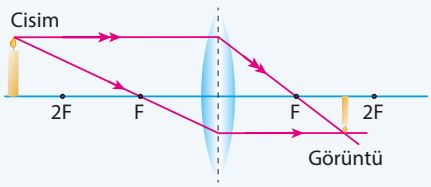
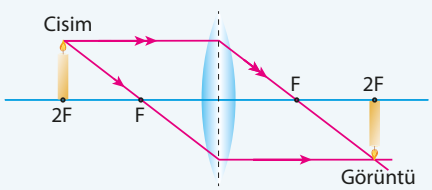
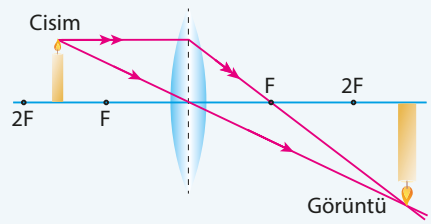
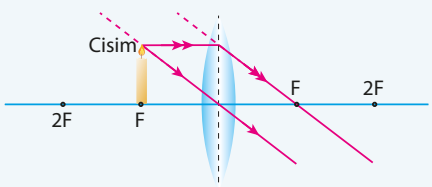
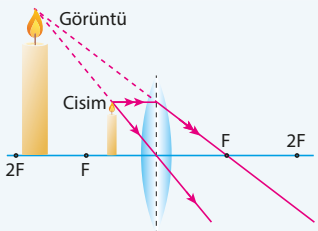
- Hava ortamındaki yakınsak mercekte ……..……. noktasında bulunan bir cismin görüntüsünün boyu cismin boyuna eşit olur.
- Bir cisim, ……..……. hava ortamındaki merceğe yaklaştıkça cismin oluşan sanal görüntüsünün boyu artar.
- Cisimleri küçük, düz ve sanal olarak gösteren hava ortamındaki mercek ……..……. mercektir.
- Bir cismin hava ortamındaki büyüteçte daha büyük ve düz görüntüsünü elde edebilmek için ……..……. mercek kullanır.

Merceklerde oluşan görüntülerin yeri ve özellikleri merceğe gönderilen özel ışınlar ile bulunabilir. Cismin bir noktasından çıkan en az iki ışının mercekte kırıldıktan sonra kendilerinin ya da uzantılarının kesişme noktası, o noktanın mercekte oluşan görüntüsünün yerini belirler. Merceklerde cisim ve görüntünün boyları oranı, cisim ve görüntünün merceğe olan uzaklıkları oranına eşittir.

Mercekte kırılan ışınların kesişmesi ile oluşan görüntüye **gerçek görüntü** denir. Bu görüntüler merceğin cisme göre karşı tarafında oluşur. Mercekte kırılan ışınların uzantılarının kesişmesi ile oluşan görüntüye **sanal** ya da **zahirî görüntü** denir. Bu görüntüler cismin bulunduğu tarafta oluşur.

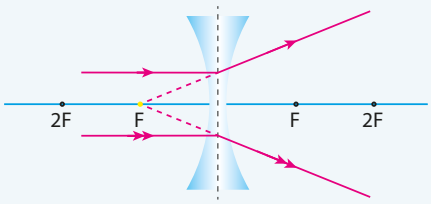
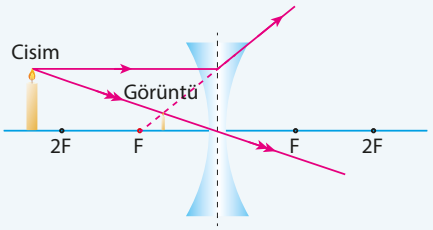
Yakınsak mercekte oluşan görüntünün yeri ve özellikleri Tablo 3.8'de verilmiştir.

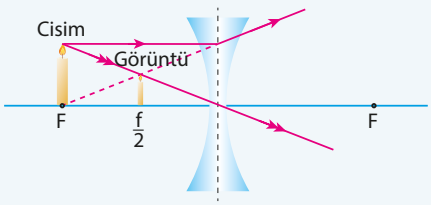
Tablo 3.8: *Yakınsak Mercekte Oluşan Görüntünün Yeri ve Özellikleri*

Cisim Sonsuzda ise	**Cisim Sonsuz ile 2F Arasında ise**
	
Görüntünün Yeri: Odak noktasıdır. **Görüntünün Özellikleri:** Nokta şeklinde ve gerçektir.	**Görüntünün Yeri:** 2F ile F arasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre ters, gerçek ve cisimden küçüktür.
Cisim 2F'de ise	**Cisim 2F ile F Arasında ise**
	
Görüntünün Yeri: 2F noktasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre ters, gerçek ve cisimle aynı boydadır.	**Görüntünün Yeri:** 2F ile sonsuz arasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre ters, gerçek ve cisimden büyüktür.
Cisim F'de ise	**Cisim Mercek ile F Arasında ise**
	
Görüntünün Yeri: Sonsuzdadır. **Görüntünün Özellikleri:** -	**Görüntünün Yeri:** Cisimle aynı taraftadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre düz, sanal ve cisimden büyüktür.

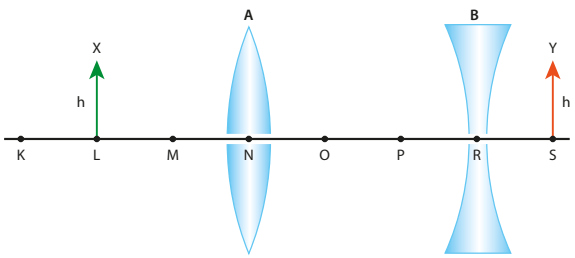
Iraksak mercekte oluşan görüntünün yeri ve özellikleri Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9: *Iraksak Mercekte Oluşan Görüntünün Yeri ve Özellikleri*

Cisim Sonsuzda ise	Cisim Sonsuzla Mercek Arasında ise
	
Görüntünün Yeri: Cisim ile aynı taraftaki odaktadır. **Görüntünün Özellikleri:** Nokta şeklinde ve sanaldır.	**Görüntünün Yeri:** Cismin bulunduğu taraftaki F ile mercek arasındadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre düz, sanal ve cisimden küçüktür.

Cisim F'de ise	
	**Görüntünün Yeri:** Cismin bulunduğu taraftaki F ile mercek arasında ve optik merkeze f/2 uzaklıktadır. **Görüntünün Özellikleri:** Cisme göre düz, sanal ve cisimden küçüktür.

Örnek



A yakınsak merceği ve B ıraksak merceğinin odak uzaklıkları bir birimdir. Bu mercekler, asal eksenleri çakışık olacak şekilde yandaki gibi yerleştiriliyor. X cismi L noktasına, Y cismi S noktasına asal eksenle çakışık ve asal eksene dik olacak şekilde konumlandırılıyor. X ve Y cisimlerinin boyu eşit ve h kadardır.

Buna göre

a) L noktasındaki X cisminin A merceğindeki, S noktasındaki Y cisminin B merceğindeki görüntüleri arasındaki uzaklığın kaç birim olduğunu bulunuz.

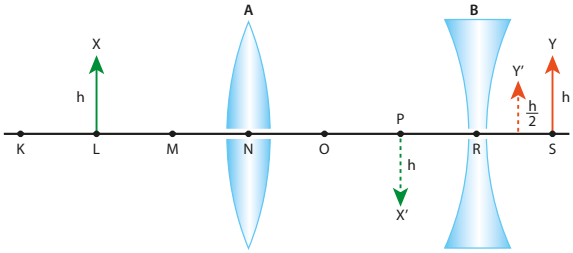
b) K noktasındaki X cisminin A merceğindeki görüntüsünün boyu h_1, S noktasındaki Y cisminin B merceğindeki görüntüsünün boyu h_2'dir.

X ve Y cisimlerinin görüntülerinin boyları oranını h_x/h_y bulunuz.

(Noktalar arası mesafeler bir birimdir.)

Cevap

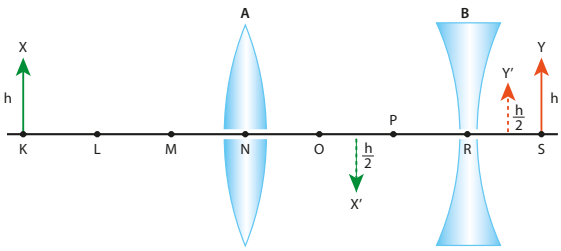
a)



Merceklerin odak uzaklıkları bir birim olduğu için X cismi, A merceğinden 2F kadar uzaklıkta bulunmaktadır. Yakınsak mercekten 2F uzaklıkta olan cismin görüntüsü; merceğin karşı tarafındaki 2F uzaklığında, gerçek, ters ve cisimle aynı boyda (h) olacak şekilde P noktasında (X') oluşur.

Y cismi, B merceğinden F kadar uzaklıkta bulunmaktadır. Iraksak mercekten F kadar uzaklıkta bulunan cismin görüntüsü; cisimle aynı tarafta, $\frac{F}{2}$ uzaklıkta, sanal, düz ve cismin boyunun yarısı kadar boyda $\left(\frac{h}{2}\right)$ ve R ile S noktasının tam ortasında olacak şekilde (Y') oluşur. Dolayısıyla görüntüler arası uzaklık 1,5 birim olur.

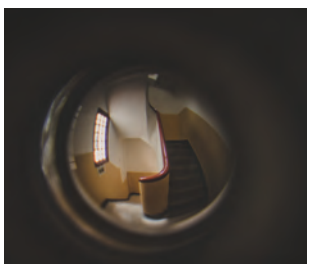
b)



K noktasındaki X cismi, A merceğinden 3F uzaklıkta bulunmaktadır. Yakınsak mercekten 3F uzaklıkta bulunan cismin görüntüsü; merceğin karşı tarafındaki 1,5F uzaklığında, gerçek, ters ve cismin boyunun yarısı kadar boyda şekildeki O ile P noktasının tam ortasında (X') oluşur. X cisminin boyu h ise görüntüsünün boyu $\frac{h}{2}$ kadar olur.

Y cisminin görüntüsü, a maddesinde anlatıldığı gibi R ve S noktalarının tam ortasında oluşur. Y cisminin boyu h ise görüntüsünün boyu $\frac{h}{2}$ kadar olur. Dolayısıyla görüntülerin boyları oranı $\frac{h_X}{h_Y} = 1$ olur.

27. Alıştırma



Kapı dürbünü, güvenlik amacıyla kullanılan optik bir düzenektir. Kapı dürbününden bakıldığında geniş bir alanın görüntüsü şekildeki gibi düz ve küçük olarak görülür.

Buna göre

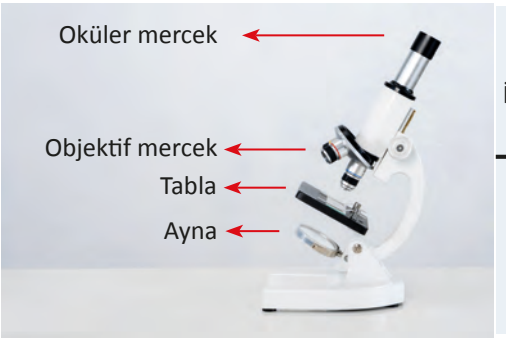
a) Kapı dürbününde kullanılan mercek türünün ne olduğunu gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

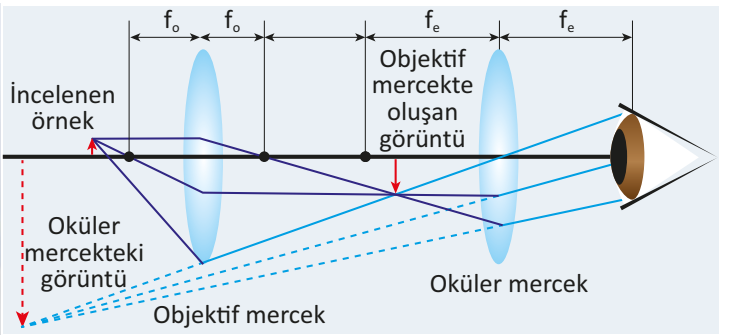
b) Kapı dürbününde oluşan görüntünün sanal mı, gerçek mi olduğunu gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

28. Alıştırma

Mikroskop, çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük varlıkların görüntüsünü büyüterek incelemeyi sağlayan optik bir alettir. Büyütülmüş görüntü elde etmek için mikroskopta en az iki mercek kullanılır. İncelenecek örnek, mikroskobun tablasına yerleştirilen lam üzerine konur. Ayna yardımıyla yönlendirilen doğal ışık, örnek üzerine düşürülerek görüntünün netleşmesi sağlanır. Objektif mercek incelenecek örneğe yakın olan mercek, oküler mercek ise mikroskobun üst tarafında gözle bakılan mercektir. 10x büyütme gücüne sahip bir mercek görüntüyü 10 kat büyütür. Mikroskobun toplam büyütme gücü, objektif ve oküler merceğin büyütme güçlerinin çarpımına eşittir.

Aşağıda mikroskopta görüntü oluşum düzeneği verilmiştir. Asal eksenleri çakışık yakınsak merceklerin önüne konan cismin görüntüsü şekilde gösterildiği gibi oluşur.



