T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
AÇIK ÖĞRETİM DAİRE BAŞKANLIĞI

FİZİK 4

YAZAR

Sedef AKIN

ANKARA - 2023

MEB HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ YAYINLARI
AÇIK ÖĞRETİM OKULLARI

Dil Uzmanı
Bülent Kenan ERKAN

Görsel Tasarım
Fatih SAĞLAM

Grafik Tasarım
Zeynep Azra KESMEN

Copyright © MEB
Her hakkı saklıdır. Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Tümü ya da bölümleri izin alınmadan hiçbir şekilde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.

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 hürriyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

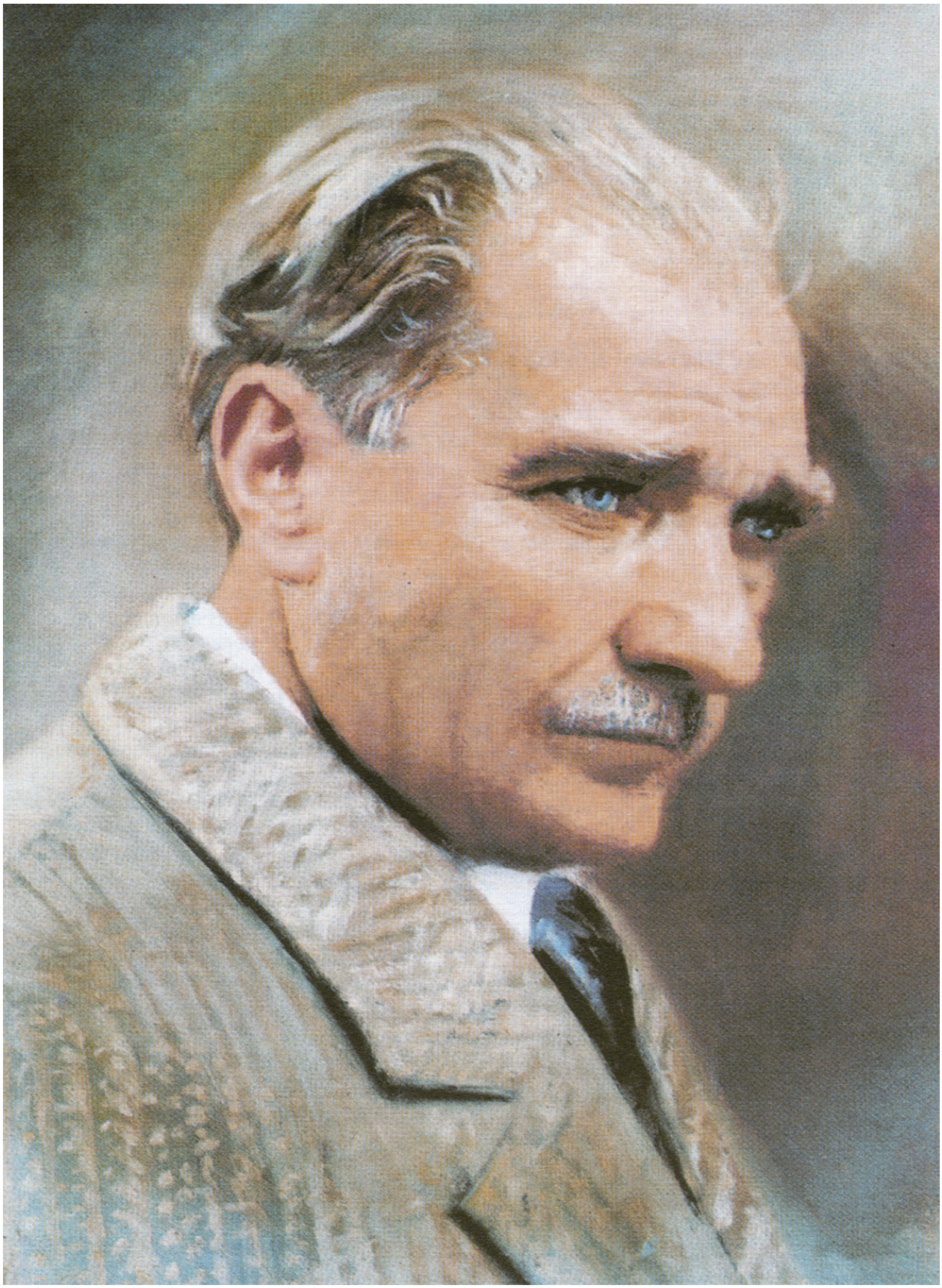
GENÇLİĞE HİTABE

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

İÇİNDEKİLER

I. ÜNİTE: DALGALAR

1. BÖLÜM: DALGALAR 12
1.1.1. Dalga Hareketi ve Dalga Hareketinin Temel Kavramları 13
1.1.2. Dalgaların Sınıflandırılması 19
2. BÖLÜM: YAY DALGASI 22
1.2.1. Atma ve Periyodik Dalga 23
1.2.2. Yaylarda Atmanın Yansıması ve İletilmesi 27
3. BÖLÜM: SU DALGASI 38
1.3.1. Su Dalgası 39
1.3.2. Su Dalgalarının Yansıma Hareketi 43
1.3.3. Ortam Derinliği ile Su Dalgalarının Yayılma Hızı İlişkisi 50
1.3.4. Doğrusal Su Dalgalarının Kırılma Hareketi 54
4. BÖLÜM: SES DALGASI 58
1.4.1. Ses Dalgaları İle İlgili Temel Kavramlar 59
1.4.2. Ses Dalgalarının Kullanım Alanları 67
5. BÖLÜM: DEPREM DALGASI 70
1.5.1. Deprem Dalgası Nedir? 71
1.5.2. Deprem Kaynaklı Can ve Mal Kayıpları Nasıl Önlenir? 76

I. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 86

II. ÜNİTE: OPTİK

1. BÖLÜM: AYDINLAMA 94
2.1.1. Işığın Davranış Modelleri 95
2.1.2. Işık Şiddeti, Işık Akısı ve Aydınlanma Şiddeti 96
2. BÖLÜM: GÖLGE 100
2.2.1. Saydam, Yarı Saydam ve Saydam Olmayan Maddelerin Işık Geçirme Özellikleri 101
2.2.2. Gölge Olayı 101
3. BÖLÜM YANSIMA 106
2.3.1. Işığın Yansıması 107
4. BÖLÜM: DÜZLEM AYNA 110
2.4.1. Düzlem Aynada Görüntü Oluşumu 111
5. BÖLÜM: KÜRESEL AYNALAR 116