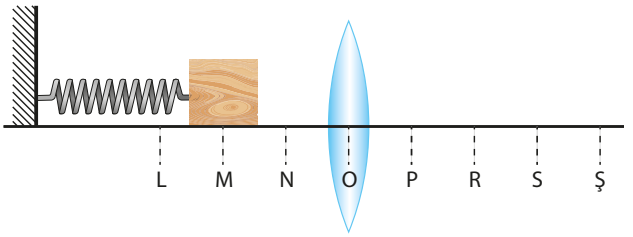


Buna göre

a) Objektif ve oküler merceklerde oluşan görüntülerin özelliklerini yazınız.

b) Oküler merceğinin büyütme gücü 10x, objektif merceğinin büyütme gücü 20x olan bir mikroskobun toplam büyütme gücünün ne kadar olduğunu ve cisim ile görüntünün boylarının ilişkisini açıklayarak aşağıya yazınız.

29. Alıştırma



Yanda verilen ve odak uzaklığı bir birim olan yakınsak mercek asal eksen üzerine yerleştirilmiştir. Sürtünmelerin önemsiz olduğu ortamda yay sarkacının ucundaki m kütleli cisim, M noktasındaki denge konumundan L noktasına kadar sıkıştırılıp serbest bırakıldığında L ile N noktaları arasında salınım hareketi yapıyor. (Noktalar arası mesafeler bir birimdir.)

Buna göre

a) Salınım boyunca cismin yakınsak mercekte oluşan görüntüsü sanal mıdır yoksa gerçek midir? Gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

b) L ve M noktalarındayken cismin yakınsak mercekte oluşan görüntüleri arasındaki uzaklık kaç birim olur? Gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

c) Yakınsak mercek yerine ıraksak mercek kullanılırsa cismin ıraksak mercekte görüntüsü hangi noktalar arasında oluşur? Gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

Kontrol Noktası

İki yüzeyinden en az biri küresel olan cam, plastik gibi saydam maddelerden yapılmış; ışınları kırarak bir noktada toplayabilen ya da bir noktadan saçılıyormuş gibi dağıtan optik araçlara **mercek** denir.

Uç kısımları orta kısmına göre daha ince olan merceklere **yakınsak (ince kenarlı) mercek** denir. Uç kısımları orta kısmına göre daha kalın olan merceklere **ıraksak (kalın kenarlı) mercek** denir.

Merceklerle ilgili temel kavramlar şunlardır:

Eğrilik Yarıçapı (R): Merceklerin küresel yüzeylerinin yarıçapıdır.

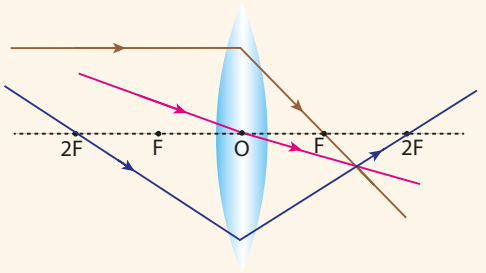
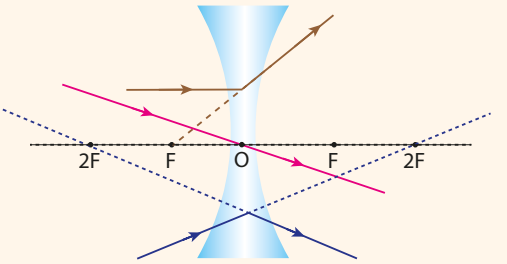
Asal Eksen: Mercek yüzeyini oluşturan kürelerin merkezlerinden geçen doğrudur.

Optik Merkez (O): Asal eksen üzerindeki merceğin tam orta noktasıdır.

Odak Noktası (F): Asal eksene paralel şekilde gelerek mercekte kırılan ışınların ya da uzantılarının kesiştiği noktadır.

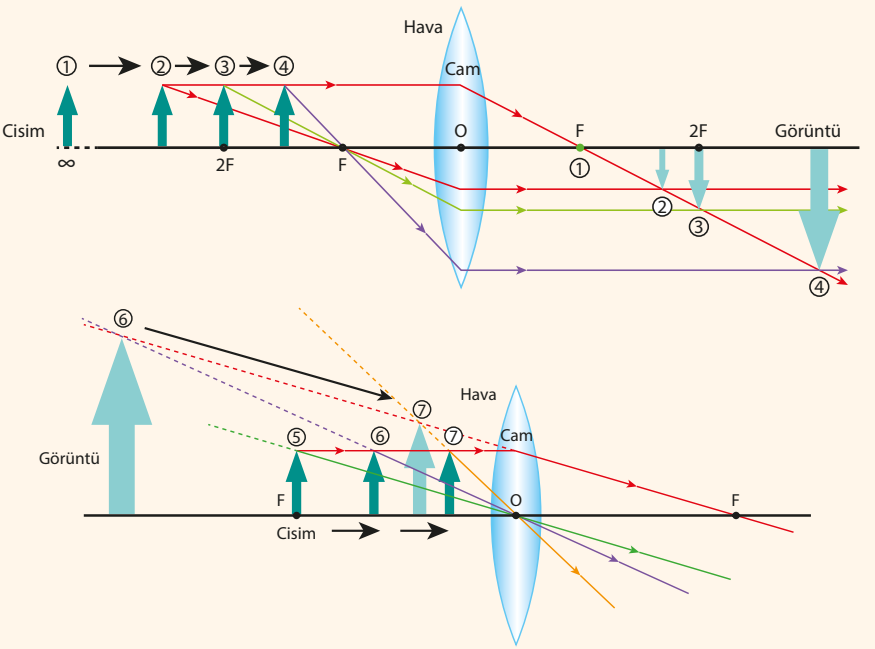
Odak Uzaklığı (f): Merceğin odak noktası ile optik merkez arasındaki uzaklıktır.

- Bir merceğin her iki tarafında da birer tane olmak üzere iki odağı bulunur.
- Yakınsak mercekler, ışınları asal eksene yaklaştıracak şekilde kırar.
- Iraksak mercekler, ışınları asal eksenden uzaklaştıracak şekilde kırar.
- Merceğin kırıcılık indisi, bulunduğu ortamın kırıcılık indisinden küçük ise mercek karakter değiştirir.

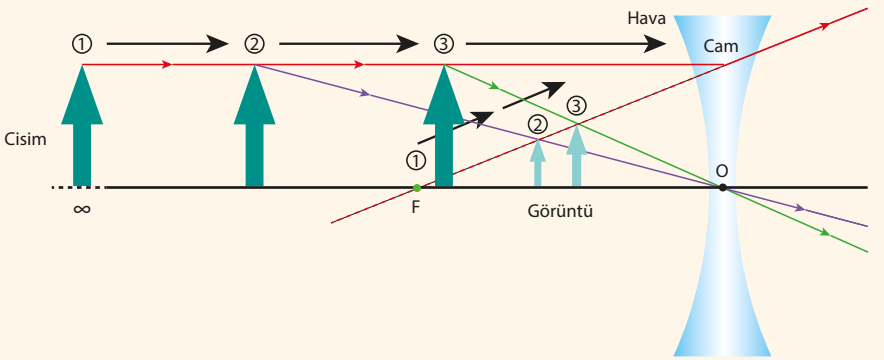
Özel Işınlar	
Yakınsak	**Iraksak**
	
Teleskop, mikroskop, gözlük, lens, fotoğraf makinesi, kamera, dürbün ve büyüteçlerde mercekler kullanılır.	

- Mercekte kırılan ışınların kesişmesi ile oluşan görüntüye **gerçek görüntü** denir. Bu görüntüler cisimle farklı tarafta oluşur.
- Mercekte kırılan ışınların uzantılarının kesişmesi ile oluşan görüntüye **sanal** ya da **zahirî görüntü** denir. Bu görüntüler cisimle aynı tarafta oluşur.

Yakınsak Mercekte Görüntü Oluşumu



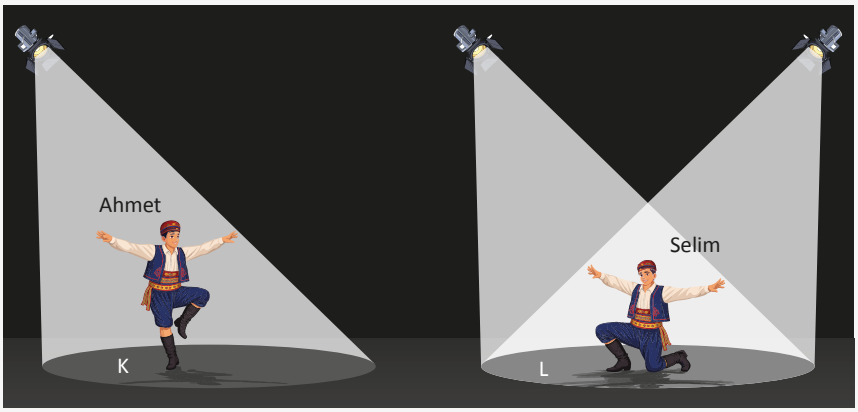
Iraksak Mercekte Görüntü Oluşumu



3. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1-27. soruların cevaplarını ilgili alana yazınız.

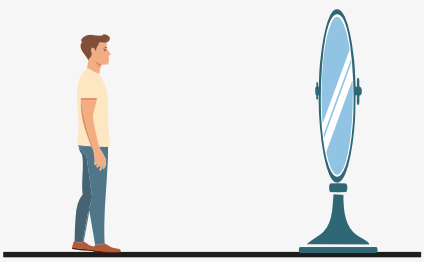
1. Ahmet ve Selim aşağıda gösterildiği gibi sahnede halk oyunları gösterisi yapıyorlar. Ahmet ve Selim'i aydınlatan aynı yükseklikteki sahne ışıkları özdeştir ve sahne yüzeyine düşen aydınlık dairesel bölgelerin alanları eşittir.



Buna göre K ve L noktalarında oluşan aydınlanmaları ve ışık akılarını karşılaştırarak aşağıdaki tabloya yazınız. (Dairesel bölgeye düşen ışıkları Ahmet ve Selim'in engellemediğini varsayınız.)

Aydınlanmaların Karşılaştırılması	Işık Akılarının Karşılaştırılması

2.



Ozan, zemine dik olarak konumlandırılmış düzlem aynanın önünde şekildeki gibi duruyor.

Buna göre aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları "✓" ile işaretleyiniz.

☐ Ozan'ın aynada oluşan görüntüsü gerçektir.

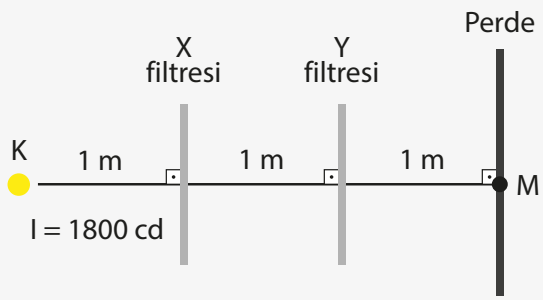
☐ Ozan'ın aynadaki görüntüsünün boyu kendi boyundan küçüktür.

☐ Ozan'ın kendini tamamen görebilmesi için aynanın boyu Ozan'ın boyunun en az yarısı kadar olmalıdır.

☐ Aynadan uzaklaşırsa Ozan'ın görüş alanı büyür.

☐ Aynaya paralel olarak sağa doğru bir adım atarsa Ozan'ın görüş alanı değişmez.

3.



Karanlık bir ortamda K noktasında ışık şiddeti I = 1800 cd olan ışık kaynağı ile perde arasına ışık akısının %20'sini geçiren X filtresi ve %50'sini geçiren Y filtresi şekildeki gibi konuyor. Bu durumda ışık kaynağından 3 m uzaklıkta bulunan perdenin M noktası çevresindeki aydınlanma E oluyor.

Buna göre

a) Yalnız X filtresi kaldırıldığında M noktası çevresindeki aydınlanma kaç E olur?

.....

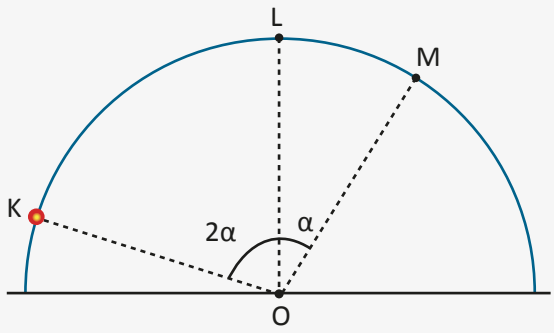
.....

b) X ve Y filtreleri birlikte kaldırıldığında M noktası çevresindeki aydınlanma kaç E olur?

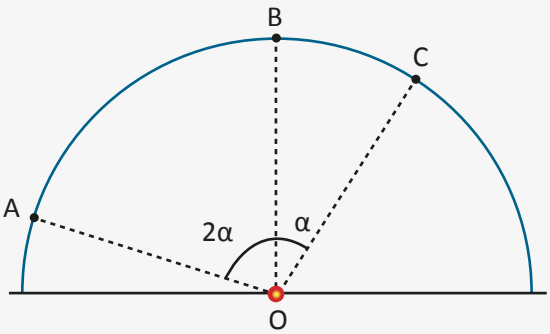
.....

.....

4. Aşağıda kesitsel görünümleri verilen Şekil I ve Şekil II'deki özdeş yarım kürelerin merkezleri O noktalarıdır.



Şekil I



Şekil II

Buna göre

a) Şekil I'de K noktasında bulunan noktasal ışık kaynağı; küresel yüzey üzerinde sırasıyla önce L noktasına, daha sonra L'den M noktasına götürülüyor.

Bu durumda O noktası çevresinde oluşan ışık akısının değişiminin nasıl olacağını aşağıda verilen alana gerekçeleriyle yazınız.

.....

.....

.....

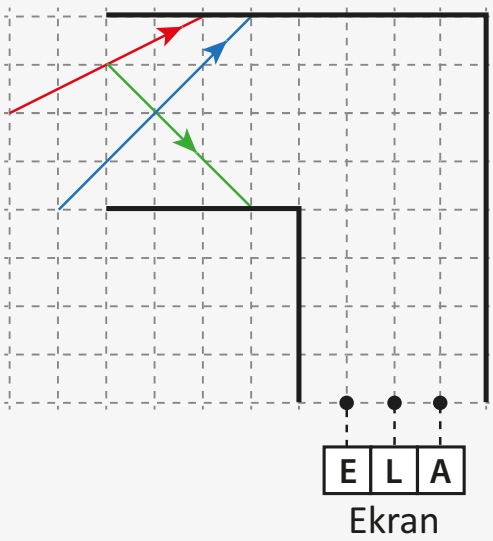
b) Şekil II'de O noktasına yerleştirilen noktasal ışık kaynağının A, B ve C noktalarının çevresinde oluşturduğu aydınlanmaların ilişkisini aşağıda verilen alana açıklayarak yazınız.

.....

.....

.....

5.



Ufuk, yandaki düzenekte gösterildiği gibi düzlem aynaları ve ışık sinyallerini kullanarak ekran üzerine ELA yazabileceği bir program geliştiriyor. Kırmızı, mavi ve yeşil ışık sinyallerinin her biri E, L ve A harflerinden birine denk geliyor. Yansımalar yaparak alt taraftaki nokta ile gösterilen sensörlere denk gelen ışınlar ekranda ELA yazısını oluşturuyor.

Buna göre ışık sinyallerinin hangi harf ile eşleştiğini aşağıda verilen tabloya yazınız.

Işık Sinyali	Harf
Kırmızı	
Mavi	
Yeşil	

6.



Ayna terapisi; fizyoterapide kullanılan tamamlayıcı bir tedavi yaklaşımıdır. Bu yöntemde yandaki şekilde görüldüğü gibi hasta, sağlam uzvunu zemine dik olarak konumlandırılan düzlem aynaya bakarak hareket ettirir; böylece aynadaki yansıma, beynin simetriğindeki diğer uzvu hareket ediyormuş gibi algılamasını sağlar. Bu terapide uzvun aynadaki görüntüsünün pasif olarak izlenmesi sırasında ilgili hareketi gerçekleştiren kaslarla bağlantılı beyin bölgeleri uyarılmaktadır.

Buna göre

a) Düzlem aynada oluşan uzvun görüntüsünün özelliklerini aşağıya yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Düzlem aynanın yansıtıcı kısmı yatay düzlemle dik açı yerine dar açı yaptığında görüntünün hangi özelliklerinin değişeceğini yazınız.

.....

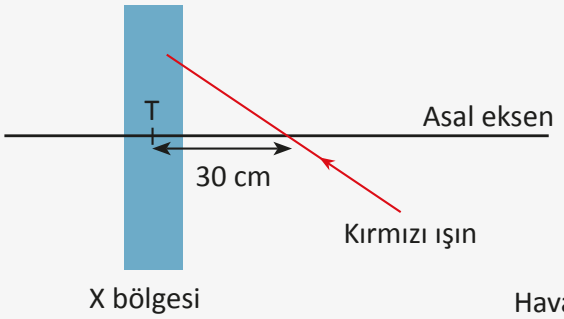
.....

.....

.....

.....

7.



Yanda verilen şekilde X bölgesine tepe noktası T noktası ile çakışık olacak şekilde küresel bir ayna yerleştirilecektir. Bu aynaya hava ortamında asal ekseni kesecek şekilde ve aynanın tepe noktasına 30 cm uzaklıktan kırmızı renkli bir ışın gönderiliyor.

a) Aşağıdaki tabloda X bölgesine yerleştirilen küresel aynanın türü ve odak uzaklıkları verilmiştir.

Bu verilere göre gönderilen ışının bu aynalardan nasıl yansıyacağını yansıma yasalarına uygun biçimde "Yansıma Şekli" sütununa çiziniz.

X Bölgesi	Odak Uzaklığı (cm)	Yansıma Şekli	Odak Uzaklığı (cm)	Yansıma Şekli
Çukur Ayna	10		20	
	15		60	
Tümsek Ayna	15		30	

b) X bölgesine aynı uzaklıktan yeşil renkli bir ışın gönderilirse ışının yansıma şekli nasıl değişir? Aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

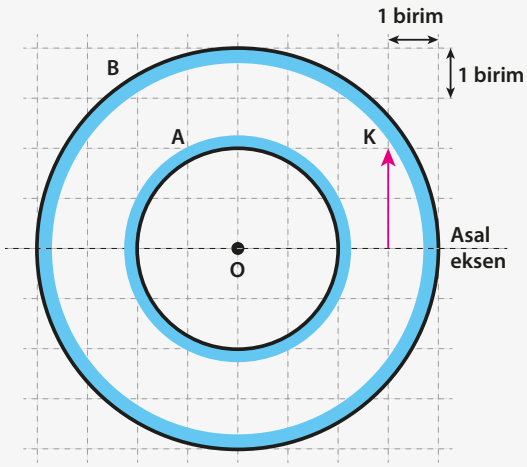
c) Yukarıdaki düzenek hava ortamı yerine su ortamında kurulmuş olsaydı yansıma olayı bu durumdan nasıl etkilenirdi? Aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

8.



Yandaki şekilde verilen A tümsek aynası ile B çukur aynasının merkezi O noktasıdır. K cismi, A ve B küresel aynalarının arasına şekildeki gibi yerleştiriliyor.

Buna göre

a) K cisminin A ve B küresel aynalarında oluşan ilk görüntülerini şekil üzerine çiziniz ve cisimler arasındaki uzaklığın kaç birim olduğunu aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

b) K cisminin, B aynasında oluşan görüntüsünün boyunun A aynasında oluşan görüntüsünün boyuna oranını aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

9.



Parabolik oluk sistemleri gün boyunca güneşi takip eden çukur şeklindeki silindirik yansıtıcı yüzeylerden ve bu yansıtıcı yüzeylerin odak noktaları doğrultusunda uzanan ve içinde devridaim yapan sıvı kanalının bulunduğu bir alıcı tüpten oluşur. Güneşten gelen ışınlar, çukur yüzeyden yansıyarak odakta bulunan tüpe düşer. Sıvı, alıcı içinde ilerlerken ısınır ve buharlaşır. Elde edilen buhar, bir türbin ve jeneratör aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür.

Buna göre silindirik yansıtıcı yüzeylerin eğrilik yarıçapının artmasının avantaj ve dezavantajlarını yazınız.

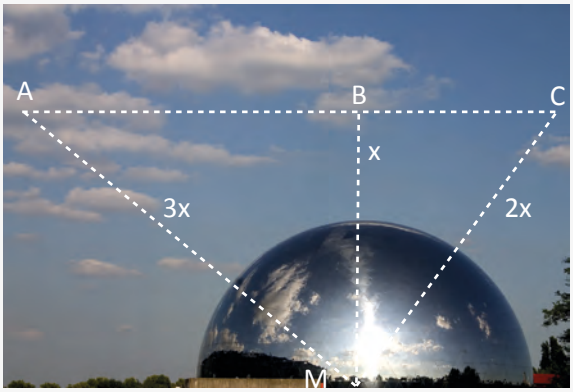
.....

.....

.....

.....

10. "la Géode" (lö Jeod), Fransa'nın Paris şehrinde bulunan ve çapı 36 m olan dev küresel bir yapıdır (Şekil I). Bu yapı, tamamı 6433 adet paslanmaz çelikten üretilen üçgen levhalarla kaplanmıştır. Parlak ve yansıtıcı dış yüzeyi sayesinde güneş ışığını, gökyüzünü ve çevresindeki nesneleri küresel bir ayna gibi yansıtabilmektedir. Bu özelliğiyle küresel aynalarda ışığın yansımasını ve görüntü oluşumunu inceleme fırsatı sunmaktadır. Kürenin içinde bulunan sinema salonu; yaklaşık 1000 m² büyüklüğünde, yarım küre biçiminde bir ekranla donatılmıştır (Şekil II). Bu dev ekran sayesinde görüntü daha büyük ve etkileyici bir biçimde izleyiciye sunulabilmektedir. Şekil I'de verilen M noktası, kürenin merkezi olarak kabul edilmiştir.



Şekil I



Şekil II

Buna göre

a) Çevresindeki nesnelerin, kürenin dış yüzeyinde oluşturduğu görüntülerin özelliklerini aşağıdaki alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

b) Yatay zemine paralel olarak ABC doğrultusu boyunca hareket eden bir cismin A, B ve C noktalarındayken küre yüzeyinde oluşturduğu görüntülerin boyları arasındaki ilişkiyi gerekçeleriyle yazınız.

.....

.....

.....

.....

c) Kürenin içinde bulunan içbükey ekran yarım küre biçimindedir.

Küre içindeki ekranın çukur bir ayna gibi davrandığını varsayarak ekranda oluşan görüntünün özelliklerini ve bu tür görüntülerin çukur aynalarda hangi koşullarda elde edildiğini yazınız.

.....

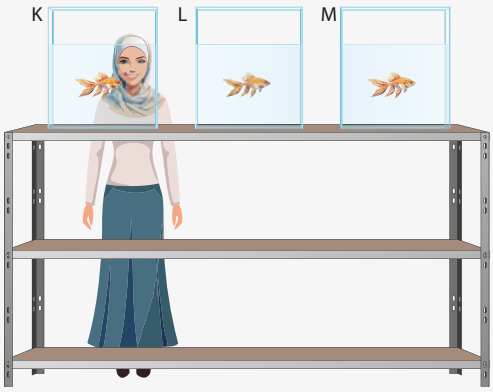
.....

.....

.....

.....

11.



Yandaki görselde Zeynep, kırıcılık indisleri farklı olan K, L ve M akvaryumlarında yüzen balıkları seyrediyor. Akvaryumlardaki suyun özelliği ve balıkların büyüklüğü aynıdır. Zeynep balıklara aynı mesafeden baktığında K akvaryumundaki balığı kendine en yakın, M akvaryumdaki balığı ise kendinden en uzakta görüyor.

Buna göre tabloda verilen ifadelerin karşısına ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olan ifadelerin doğrusunu "Açıklama" kısmına yazınız.

İfadeler	D/Y	Açıklama
K akvaryumundaki camın kırıcılık indisi en büyüktür.		
M akvaryumundaki camın kırıcılık indisi en küçüktür.		
Zeynep, K akvaryumundaki balığı diğerlerinden daha büyük olarak görür.		
Zeynep, M akvaryumundaki balığı diğerlerinden daha küçük olarak görür.		
Zeynep, L akvaryumundaki balığı K akvaryumundaki balıktan daha büyük olarak görür.		

12. Aşağıda fiber optik kabloların avantaj ve dezavantajları ile ilgili bir tablo verilmiştir.

İfadelerin karşılarındaki bölümü "✓" ile işaretleyerek fiber optik kabloların avantaj ve dezavantajlarını belirleyiniz.

İfadeler	Avantaj	Dezavantaj
Parazitlerden (elektrik ve manyetik) etkilenmez.		
Sıcaklık değişimleri ve neme karşı dayanıklıdır.		
Metalik kablolardan daha hafif ve küçüktür.		
Sinyal kaybı yok denecek kadar azdır.		
Kaliteli bilgi iletimi sağlar.		
Kablo döşeme kolaylığına rağmen ek bakım ve temizlik ister.		

13.



Yandaki şekilde damlalığın yağ ve su içindeki görünümleri verilmiştir. Sol tarafta yağ içine daldırılan damlalık görünmüyorken sağ tarafta su içine daldırılan damlalık görünmektedir.

Bu durumun nedenini aşağıda verilen alana gerekçeleriyle yazınız.

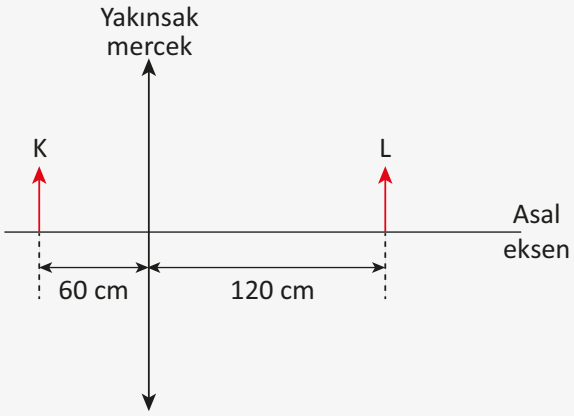
.....