2.5.1. Küresel Aynalarda Odak Noktası, Merkez, Tepe Noktası ve Asal Eksen Kavramları 117
2.5.2. Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu 124
6. BÖLÜM: KIRILMA 132
2.6.1. Işığın Kırılması 133
2.6.2. Tam Yansıma Olayı ve Sınır Açısı 139
2.6.3. Görünür Uzaklık 142
7. BÖLÜM: MERCEKLER 146
2.7.1. Merceklerin Çeşitleri ve Özellikleri 147
2.7.2. Merceklerin Oluşturduğu Görüntünün Özellikleri 153
8. BÖLÜM: PRİZMALAR 160
2.8.1. Işık Prizmalarının Özellikleri 161
2.9.1. Cisimlerin Renkli Görünmesinin Nedeni Nedir? 167

II. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 182

SÖZLÜK **188**
KAYNAKÇA **191**
CEVAP ANAHTARI **192**

1. Ünite
DALGALAR

1. BÖLÜM
DALGALAR

Anahtar Kavramlar

- Dalga
- Titreşim
- Dalga hareketi
- Dalga boyu
- Periyot
- Frekans
- Hız
- Genlik

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Titreşim, dalga hareketi, dalga boyu, periyot, frekans, hız ve genlik kavramlarını,
2. Dalgaları taşıdığı enerjiye ve titreşim doğrultusuna göre sınıflandırmasını

öğrenmiş olacaksınız.

1.1.1. Dalga Hareketi ve Dalga Hareketinin Temel Kavramları

Çevremizde gördüğümüz her şey hareketlidir. Çevremizde gözlemlediğimiz cisimlerin bazıları bir doğrultu üzerinde tek bir yönde yer değiştirirken bazıları da bir doğrultu üzerinde gidip gelir. Örneğin; bir kuşun uçabilmesi için kanadını sürekli aşağı yukarı çırpması gerekir. Kuş havada kaldığı sürece kanadının yaptığı hareket sürekli tekrarlanan bir harekettir. Özellikle yaz mevsiminde sivrisineğin bizi rahatsız eden vızıltı sesi, onun saniyede 500 kez kanat çırpması nedeniyle oluşur (Resim 1.1). Sivrisineğin kanadı, hemen yakınındaki hava taneciklerini titreştirerek kanat çırpma sesinin vızıltı olarak duymamıza neden olur. Bir müzik aletinden çıkan ses de buna benzer (Resim 1.2). Örneğin; bir sazın teline vurulduğunda tel titreşerek gidip gelir. Bu gidip gelme sırasında tel, çevresindeki hava taneciklerini titreştirerek sazın sesini duymamızı sağlar.