.....

.....

.....

14.



K cismi hava ortamında bulunan şekildeki yakınsak merceğin sol tarafından 60 cm, L cismi ise sağ tarafından 120 cm uzağa konuyor. Yakınsak merceğin odak uzaklığı 40 cm'dir.

Buna göre K ve L cisimlerinin görüntüleri arasındaki uzaklığı hesaplayınız.

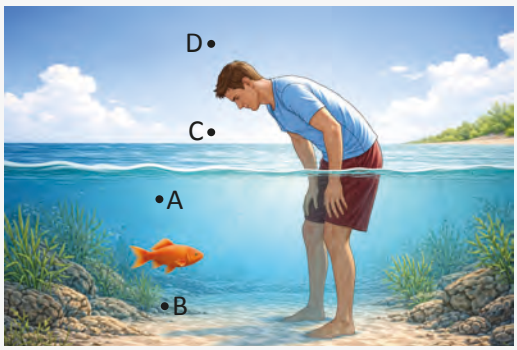
.....

.....

.....

.....

15.



Onur, sığ dereye girerken derede bulunan balığı fark ediyor. Balık ve Onur'un gerçek konumları görseldeki gibidir.

Buna göre

a) Onur'un balığı görselde verilen A ve B konumlarından hangisinde görebileceğini gerekçeleriyle yazınız.

.....

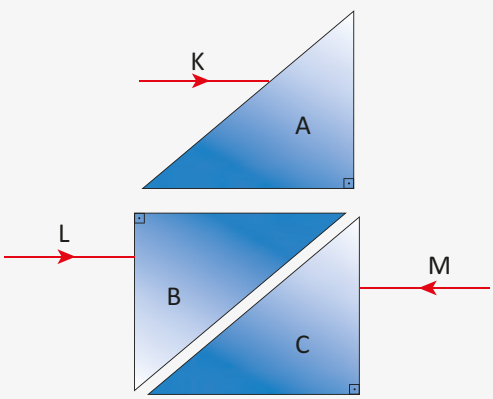
.....

b) Balığın Onur'u görselde verilen C ve D konumlarından hangisinde görebileceğini gerekçeleriyle açıklayınız.

.....

.....

16.



Yandaki şekilde hava ortamında bulunan camdan yapılmış A, B ve C tam yansımalı prizmalarının bulunduğu sisteme gönderilen K, L ve M tek renkli ışınları verilmiştir. (Camdan havaya geçişte sınır açısı 42°dir.)

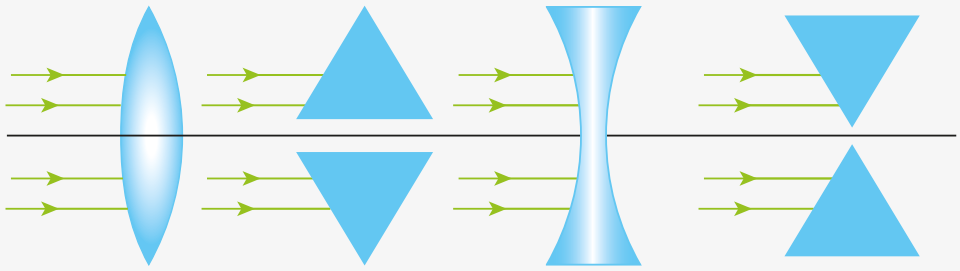
Buna göre

a) Tüm ışınların tam yansımalı prizmalarda izleyeceği yolu verilen şekil üzerine çiziniz.

b) Işınların hangi prizmadan çıkış yapacağını aşağıda verilen tablodaki uygun yere yazınız.

Işın	Çıkış Yaptığı Prizma
K	
L	
M	

17. Aşağıdaki şekillerde özdeş camlardan yapılmış mercek ve prizma sistemleri görülmektedir. Bu sistemlere tek renkli ışın, asal eksene paralel olacak şekilde gönderiliyor.



Şekil I Şekil II

Buna göre

a) Şekil I ve Şekil II'deki sistemlere gönderilen ışınların izlediği yolu şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

b) Kırılan ışığın izlediği yola bakarak mercek sistemlerinin neden küresel yapıya sahip olduğunu gerekçeleriyle yazınız.

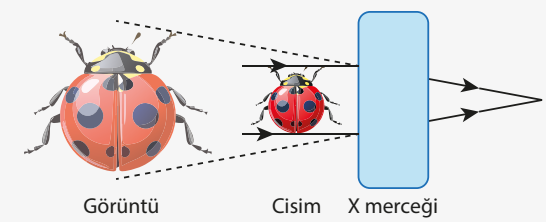
.....

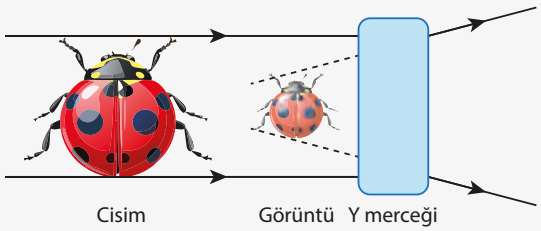
.....

.....

.....

18.





Betül; bir uğur böceğine X merceğiyle baktığında şekildeki gibi uğur böceğini olduğundan büyük, Y merceğiyle baktığında ise küçük görüyor.

Buna göre

a) X ve Y optik merceklerinin türünü aşağıdaki tabloya yazınız.

X Merceği	Y Merceği

b) Y merceğinde oluşan görüntünün büyümesi için yapılması gerekenleri aşağıya yazınız.

.....

.....

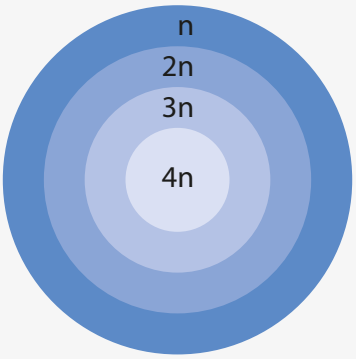
.....

.....

.....

.....

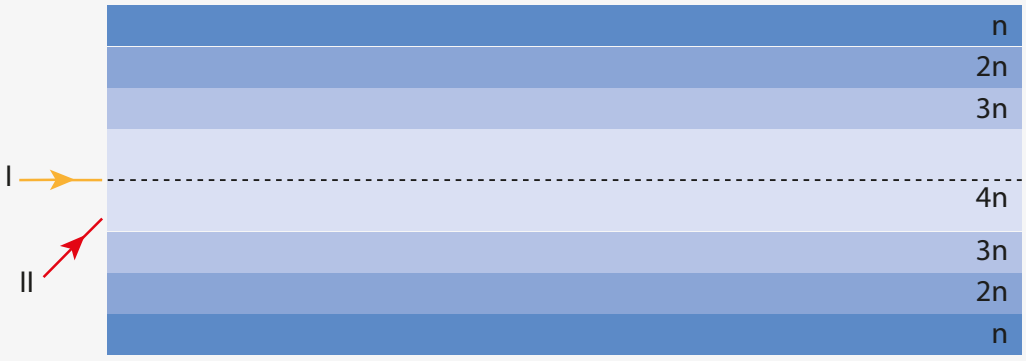
19.



Fiber optik sistemlerde ışınların gelme açısı sınır açısından küçükse ışın cam örtüye ve plastiğe geçerek soğurulur. Bu da veri kaybına neden olur. Bunun önüne geçmek için çekirdeğin kırıcılık indisi, merkezden uzaklaşıldıkça eş merkezli halkalar yardımıyla azaltılabilir. Bu şekildeki fiberlere derece indisli fiber denir. Yandaki şekilde derece indisli fiberin ön kesiti, aşağıdaki şekilde yan kesiti verilmiştir.

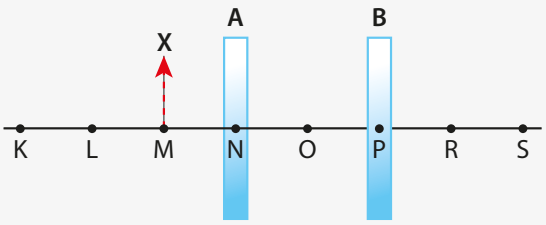
Buna göre I ve II numaralı ışınların nasıl bir yol izleyebileceğini aşağıdaki şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

(II numaralı ışın; kırıcılık indisi 2n olan ortama geçebilmiş, kırıcılık indisi n olan ortama geçememiştir.)

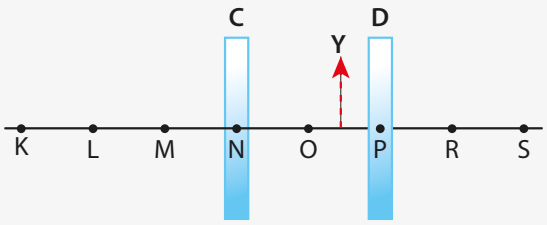


20. A ve B odak uzaklıkları bir birim olan aynı tür merceklerdir. Bu mercekler, asal eksen üzerine Şekil I'deki gibi yerleştiriliyor. Asal eksen üzerinde farklı noktalara dik olarak yerleştirilen iki cismin A ve B merceklerinde oluşan ilk görüntüleri M noktasında çakışmaktadır. Şekilde X ile gösterilen bu görüntülerin boyları birbirine eşittir.

C ve D odak uzaklıkları bir birim olan farklı tür merceklerdir. Bu mercekler, asal eksen üzerine Şekil II'deki gibi yerleştiriliyor. Asal eksen üzerinde farklı noktalara dik olarak yerleştirilen iki cismin C ve D merceklerinde oluşan ilk görüntüleri, O ve P noktalarının tam ortasında çakışmaktadır. Şekilde Y ile gösterilen bu görüntülerin boyları birbirine eşittir. (Noktalar arası mesafeler bir birimdir.)



Şekil I



Şekil II

Buna göre

a) A ve B merceklerinin türünü ve bu merceklerin önüne konan cisimlerin konumlarını gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

.....

.....

.....

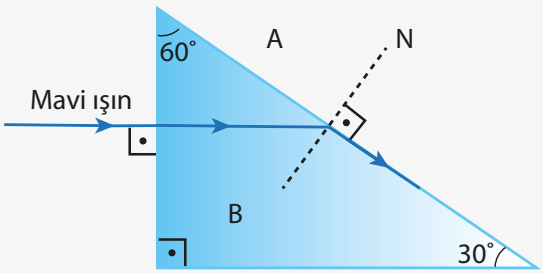
b) C ve D merceklerinin türünü ve bu merceklerin önüne konan cisimlerin konumlarını gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

.....

.....

.....

21.



Yandaki şekilde A saydam ortamında bulunan ve B prizmasına gönderilen mavi renkli ışının izlediği yol verilmiştir.

Buna göre

a) A ve B saydam ortamlarının kırıcılık indislerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

b) B prizmasından A ortamına geçişte sınır açısının kaç derece olduğunu aşağıda verilen alana yazınız.

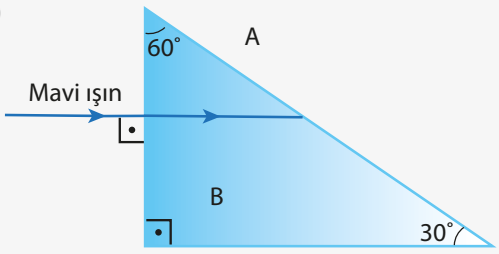
.....

.....

.....

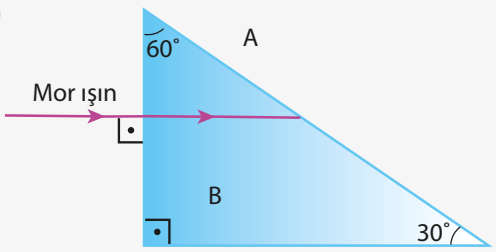
.....

c)



B prizmasının kırıcılık indisinin azaldığı durum için ışının izleyeceği yolu yandaki şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

ç)



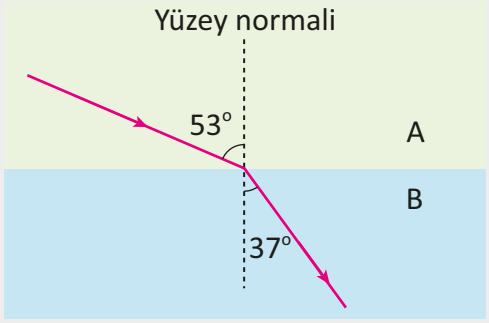
Prizmaya mavi ışın yerine aynı doğrultuda mor ışın gönderildiği durum için ışının izleyeceği yolu yandaki şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

22. Birsen Öğretmen, merceklerde ışınların kırılması ile ilgili hazırladığı soru kartlarını öğrencilerine dağıtıyor. Sınıftaki dört öğrenciye denk gelen kartlar aşağıda verilmiştir.

Buna göre öğrencilerin sorulara vermesi gereken cevapları altlarındaki alanlara yazınız.

Derin

Tek renkli ışının A ve B saydam ortamlarında izlediği yol şekildeki gibidir.

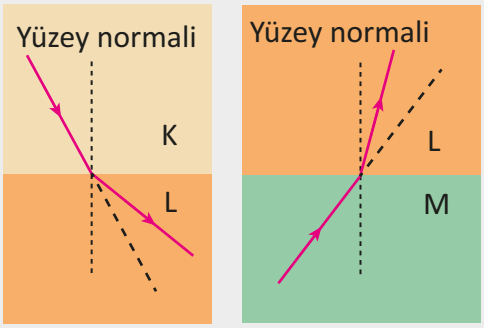


Buna göre A ve B ortamlarının kırıcılık indisleri oranını n_A/n_B bulunuz.

(sin37 = 0,6; sin53 = 0,8)

Defne

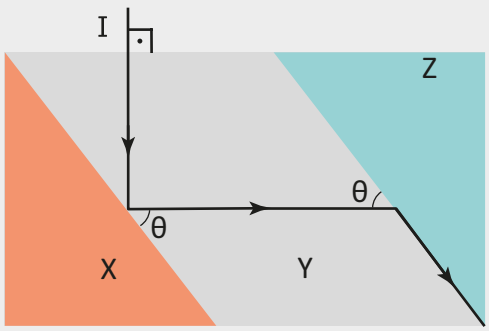
Tek renkli ışının K, L ve M saydam ortamlarında izlediği yol şekillerdeki gibidir.



Buna göre K, L ve M ortamlarının kırıcılık indisleri arasındaki ilişkiyi bulunuz.

Bilgesu

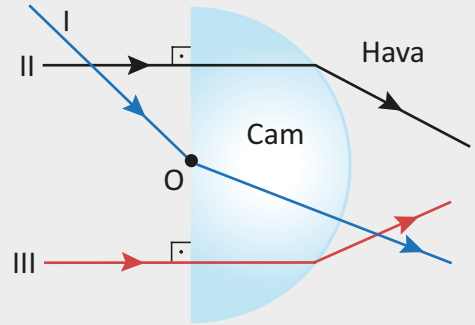
Tek renkli ışının X, Y ve Z saydam ortamlarında izlediği yol şekildeki gibidir.



Buna göre X, Y ve Z ortamlarının kırıcılık indisleri arasındaki ilişkiyi bulunuz.

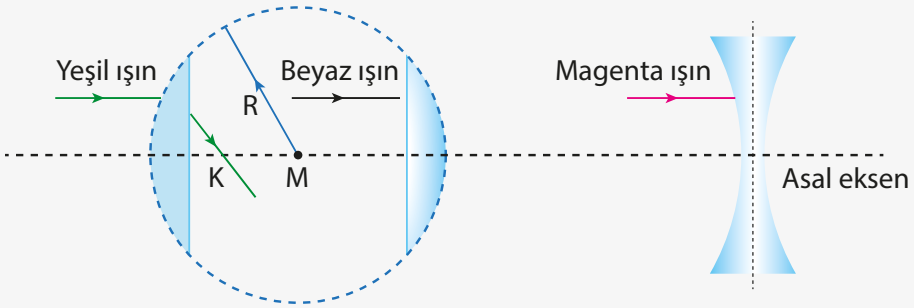
Atlas

Camdan yapılmış, merkezi O noktası olan yarım küreye tek renkli I, II ve III numaralı ışınlar gönderiliyor.



Işınların izlediği yollardan hangileri doğru çizilmiştir?

23. Hava ortamında bulunan camdan yapılmış yakınsak ve ıraksak mercekler asal eksen üzerine şekildeki gibi yerleştiriliyor. Yakınsak merceklere yeşil ve beyaz ışın, ıraksak merceğe ise kırmızı ve mavi renklerin karışımından oluşan magenta ışın, asal eksene paralel olacak şekilde gönderiliyor. Yakınsak merceğe gönderilen yeşil ışının kırılarak izlediği yol şekil üzerinde gösterilmiştir.



Buna göre

a) Yeşil ışının kırılarak geçtiği nokta, yakınsak merceğin hangi noktasıdır? Gerekçeleriyle aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

b) Yeşil ışının kırılarak geçtiği mesafenin artması için yapılabilecekleri açıklayarak aşağıdaki tabloda verilen alana yazınız.

Durum	Açıklama
1. Işığın rengi	
2. Merceğin yapıldığı maddelerin eğrilik yarıçapları	
3. Merceğin ve ortamın kırıcılık indisleri farkı	

c) Beyaz ışının içindeki renklerin yakınsak mercekte kırıldıktan sonra izleyeceği yolu şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

ç) Beyaz ışın içindeki renklerin odak uzaklıkları arasındaki büyüklük ilişkisini açıklayarak aşağıda verilen alana yazınız.

.....

.....

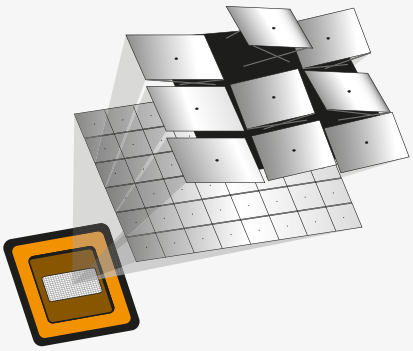
.....

.....

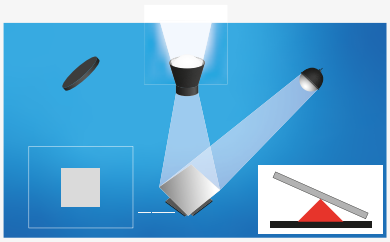
.....

d) Magenta ışının ıraksak mercekte kırıldıktan sonra izleyeceği yolu şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

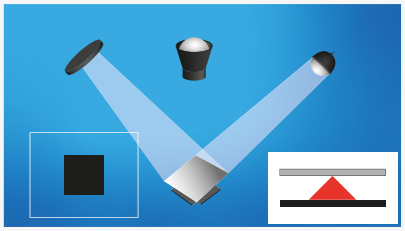
24. DMD [digital micromirror device (dicitıl maykromirır dıvays) dijital mikro ayna cihazı], düzgün ve dağınık yansımanın kullanıldığı bir elektronik çip türüdür. Çipin üzerinde her biri bağımsız olarak çalışabilen yaklaşık 1,3 milyon mikroskobik ayna bulunur (Şekil I). Bu mikro aynalar, gelen elektrik sinyallerine göre bağımsız olarak düzgün ya da dağınık yansıma yapacak şekilde yönlendirilir. 1 sinyali gönderildiğinde mikro ayna, eğik bir yönelim alır ve ışığı ekrana yansıtarak aydınlık bir görüntü oluşmasını sağlar (Şekil II). O sinyali gönderildiginde ise mikro ayna, yüzeye paralel bir konum alır ve ışığı emen yüzeye yansıtarak ekranda karanlık bir görüntü oluşmasına neden olur (Şekil III). Ekrana yansıtılan görüntüde her bir mikro ayna tek bir piksel rolü oynar (Şekil IV).



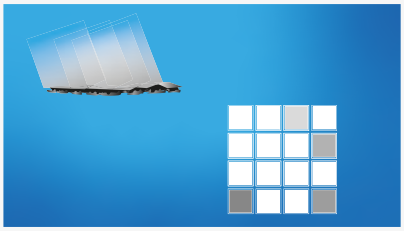
Şekil I



Şekil II



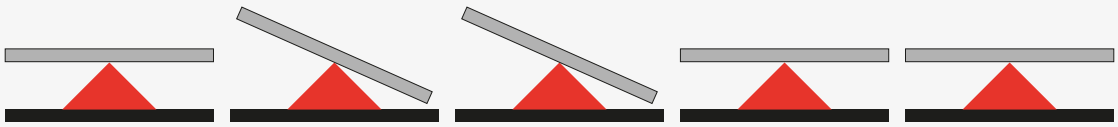
Şekil III



Şekil IV

Buna göre

a) Aşağıdaki şekiller, bir DMD üzerindeki mikro aynaları temsil etmektedir. Mikro aynalar, elektrik sinyalleri doğrultusunda aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi konumlanmıştır.



Mikro aynaların üzerine ışık gönderildiğinde ekranda oluşacak aydınlık ve karanlık görüntünün şeklini aşağıdaki tabloya çiziniz ve gönderilen elektrik sinyallerinin 0 ve 1 şeklindeki dizilimini yazınız.

Ekranda oluşan şekil (karanlık-aydınlık)					
Elektrik sinyallerinin dizilimi					

b) 001110 şeklinde gönderilen elektrik sinyallerinin mikro aynalarda oluşturacağı yönelimleri ve ekranda oluşacak aydınlık ve karanlık görüntünün şeklini aşağıda verilen tabloya çiziniz.

Ekranda oluşan şekil (karanlık-aydınlık)						
Mikro aynaların yönelimi						

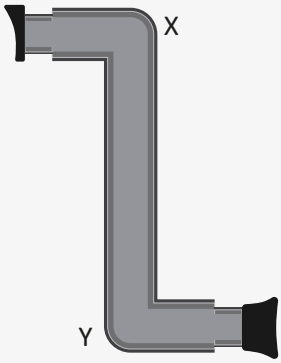
25.



Periskoplar, doğrudan görülemeyen bir bölgeyi izlemek amacıyla kullanılan basit optik düzeneklerdir. Periskopların içinde belirli açılarla yerleştirilmiş düzlem aynalar bulunur. Bu aynalar, gelen ışığı yansıtarak gözlemcinin gözüne ulaştırır.

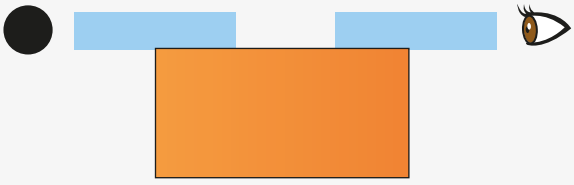
Buna göre

a) Şekil I'deki periskop sistemine yatay doğrultuda gönderilen bir ışının sistemden doğrultu ve yönü değişmeden çıkabilmesi için X ve Y ile gösterilen bölgelere düzlem aynaların nasıl yerleştirilmesi gerektiğini çiziniz.



Şekil I

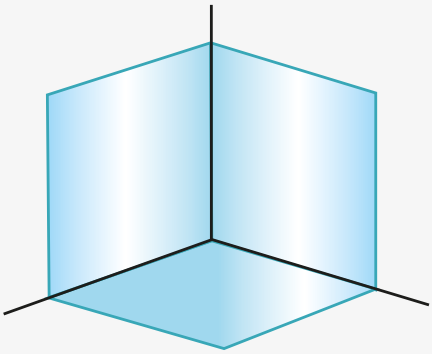
b) Şekil II'de periskop benzeri bir düzenek ile çalışan "sihirli kutu" gösterilmiştir. Seyirciler, kutunun ucundaki borudan baktığında karşıda duran bir cismi görebilmektedir.



Şekil II

Bu etkinin oluşmasını sağlayan iç düzeneği çizerek açıklayınız.

26. Köşe yansıtıcılar (Şekil I), üç düzlem aynanın birbirine dik şekilde konumlandırılmasıyla üç boyutlu olarak oluşturulmuştur. Bu aynalar, üzerlerine gönderilen ışınları geldikleri doğrultuda yansıtır. 1971 yılında Apollo (Apollo) deneyi için astronotlar, Ay yüzeyine 100 köşe yansıtıcıdan oluşan geri yansıtıcı [retroreflektör (Şekil II)] yerleştirmiştir. Dünya'daki bir gözlem evinden Ay yüzeyindeki yansıtıcıya gönderilen lazer ışınları, köşe yansıtıcıdan yansıyarak Dünya'ya döner. Işığın gidiş dönüş süresi ölçülerek Dünya ile Ay arasındaki mesafe yaklaşık 2-3 cm'lik bir hassasiyetle doğru şekilde belirlenebilmektedir. Bu ölçüm yöntemi, bugün hâlâ yüksek doğrulukla çalışmaktadır.



Şekil I



Şekil II

Buna göre

a) Köşe yansıtıcılara gelen ışığın, geldiği doğrultuda nasıl yansıdığını Şekil I üzerinde çizerek gösteriniz.

.....

.....

.....

b) Bu yöntemin başka hangi mesafelerin ölçülmesinde kullanılabileceğini açıklayınız.

.....

.....

.....

c) Yansıyan ışınların dağılmasını engellemek için neler yapılabileceğini yazınız.

.....

.....

.....

ç) Ay'daki yansıtıcıların düzgün yerleştirilmemesi veya zarar görmesi durumunda ölçümlerde nasıl bir fark oluşacağını yazınız.

.....

.....

.....