Resim 1.1. *Kanat çırpan sivrisinek*

Resim 1.2. *Saz çalmak*

Yukarıda tanımlanan olaylar dalga hareketi olarak ifade edilmektedir. Bir hareketlinin, ileri geri ya da bir yandan diğer yana düzenli olarak tekrarlanan yer değiştirmesine **dalga hareketi** adı verilir. Dalga hareketi, enerjinin bir şeklinin bir ortamda nasıl ilerlediğini gösterir. Durgun bir su birikintisine bir taş attığımızda, taşın suya düştüğü noktadan dışarıya doğru daireler şeklinde bir hareketin yayıldığını görürüz. Bu hareket bir dalga hareketidir.

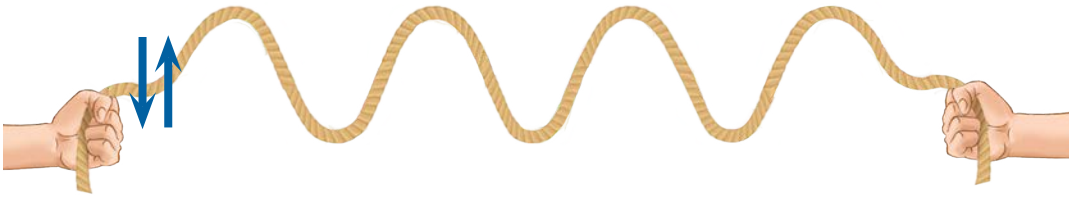
Resim 1.3. *Buğday tarlası*

Yine benzer şekilde, rüzgârlı havada bayrak direğindeki bir bayrağın hareketi veya rüzgârlı bir havada bir buğday tarlasındaki hareket de bir dalga hareketidir (Resim 1.3).

Dalga hareketini daha iyi anlayabilmek için dalga hareketi ile ilgili bazı temel kavramları bilmemiz gerekir. Şimdi sırasıyla bu temel kavramları inceleyelim:

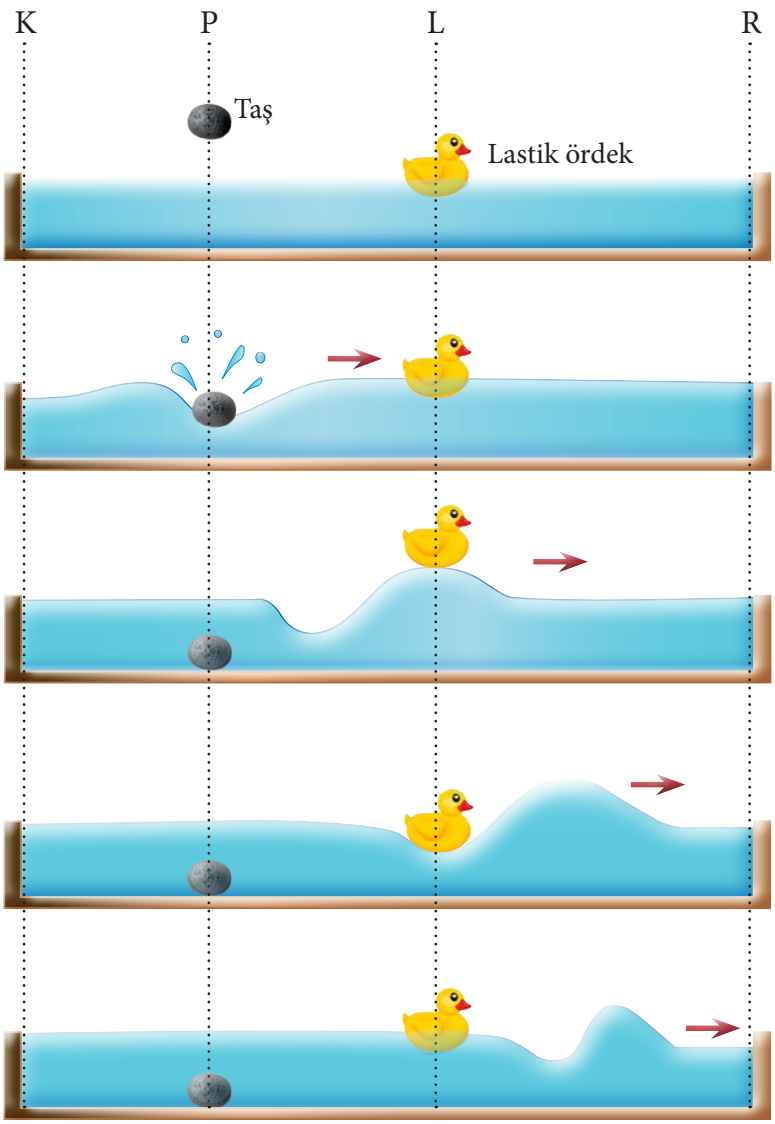
Titreşim ve dalga hareketi

Konumuza başlarken verilen örnekleri göz önüne aldığımızda titreşim hareketini, bir cismin denge konumu etrafında yaptığı düzenli salınımlar olarak tanımlayabiliriz. Ayrıca esnek bir ortamda meydana getirilen bir etki ile oluşan şekil değişikliği de bir titreşim ve sarsıntı oluşturabilir. Esnek bir ortamda enerjinin taşınmasını sağlayan titreşim ve sarsıntıya **dalga** denir. Dalga hareketi hava ortamında oluşturuluyorsa esnek ortam hava, su yüzeyinde oluşturuluyorsa esnek ortam sudur. Eğer dalga hareketi sarmal bir yay üzerinde oluşturuluyorsa sarmal yay esnek ortamdır. Örneğin Şekil 1.1'deki gibi bir ipi ele alalım. İpi bir ucundan titreştirdiğimizde diğer taraftaki kişi bunu algılar. Yani esnek bir ortam olan ipte enerji, tepe ve çukur şeklinde meydana gelen şekil değişikliği ile aktarılır.



Şekil 1.1. *İp üzerinde meydana gelen dalga hareketi*

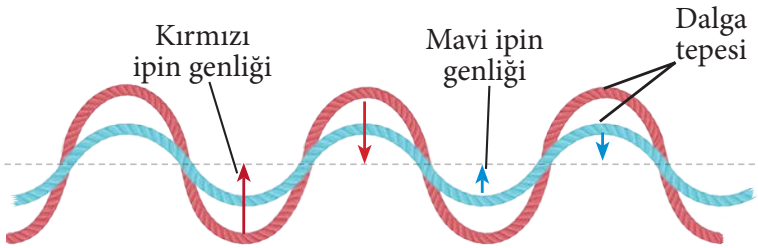
Dalga hareketinde aktarılan yalnız enerjidir. Madde aktarımı ya da ortamın ilerlemesi söz konusu olamaz. Bu nedenle Şekil 1.2'deki gibi içinde su bulunan kaba atılan taşın, durgun su yüzeyinde oluşturduğu dalga hareketinde oyuncak ördek ilerlemez, olduğu yerde yukarı aşağı hareket eder.



Şekil 1. 2. *Durgun su yüzeyinde oluşan dalga hareketinde ortam ilerlemez.*

Genlik

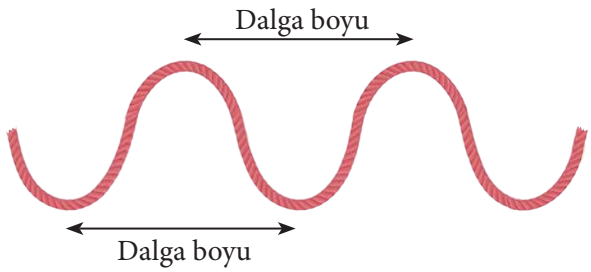
Dalgaların taşıdığı enerjinin büyüklüğünü gösteren özelliği genliğidir. Bir dalganın genliği ne kadar büyükse taşıdığı enerji de o kadar büyüktür. **Genlik** bir dalga tepesinin denge konumuna olan uzaklığı olarak ifade edilir. Örneğin; Şekil 1.3'te mavi ve kırmızı iplerde meydana gelen dalgaların genlikleri farklıdır. Kırmızı ipteki bir dalga tepesinin denge konumuna olan uzaklığı, mavi iptekine göre daha fazladır. Buna göre kırmızı ipteki dalganın genliği, dolayısıyla enerjisi daha fazladır.