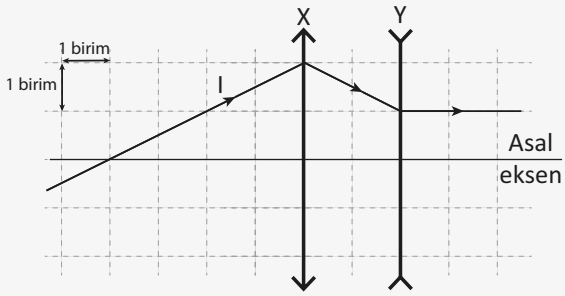
d) Apollo deneyi sonucunda Ay ile Dünya arasındaki mesafenin milimetre hassasiyetinde ölçülebilmesinin bilimsel açıdan önemini yazınız.

.....

.....

.....

27.



Özdeş birimkarelerden oluşan bir düzlem üzerine asal eksenleri çakışık olacak şekilde yerleştirilmiş X ve Y merceklerinden geçen I ışını, şekilde gösterilen yolu izliyor. Bu durumu inceleyen öğrencilerin konuya ilişkin ifadeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Öğrenci	İfadeler
Aycan	X merceği yakınsak bir mercektir.
Beste	Y merceği yakınsak bir mercektir.
Turgut	X merceğinin ışığı toplayıcı özelliği vardır.
Bora	Y merceğinin ışığı dağıtma özelliği vardır.
Suat	X merceğinin odak uzaklığı 4 birimdir.
Halime	Y merceğinin odak uzaklığı 2 birimdir.

Buna göre

a) Hangi öğrencilerin ifadelerinin doğru olduğunu gerekçeleriyle aşağıya yazınız.

.....

.....

.....

.....

b) Yanlış olan ifadelerin doğrularını aşağıya yazınız.

.....

.....

.....

.....

Karekoddan yararlanarak daha fazla soruya ulaşabilirsiniz.

SÖZLÜK

A

ağırlık: Cisme uygulanan kütle çekim kuvvetlerinin bileşkesi.
akademik: 1. Akademi ile ilgili olan. 2. Bilimsel niteliği olan.
akustik: Fizik biliminin konusu ses olan kolu, yankı bilimi.
akü: Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayan, istendiğinde bunu elektrik enerjisi olarak geri veren, bu işlemlerin tekrarlanmasına olanak tanıyan aygıt.
alaşım: Bir metalin belli oranlarda bir veya birkaç metalle ergimesiyle oluşan yeni metal, halita.
ampermetre: Bir elektrik akımının şiddetini ölçmeye yarayan aygıt; amperölçer, akımölçer.
anahtar: İstenen yere veya aygıta, isteğe göre elektrik akımının geçmesini sağlamak için kullanılan düzen; çevirici, çevirgeç, şalter, komütatör.
anot: Diyotlarda pozitif elektriksel özellik gösteren bölge.
antistatik bileklik: Elektronik cihazlarla çalışırken statik elektrik boşalımını önlemek için kullanılan koruyucu araç.
ark: İki elektrot arasındaki gaz ortamından geçen akımın oluşturduğu yay biçiminde parlak ışıklı bölge.
astronomi: Gök cisimlerinin konumlarını, hareketlerini, birbirine olan uzaklıklarını ve yapılarını inceleyen bilim; gök bilimi.
astronot: Uzay gemisini uzayda yöneten kimse, uzay insanı.
atardamar: Kalbin sağ karıncığından akciğerlere, sol karıncığından vücudun diğer bölümlerine kan taşıyan damar; şiryan, arter.
Atwood makinesi: George Atwood tarafından tasarlanan, ivmeli hareket çalışmaları için kullanılan makara sistemi.
avantaj: Üstünlük, kazanım, yarar.

B

batarya: Güneş, çekirdek, ısı veya kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren bir ya da daha fazla birimden oluşan doğru akım güç kaynağı.
bileşke kuvvet: Bir cisme aynı anda uygulanan birden fazla kuvvetin vektörel toplamı, net kuvvet.
biyomedikal: Tıpta tanı ve tedavi amacıyla araç gereç üretimi, tasarımı ve iletişimi ile ilgilenen mühendislik dalı.
büyüteç: Odak uzaklığı birkaç santimetre olan, küçük cisimleri daha büyük bir görünüm açısı altında incelemeye elverişli yakınsak (ince kenarlı) mercek.

C-Ç

cihaz: 1. Birçok parçadan yapılmış alet. 2. Birkaç aletin uygun bir biçimde eklenmesinden oluşturulan ve bazı belli deneylerin yapılmasına yarayan takım. 3. Bir sistemi oluşturan parçalardan her biri.
çıkarım: Eldeki bilgilerden yeni bilgiler türetme, eldeki verilerden birtakım mantıksal sonuçlara varma.

D

dedektör: Çeşitli sinyalleri algılayan elektronik cihaz.
değişken: Değeri değişebilen ve çoğunlukla ölçülebilen bir nicelik ya da özellik.
denge: Bir cisme etki eden bileşke kuvvetin sıfır olduğu durum.
denizaltı: Deniz yüzeyinin altında ve üstünde yol alabilen savaş veya araştırma gemisi.
devre: Elektrik ve elektronik elemanların, aygıtların, aygıt takımlarının, kaynakların, dönüştürücülerin vb. bağlantılanması ile oluşturulan yapı.
dezavantaj: Avantajlı olmama durumu.
difüzör: Güneş tüpünün ışığı yayan kısmı.
dikme: Dikey olan doğru veya düzlem.
dinamik: Nesnelerin ve sistemlerin hareket etmesini sağlayan, cisimleri ivmelendiren kuvvetleri inceleyen bilim dalı.
dinamometre: Kuvvet ölçen alet, kuvvetölçer.

direnç: Bir nesnenin elektrik akımına karşı dayanma özelliği; mukavemet, rezistans.
disiplin: Öğretim konusu olan veya olabilecek bilgilerin bütünü, bilim dalı.
doğrultucu: Alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC) çeviren elektronik devre elemanı.

E

Ekvator: Yerkürenin eksenine dik olarak geçtiği ve yerküreyi iki eşit parçaya böldüğü varsayılan en büyük enlem dairesi.
elektriksel geçirgenlik: Ortamın elektriksel alanı kuvvetlendirme ve zayıflatma özelliği.
elektrolit: Elektroliz işlemiyle çözülen madde.
elektromotor kuvvet: Bir elektrik devresinde kaynağın akım başına harcadığı elektriksel güç.
elektroskop: Bir cismin elektriklenmesini ve bu elektriklenmenin derecesini gösteren araç.
elektrostatik: Elektriklenmiş cisimler üzerinde elektriği denge durumunda inceleyen fizik dalı.
elektrot: Bir elektrik devresinde elektrolit, yarı iletken, vakum gibi metal olmayan kısım ile temas hâlinde olan iletken.
element: Tek tip atomlardan oluşan ve kimyasal yollarla daha basit maddelere ayrıştırılamayan madde.
entegre: Bütünleşmiş.
etkileşim: Birbirini karşılıklı olarak etkileme işi.
etmen: Birlikte veya ayrı ayrı etkisini gösteren ve belli bir sonuca götüren güçlerden, şartlardan, ögelerden her biri; faktör.

F

ferrit: 910 °C'a kadar dengede kalan ve bileşiminde en çok %0,025 karbon bulunan, hacim merkezli, kübik kristal yapılı, oldukça yumuşak demir karbon metali.
fiber optik: Saç teli kalınlığında ve çok hassas üretilmiş saf bir cam ip üzerinden ışığı ileten sistem.
filozof: Felsefe ile uğraşan ve felsefenin gelişmesine katkıda bulunan kimse; felsefeci, feylesof.
filtre: Bir akışkandaki yabancı maddeleri süzüp ayıran alet veya aletlerden oluşan düzenek; süzek, süzgeç.
floresan: Florışıma özelliği gösteren.
frekans: Bir periyodik olayın birim zamandaki tekrar sayısı.

G-Ğ

galaksi: Milyarlarca yıldız, yıldız kümesi, bulutsu ve gaz bulutundan oluşmuş, Samanyolu gibi bağımsız uzay adası; gök ada.
gezegen: Bir yıldız ya da kalıntısı etrafında dolanan, katı cisim kuvvetlerinin üstesinden gelebilecek düzeyde kütle çekimi oluşturacak kütleye ve küresel bir forma sahip, yörüngesinin yakın komşuluğunu temizlemiş olan ve yıldızdan aldığı ışınımı yansıtan gök cismi.
girişim: İki veya daha çok dalga hareketinin, aynı noktaya aynı anda gelmesiyle birbirini yok edebilmesi veya kuvvetlendirebilmesi olayı.
görüntü: Herhangi bir nesnenin mercek, ayna vb. araçlarla oluşturulan biçimi.
gösterge: Bir şeyi belirtmeye yarayan şey; belirti, im, iz.
güç: Birim zamanda yapılan iş, aktarılan enerji.
güdümlü füze: Çeşitli mekanizmalarla uzaklara yöneltilebilen füze.
güneş pili: Bir foton kaynağından, özellikle güneşten gelen ışınımın iki yarı iletken arayüzünde soğurulması sonucu doğru elektrik akımı üreten aygıt; fotovoltaik pil.

H

hadronterapi: Proton, karbon gibi yüklü parçacıkların kullanıldığı ışın tedavisi.
haricî: Dışla ilgili, dıştan olan.
harmonik: Bir dalga hareketinde temel frekansın katları şeklinde ortaya çıkan bileşen.
hava yastığı: Taşıtlarda kazanın neden olacağı zararları azaltmaya yönelik hava basınçlı yastık.
hertz: Frekansın birimi.
hibrit: İki farklı güç kaynağının bir arada bulunması, melez.
hidroelektrik: Su gücüyle elde edilen elektrik enerjisi.
hologram: Üç boyutlu görüntü kayıt tekniği ve sistemi.
homojen: Birbirine benzer karakterlere veya yapıya sahip parça veya birimlerden oluşan, bağdaşık.

I-İ

ısı: Bir cismin uzamasına, genleşmesine, buharlaşmasına, erimesine, sıcaklığının artmasına yol açan fiziksel enerji.

ışınım: Bir kaynaktan elektromanyetik dalga veya parçacık demetinin yayılması, radyasyon.

içten yanmalı motor: Yakıt hava karışımının yanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisini doğrudan kinetik enerjiye dönüştüren makine.

illüzyon: Var olan nesne veya canlıyı yanlış, ayrımlı veya değişik olarak algılama; yanılsama.

ivmeölçer: İvme büyüklüğünü ölçen alet, akselerometre.

iyon: Bir veya daha çok elektron kazanmış veya yitirmiş bir atom veya bir atom grubundan oluşmuş elektrik yüklü parçacık, yükün.

J-K

jel: Tıbbi görüntülemede sürtünmeyi azaltmak için kullanılan kaygan madde.

jeofizik: Yer yuvarlağını ve atmosferi etkileyen doğal fiziksel olayları inceleyen bilim dalı.

jeoloji: Yerkürenin oluşumunu ve evrimini, yerküreyi oluşturan malzemeleri, bunların birbirine dönüşümünde etkin olan süreçleri, yerkürenin sığ derinliklerindeki şekil değişimlerine neden olan ve okyanuslar ile kıtaları oluşturan kuvvetleri ve yerküreyi değiştiren süreçleri inceleyen bilim dalı; yer bilimi.

kalp pili: Kalbin yavaş atması sonucu gelişen rahatsızlıkları tedavi etmek amacıyla deri altına yerleştirilen, kalp ritmini düzenleyen, gerektiğinde şok uygulayabilen elektronik cihaz; irkilteç.

kartezyen koordinat sistemi: Bir cismin bulunduğu yeri tanımlamak için kullanılan sistem.

katot: Diyotlarda negatif elektriksel özellik gösteren bölge, vakum tüplerinde elektronların dış devreden girip boşluğa salımlandığı negatif uç.

katot ışınları: Bir boşluk tüpünün katodundan yüksek elektrik gerilim etkisi altında salımlanan elektron demeti.

kaygan sıvı: Eklemlerde sürtünmeyi azaltan doğal sıvı.

kıkırdak: Eklem uçlarını kaplayan, pürüzsüz yüzey oluşturan doku.

kızılötesi: Işık tayfında kırmızı alanın ötesindeki alanda yayılmış ışınlardan oluşan, gözle görülmeyen ışınım.

kinetik enerji: Cismin hareketi sonucu oluşan enerji.

kontak lens: Gözün saydam tabakasının üzerine doğrudan uygulanan, görme problemini düzeltici mercek.

kornea: Gözün ön bölümünde bulunan, ışığı geçiren küresel zar; saydam tabaka.

kristal: Katı maddede atom ya da moleküllerin uzayda düzgün olarak tekrarlanan periyodik sıralanışından oluşan bir yapıya sahip katı cisim.

kroki: Bir yere nasıl gidileceğini tarif etmek için çizilen, takip edilecek yolu gösteren ölçeksiz harita.

kuantum: Bir sistemin enerji, açısal momentum gibi kesikli değerler de alabilen bazı özelliklerinin en küçük miktarı.

kubbe: Yarım küre biçiminde olan ve yapıyı örten dam.

kutup: 1. Bir kürenin merkezinden geçen doğrunun küre yüzeyini kestiği noktalar. 2. Elektrik devrelerinde pozitif ya da negatif gerilimle nitelenen bağlantı uçlarından biri. 3. Mıknatısın uçları.

L

lazer (LASER): Çok güçlü pırıltılar oluşturan, değişik alanlarda kullanılan yoğunlaşmış ışık kaynağı.

LED: Işık yayan diyot.

lens: 1. Gözün saydam tabakası üzerine doğrudan uygulanan, görmeyi düzeltici mercek, kontak lens. 2. Mercek.

levha: Elektrik, elektronik ya da manyetik devrelerde kullanılan düz ve ince katman; tabaka.

M

MAGLEV: Bir cisim ya da sistemin manyetik alan yardımıyla başka bir fiziksel destek olmadan havada askıda kalması.

makara: Üzerinden ip veya halat geçirilen, dönebilen silindirik araç.

makro: Büyük, mikro karşıtı.

manyetik rezonans: Dışarıdan bir manyetik alan uygulayarak vücuttaki yumuşak dokuların görüntülenmesini sağlayan yöntem.

manyetit: Mıknatıs özelliği olan doğal demir oksit (Fe_2O_4).
manyetokardiyografi: Kalbin manyetik alanını ölçerek kalp rahatsızlıklarını tespit eden yöntem.
medikal: Tıbba ait, tıpla ilgili.
meteor: Dünya atmosferine giren ve sürtünme nedeniyle yanan gök taşı.
mikroskobik: Mikroskopla görülebilecek kadar küçük olan.
mil: Türlü işlerde kullanılmak için yapılan ince ve uzun metal çubuk.
model: Tasarlanan ürünün tanıtım veya deneme amacıyla üretilen ilk örneği, prototip.
motor: Herhangi bir enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren düzenek.
mukus: Organlar arasında sürtünmeyi azaltan kaygan sıvı.

N

nadir toprak elementleri (NTE): Yenilenebilir enerji teknolojilerinde kritik öneme sahip elementler grubu.
nanometre: Uzunluk birimi, bir metrenin milyarda biri (10^{-9} m).
NCAP: Avrupa Yeni Otomobil Değerlendirme Programı.
nicelik: Bir şeyin sayılabilen, ölçülebilen veya azalıp çoğalabilen durumu; kemiyet.
noktasal: Yuvarlak ve boyutları çok küçük im biçiminde olan, benek biçiminde olan.
nörolojik: Sinir bilimi ile ilgili, sinir bilimsel.
nötron yıldızı: Süpernova adı verilen yıldız patlamasından sonra yıldızın çekirdeğinin kütle çekimi nedeniyle kendi içine doğru çökmesiyle oluşan gök cismi.
nükleer: Atom çekirdeği ile ilgili, çekirdeksel.
nükleer enerji: Atom çekirdeğinin parçalanması ya da birleşmesi sonucunda elde edilen enerji.

O-Ö

objektif: Fotoğraf makinesi, dürbün, mikroskop gibi optik aygıtlarında cisimlerden gelen ışınları alıp ekran üzerine yansıtan mercek ya da mercekler dizgesi.
optik: Işığa duyarlı hassas alet veya kaynak, fizik biliminde ışık olaylarını inceleyen alt bilim dalı.
optik daire: Açı ölçümüne yarayan araç.
ortam: Bir eylemin yapılabilmesi için gerekli koşulların tümü.

P

parabolik yörünge: Parabole benzer eğri şeklindeki hareket yolu.
paralel: Bir düzlemde sonsuzda kesiştiği varsayılan, aralarındaki açı sıfır olan, iki veya daha fazla doğru veya ışın demetinin durumu.
paratoner: Yıldırımın yıkıcı etkilerinden korunmayı sağlayan, bakır veya benzeri iletken materyalden üretilen çubuk.
parçacık: Foton, proton, baryon gibi maddenin tane ya da ışınım özelliğini oluşturup ayrı nitelikler ve etkileşimler gösteren çok küçük boyutlu nesnelerin ortak adı.
periskop: Denizaltılarda deniz yüzeyindeki cisimleri görmek için kullanılan bir tür dürbün.
pervane: Döndüğünde bir mekanizmayı işleten bir eksene dikey olarak bağlanmış, iki veya ikiden çok kanattan yapılmış alet.
potansiyel fark: Bir elektrik devresinde iki nokta arasındaki gerilim farkı.
psikiyatri: Düşünme, anlama, kavrama, karar verme, önlem alma, insanlarla ilişki kurma vb. yeteneklerdeki eksikliklerin veya bozuklukların tanı ve tedavisiyle ilgilenen uzmanlık dalı; ruh hekimliği.

R

radar: Radyo dalgalarının yankısını alarak cisimlerin yerini ve uzaklığını bulabilen, genellikle uçak ve gemilerde kullanılan cihaz.
radyoterapi: X ışınlarının biyolojik etkisine dayanan tedavi yöntemi, ışın tedavisi.
referans noktası: Hareketin ölçüldüğü başlangıç noktası.
reosta: Elektrik akımının şiddetini azaltıp çoğaltmaya yarayan araç, dimmer.
reseptör: Bir elektrik akımını alıp başka bir kuvvete çeviren cihaz, almaç.
rota: Görüş veya tutuma göre gidilen, izlenen yol.
röntgen: Herhangi bir organın durumunu tespit etmek için çekilen film.

rulman: Mekanik ve elektrikli sistemlerde kayma sürtünmesi yerine yuvarlanma sürtünmesi sağlayan, enerji kayıplarını azaltmak için yataklar ile muylular arasına yerleştirilen parça.

S-Ş

salınım: Bir sarkaç veya salıngaç gibi belli konumlardan aynı zaman aralıklarında geçen cisimlerin hareketi.
saydam: Işığı geçirebilen madde.
sensör: Işığı veya nesneyi algılayıp gerekli hareketi başlatan aygıt, duyarga.
serbest cisim diyagramı: Bir cisme etki eden tüm kuvvetlerin gösterildiği şematik çizim.
SI: Uluslararası birimler sisteminin kısaltması.
sır: Aynaların arkasına ve kaplama metal eşyanın yüzeyine sürülen ince tabaka.
sırıkla atlama: Sporcuların esnek sırık kullanarak yüksek çıtayı aşmayı amaçladığı atletizm branşı.
simülasyon: Sistem nesneleri arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin bir modeli.
sinir: Duyu ve hareket uyarılarını beyinden organlara, organlardan beyne ileten beyazımsı teller ve bu tellerin oluşturduğu demet.
sinovyal sıvı: Eklemlerde sürtünmeyi azaltan doğal sıvı.
sinyal: Bir şey bildirmek için verilen işaret.
sismograf: Deprem, patlatma gibi olayların yeri sarsması ile oluşan küçük titreşimleri bir kâğıt üzerine çizerek kaydeden veya sayısallaştırarak elektronik bir belleğe depolamaya yarayan aygıt.
soğurmak: İçine çekmek, emmek.
sterilizasyon: Yararlı ve zararlı mikroorganizmaların kimyasal madde, ısı, ışın gibi etkenler kullanılarak tamamen yok edilmesi işlemi; arınıklık.
şebeke: Ülke çapında yaygınlaştırılmış ulaşım, elektrik ve iletişim örgüsü; ağ.

T

teori: Sistemli bir biçimde düzenlenmiş birçok olayı açıklayan ve bir bilime temel olan kurallar, yasalar bütünü; nazariyat, nazariye, kuram.
termik santral: Yakıtla oluşan ısıdan elektrik üreten santral.
türbin: Su, buhar, gaz gibi herhangi bir akışkanın hareket enerjisiyle ve birtakım özel düzenekler yardımıyla çalışan, genellikle elektrik üretmede kullanılan araç.

U-Ü

ufuk çizgisi: Ufkun geçen yatay düzlemle kesiştiği çizgi.
ultrasonik görüntüleme: Ses dalgalarını kullanarak vücut içini görüntüleme yöntemi.
uydu: Bir gezegenin çekiminde bulunarak onun çevresinde dolanan yapay veya doğal cisim.
uzuv: Vücudun, belirli bir görev yapan ve sınırları kesin olarak belirlenmiş bölümü; organ.

V

vakum tüpü: Havası boşaltılmış tüp.
vana: Boru içindeki bir akışkanın akışını durdurmaya veya serbest bırakmaya yarayan alet, valf.
vatoz: Köpek balıklarından, sırtında büyük dikenleri olan, kuma gömülü olarak yaşayan bir balık.
veri: Gözlem ve deneye dayalı araştırmanın sonuçları.
vinç: Ağır yük kaldırmaya ve bir yere taşımaya yarayan araç.

Y-Z

yanılsama: Yanlış algılama ve duyu yanılması, illüzyon.
yapay: Doğadaki örneklerine benzetilerek insan eliyle yapılmış veya üretilmiş; yapma, bileşimli, suni, sentetik, doğal karşıtı.
yasa: Bilimde çok sayıda deney ve gözlemden sonra aynı şartlarda aynı sonuçları verdiği kesin olarak belirlenen durum.
yer çekimi kuvveti: Yerin kütlesinden kaynaklanan kütle çekim kuvveti.
yörünge: Bir gök cisminin hareketi süresince izlediği yol, mahrek.
yürüyüş batonu: Yürüyüş sırasında dengeyi sağlamak amacıyla kullanılan sopa.

KAYNAKÇA

Alatlı, A. (2007). *Schrödinger'in kedisi: Rüya*. İstanbul: Everest Yayınları.

Badem, K. K. (2025). *Impetus kavramının tarihsel gelişimi: İbn Sînâ üzerinden bilim tarihi analizi*. MetaScientia: Journal of the History and Philosophy of Science, 1(1), 33–51.

Baker, J. (tarih yok). *50 fizik fikri*. (Ç. Sunay, Çev.) Domingo.

Balkan, N., & Erol, A. (2012). *Çevremizdeki fizik*. Ankara: Tübitak Yayınları.

Bixby, W. (2006). *Galileo ve Newton'un evreni*. (N. Arık, Çev.) Ankara: Tübitak Yayınları.

Brooks, M. (2016). *Fizik kullanım kılavuzu*. (E. Kılıç, Çev.) İstanbul: Aylak Kitap.

Crawford, F. S. (1990). *Dalgalar Berkeley fizik dersleri*. (A. Aydınuraz, A. F. Cesur, T. N. Durlu, S. Durmaz, E. Erdik, F. Köksal, & R. Nasuhoğlu, Çev.) Ankara: Bilim Yayınları.

Fishbane, P. M., Gasiorowicz, S., & Thornton, S. T. (2013). *Temel fizik*. (C. Yalçın, Çev.) Ankara: Arkadaş Yayıncılık.

Giancoli, D. C. (2009). *Fen bilimcileri ve mühendisler için fizik*. (G. Önengüt, Çev.) Ankara: Akademi Yayıncılık.

Griffiths, D. J. (2000). *Elektromagnetik teori*. (B. Ünal, Çev.) Ankara: Gazi Kitabevi.

Guillen, M. (2012). *Dünyayı değiştiren beş denklem*. (G. Tanrıöver, Çev.) Ankara: Tübitak Yayınları.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014). *Fiziğin temelleri*. (B. G. Akınoğlu, & H. M. Alev, Çev.) Ankara: Palme Yayınevi.

Hamper, C. (2014a). *Higher level physics*. Harlow: Pearson Education.

Hamper, C. (2014b). *Standard level physics*. Harlow: Pearson Education.

Hewitt, P. G. (2023). *Conceptual physics*. Harlow: Pearson Education.

Homer, D. (2019). *Physics: IB diploma programme*. Oxford: Oxford University Press.

Homer, D. ve Bowen-Jones, M. (2014). *Physics*. Oxford: Oxford University Press.

Kalsi, A., Deanery, W., Balani, N. ve Deanery, L. (2016). *Physics for the anaesthetic viva*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kartal, S. (2019). *Üniversiteler için fizik*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Kirk, T., & Hodgson, N. (2012). *Physics*. Londra: Oxford.

Kittel, C., Knight, W. D., Ruderman, M. A., Helmholz, A. C., & Moyer, B. J. (2006). *Mekanik Berkeley fizik dersleri*. (T. N. Durlu, & Y. Elerman, Çev.) Ankara: Bilim Yayıncılık.

Knight, R. D., Jones, B., & Stuart, F. (2015). *College physics a strategic approach* . Harlow: Pearson.

Ling, S. J., Sanny, J. ve Moebs, W. (2016). *University physics*. Houston: Openstax.

Maclachan, J. (2008). *Galileo Galilei ilk fizikçi*. (İ. Kalınyazgan, Çev.) Ankara: Tübitak Yayınları.

MEB (2025). *Türkiye yüzyılı maarif modeli ortaöğretim programları ortak metni*. Ankara: T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.

MEB (2026). *Türkiye yüzyılı maarif modeli ortaöğretim fizik dersi öğretim programı*. Ankara: T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.

Nasuhoğlu, R., Bingöl, G., Gür, H., İnan, D., & Ünal, N. (1983). *Fizik terimleri sözlüğü*. Ankara: Türk Dil Kurumu.