Şekil 1.3. *İp üzerindeki dalganın genliği*

Dalga Boyu

Bir dalga üzerindeki aynı özelliğe sahip iki nokta arasındaki uzaklığa **dalga boyu** denir. Şekil 1.4'te görüldüğü gibi dalga üzerinde iki ardışık nokta arasındaki uzunluk bir tam dalga boyu olarak adlandırılır. Dalga boyu, Yunan alfabesindeki **λ** sembolü ile gösterilir.



Şekil 1.4. *Dalga boyu*

Periyot

Dalga üzerindeki herhangi bir noktanın tam bir titreşim yapması için geçen süreye **periyot** denir. Birimi SI birim sisteminde saniye (s)'dir ve **T** sembolü ile gösterilir. Bir dalga kaynağının belirli aralıklarla titreşmesi sonucu

esnek ortamda yayılan dalgalara **periyodik dalgalar** denir. Periyot, periyodik dalgalar üreten bir dalga kaynağından bir tam dalga oluşması için geçen süre olarak da tanımlanır.

Frekans

Bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısına **frekans** denir. Frekans **f** sembolü ile gösterilir. SI birim sisteminde birimi s^{-1}dir ve bu birim **Hertz** (**Hz**) olarak da adlandırılır. Frekans periyodik dalgalar üreten bir dalga kaynağının bir saniyede oluşturduğu dalga sayısı olarak da tanımlanır.

Yapılan deneylerde periyot ve frekans kavramları arasında T. f = 1 ilişkisi olduğunu göstermiştir yani bir periyodik dalga üreten bir kaynak saniyede 4 dalga üretiyorsa frekansı $4s^{-1}$, periyodu ise 1/4 saniyedir. Buna göre periyot ve frekans;

T. f = 1 eşitliğinden T= 1/f ve f =1/T olarak elde edilir.

Dalganın İlerleme Hızı

Dalganın birim zamandaki yer değiştirmesine **ilerleme hızı** denir ve **v** sembolü ile gösterilir. SI birim sisteminde birimi m/s'dir.

Dalganın yayılma hızı, **yol = ilerleme hızı x zaman** bağıntısında yol yerine dalga boyu (λ), ilerleme hızı yerine (v) ve zaman yerine periyot (T) yazılırsa;

$$\lambda = v \cdot T$$

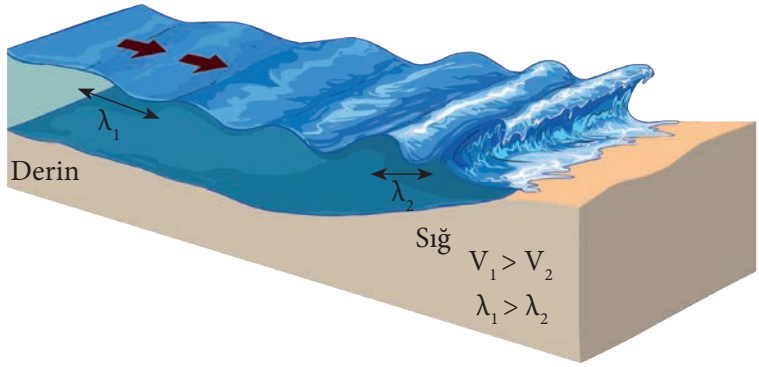
eşitliği elde edilir. Buradan ilerleme hızı $v = \lambda / T$ olarak yazılır. Kaynağın frekansı f =1/T olduğundan ilerleme hızı frekansa bağlı olarak;

$$v = \lambda \cdot f$$

şeklinde yazılır.

Bir dalganın ilerleme hızı, dalganın ilerlediği esnek ortamın fiziksel özellikleri değişmiyorsa sabittir. Ortam değişirse dalganın ilerleme hızı da değişecektir. Derinlik, esneklik, öz kütle, basınç, sıcaklık, yer çekim alan şiddetinin büyüklüğü gibi nicelikler, ortamın fiziksel özelliklerinden bazılarıdır. Örneğin; hafif bir yayda oluşturulan dalga hareketinin ilerleme hızı, kalın bir yaydaki dalga hareketinin ilerleme hızından büyüktür.