Newton, I. (1846). *Newton's principia*: *The mathematical principles of natural philosophy*. (A. Motte, Çev.). New York: Daniel Adee.

Richards, J. A., Sears, F. W., Wehr, M. R., & Zemansky, M. W. (1982). *Modern üniversite fiziği*. (F. Domaniç, E. Erdik, N. Zengin, R. Nasuhoğlu, & E. Tokmakçıoğlu, Çev.) İstanbul: Çağlayan Kitabevi.

Ronan, C. A. (2005). *Bilim tarihi*. (E. İhsanoğlu, & F. Günergun, Çev.) Ankara: Tübitak Yayınları.

Sayılı, A. (2014). İbn Sina and Buridan on the dynamics of projectile motion. İçinde A. Sayılı (Ed.), *İbn Sina: Doğumunun bininci yılı armağanı* (2. baskı, ss. 181–203). Ankara: Türk Tarih Kurumu.

Serway, R. A., & Beichner, R. J. (1996). *Fen ve mühendislik için fizik*. (K. Çolakoğlu, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.

Serway, R. A., & Vuille, C. (2021). *College physics*. Boston: Cengage.

Sezgin, F. (2012). *İslam uygarlığında mimari, geometri, fizik, kimya, tıp*. İstanbul: Boyut Yayın Grubu.

Sinanoğlu, O. (1978). *Fiziksel kimya terimleri sözlüğü*. Ankara: Türk Dil Kurumu.

Somer, G., & Yaşar, A. (2009). *Kimya terimleri sözlüğü*. Ankara: Türk Dil Kurumu.

Tahir, K. (2008). *Göl insanları*. İstanbul: İthaki Yayınları.

TDK (2023). *Türkçe sözlük*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

TDK (2023). *Yazım kılavuzu*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

TDV (1988-2016). *Türkiye Diyanet Vakfı İslam ansiklopedisi*. Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.

Topdemir, H. G. (2010). *İbn Sînâ ve yeni mekaniğin doğuşu.* Bilim ve Teknik, 512, 88-91.

Tsokos, K. A. (2014). *Physics for the IB diploma*. Cambridge: Cambridge University Press.

TÜBA (2019). *Türkçe bilim terimleri sözlüğü*: *Mühendislik bilimleri*. Ankara: TÜBA Türkiye Bilimler Akademisi.

Walker, J. S. (2010). *Physics.* San Francisco: Pearson Addison-Wesley.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2010). *Sears ve Zemansky'nin üniversite fiziği*. (H. Ünlü, A. T. Giz, M. Ö. Hortaçsu, Ö. Özer, N. Postacıoğlu, & M. H. Yükselici, Çev.) İstanbul: Pearson Yayıncılık.

Kaynakça APA 6'ya göre düzenlenmiştir.

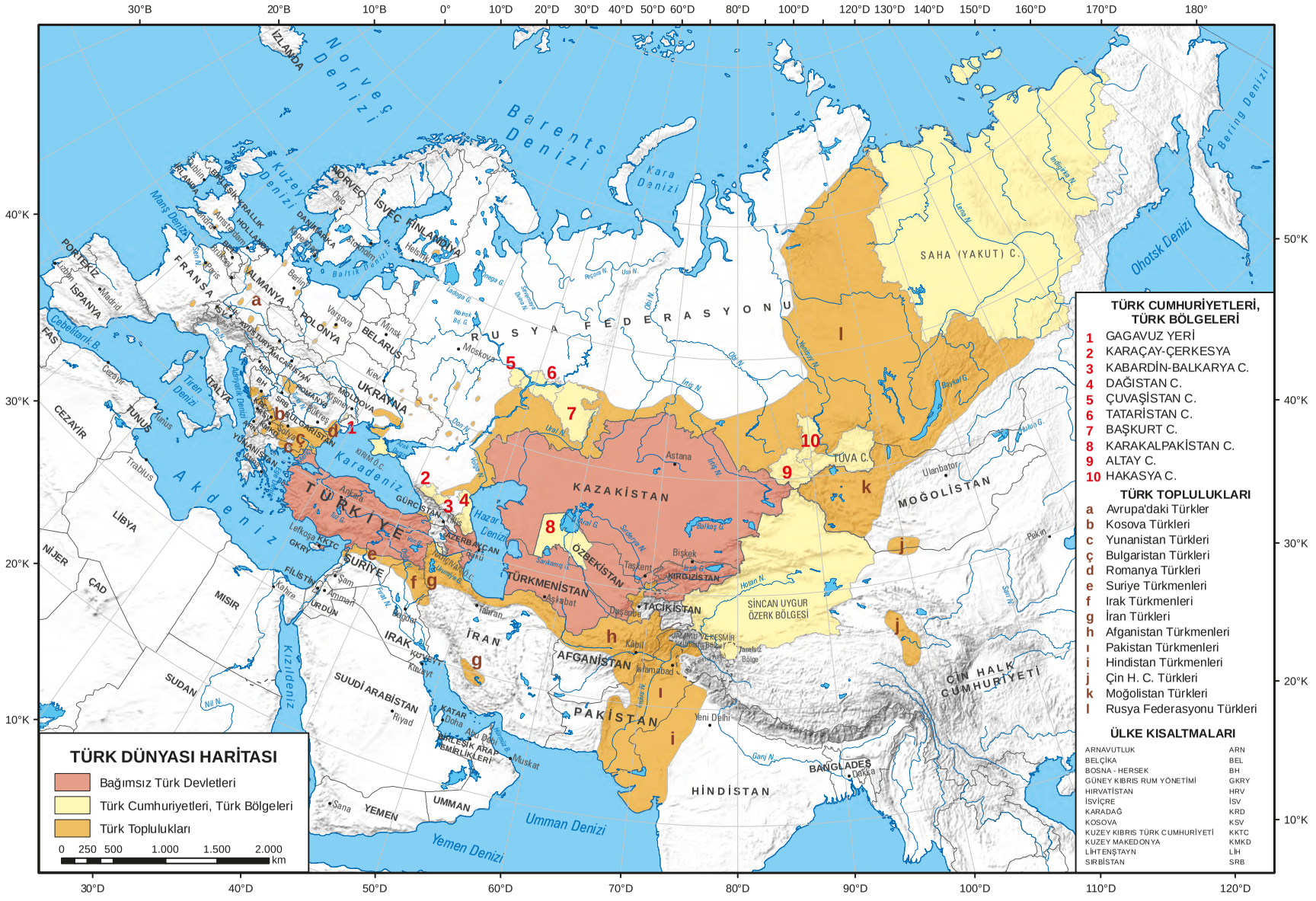
CEVAP ANAHTARI

Karekoddan yararlanarak cevap anahtarına ulaşabilirsiniz.

GÖRSEL, GENEL AĞ VE E-İÇERİK KAYNAKÇASI

Karekoddan yararlanarak görsel, genel ağ ve e-içerik kaynakçasına ulaşabilirsiniz.


25°D
30°D
35°D
40°D
45°D
50°D
40°K
35°K
ROMANYA
Bükreş
Tuna N.
UKRAYNA
RUSYA FEDERASYONU
HAZAR DENİZİ
Sofya
BULGARİSTAN
K A R A D E N İ Z
GÜRCİSTAN
Tiflis
Edirne
Kırklareli
Sinop
Bartın
Zonguldak
Kastamonu
AGARA Ö.C.
Artvin
Kura N.
Ardahan
ERMENİSTAN
AZERBAYCAN
YUNANİSTAN
Tekirdağ
İstanbul
Meriç N.
MARMARA DENİZİ
Kocaeli
Düzce
Karabük
Samsun
Ordu
Giresun
Trabzon
Rize
Gökçeada
Yalova
Sakarya
Bolu
Çankırı
Kızılırmak N.
Amasya
Çorum
Tokat
Yeşilırmak N.
Gümüşhane
Bayburt
Çoruh N.
Kars
Erivan
Çanakkale
Bozcaada
Bursa
Bilecik
Sakarya N.
Ankara
Balıkesir
Eskişehir
Kırıkkale
Yozgat
Kızılırmak N.
Erzincan
Erzurum
Ağrı
Iğdır
Aras N.
NAHÇIVAN Ö.C. (AZERBAYCAN)
Aras N.
EGE DENİZİ
Gediz N.
Kütahya
Sivas
Fırat N.
Tunceli
Bingöl
Muş
Manisa
Afyonkarahisar
Tuz Gölü
Kırşehir
Van Gölü
Van
Atina
Uşak
İzmir
Kayseri
Elâzığ
Bitlis
Nevşehir
Malatya
Küçük Menderes N.
Aydın
Büyük Menderes N.
Aksaray
Konya
Diyarbakır
Siirt
Urumiye Gölü
Batman
Hakkâri
Denizli
Isparta
Burdur
Niğde
Adıyaman
Kahramanmaraş
Ceyhan N.
Dicle N.
Şırnak
Mardin
İ R A N
Muğla
Karaman
Osmaniye
Gaziantep
Şanlıurfa
Antalya
Adana
Mersin
Kilis
Göksu N.
Seyhan N.
Dicle N.
Fırat N.
Hatay
Asi N.
S U R İ Y E
I R A K
KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ
Erenköy
Lefkoşa
GÜNEY KIBRIS RUM YÖNETİMİ
LÜBNAN
Beyrut
Bağdat
Şam
A K D E N İ Z
L İ B Y A
Tel Aviv
FİLİSTİN Batı Şeria
FİLİSTİN Gazze Şeridi
Doğu Kudüs
İSRAİL
M I S I R
Nil N.
Süveyş K.
TÜRKİYE'NİN MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ İLE KARA VE DENİZ KOMŞULARI HARİTASI
BAŞKENT
Ankara
İL MERKEZİ
Elâzığ
GÖL
ÜLKE SINIRI
ÖZERK BÖLGE SINIRI
AKARSU
0 50 100 200 300 400
km
Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilmiştir.


TÜRK DÜNYASI HARİTASI
Bağımsız Türk Devletleri
Türk Cumhuriyetleri, Türk Bölgeleri
Türk Toplulukları
0 250 500 1.000 1.500 2.000 km
TÜRK CUMHURİYETLERİ, TÜRK BÖLGELERİ
1 GAGAVUZ YERİ
2 KARAÇAY-ÇERKESYA
3 KABARDİN-BALKARYA C.
4 DAĞISTAN C.
5 ÇUVAŞİSTAN C.
6 TATARİSTAN C.
7 BAŞKURT C.
8 KARAKALPAKİSTAN C.
9 ALTAY C.
10 HAKASYA C.
TÜRK TOPLULUKLARI
a Avrupa'daki Türkler
b Kosova Türkleri
c Yunanistan Türkleri
ç Bulgaristan Türkleri
d Romanya Türkleri
e Suriye Türkmenleri
f Irak Türkmenleri
g İran Türkleri
h Afganistan Türkmenleri
ı Pakistan Türkmenleri
i Hindistan Türkmenleri
j Çin H. C. Türkleri
k Moğolistan Türkleri
l Rusya Federasyonu Türkleri
ÜLKE KISALTMALARI
ARNAVUTLUK ARN
BELÇİKA BEL
BOSNA - HERSEK BH
GÜNEY KIBRIS RUM YÖNETİMİ GKRY
HIRVATİSTAN HRV
İSVİÇRE İSV
KARADAĞ KRD
KOSOVA KSV
KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ KKTC
KUZEY MAKEDONYA KMKD
LİHTENŞTAYN LİH
SIRBİSTAN SRB
TÜRKİYE
KAZAKİSTAN
RUSYA FEDERASYONU
ÖZBEKİSTAN
TÜRKMENİSTAN
KIRGIZİSTAN
TACİKİSTAN
AFGANİSTAN
İRAN
IRAK
SURİYE
PAKİSTAN
HİNDİSTAN
MOĞOLİSTAN
ÇİN HALK CUMHURİYETİ
SAHA (YAKUT) C.
TUVA C.
SİNCAN UYGUR ÖZERK BÖLGESİ
UKRAYNA
BELARUS
POLONYA
ALMANYA
FRANSA
İSPANYA
İTALYA
İSVEÇ
NORVEÇ
FİNLANDİYA
İZLANDA
CEZAYİR
LİBYA
MISIR
SUDAN
SUUDİ ARABİSTAN
YEMEN
UMMAN
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ
KATAR
BANGLADEŞ
Norveç Denizi
Barents Denizi
Kara Denizi
Ohotsk Denizi
Bering Denizi
Akdeniz
Karadeniz
Hazar Denizi
Kızıldeniz
Umman Denizi
Yemen Denizi
Moskova
Astana
Taşkent
Bişkek
Aşkabat
Kabil
İslamabad
Yeni Delhi
Tahran
Bağdat
Ankara
Trablus
Tunus
Cezayir
Fas
Riyad
Doha
Muskat
Sana
Dakka
30°B 20°B 10°B 0° 10°D 20°D 30°D 40°D 50°D 60°D 80°D 100°D 120°D 130°D 140°D 150°D 160°D 170°D 180°
40°K 30°K 20°K 10°K
30°D 40°D 50°D 60°D 70°D 80°D 90°D 100°D 110°D 120°D