Ortama göre ilerleme hızının değişmesine ikinci bir örnek olarak su yüzeyinde ilerleyen dalga hareketini verebiliriz (Şekil 1.5). Şekilde bir su birikintisinin bir kesiti verilmiştir. Su yüzeyinde derin kısımdan sığ kısma doğru ilerleyen dalgaların sıkışmış olarak görülmesi dalga boyunun azaldığını gösterir. $v = \lambda . f$ bağıntısına göre ilerleme hızı dalga boyu ile doğru orantılı olduğundan azalacaktır. Yani su dalgaları derin kısımda; sığ kısma göre daha hızlı yayılır.



Şekil 1.5. *Derin ortamdan sığ ortama ilerleyen dalgaların hız ve dalga boyundaki değişimi*

Dalganın esnek ortamda ilerleme hızı ortama bağlıdır, dalga kaynağına bağlı değildir. Dalganın frekansı ise sadece kaynağa bağlıdır; çünkü frekans dalga kaynağının bir saniyede ürettiği dalga sayısıdır ve ortamın fiziksel özelliklerinden etkilenmez.

Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak periyot, frekans, hız ve genlik kavramları arasındaki ilişkiyi inceleyiniz.

https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_tr.html

1. UYGULAMA

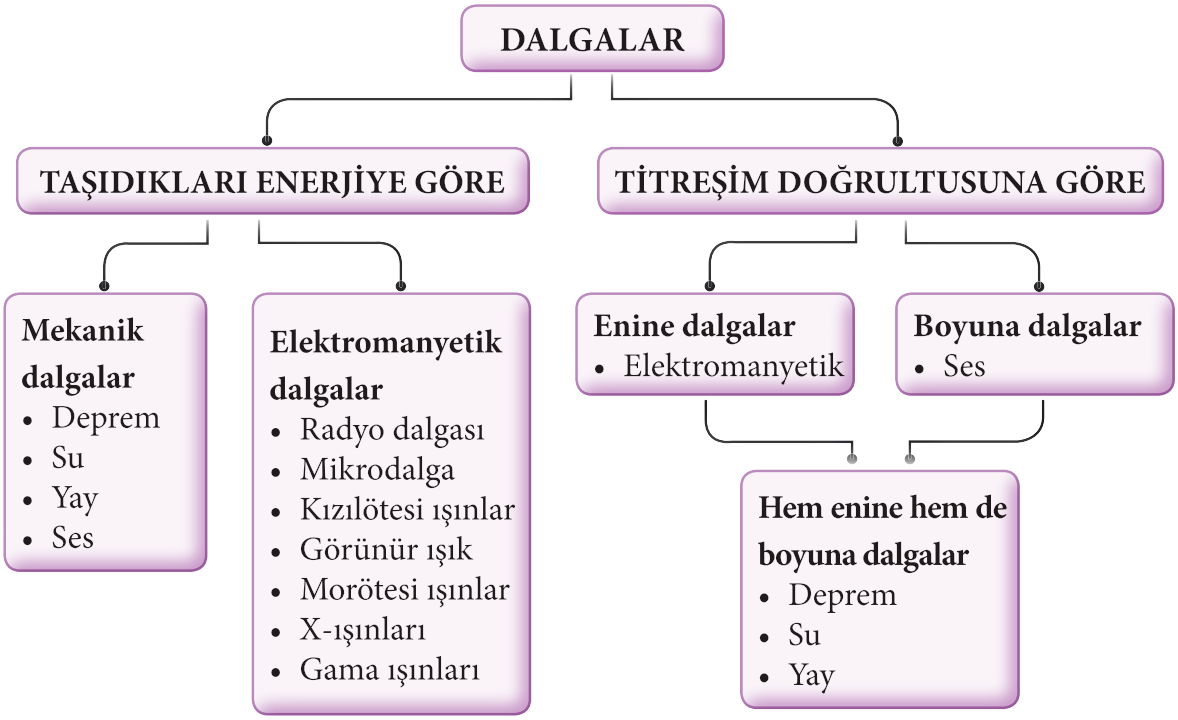
1. Dalga hareketi nedir?

2. Dalganın ilerleme hızını etkileyen nicelikler nelerdir?

3. Aynı ortamda ilerleyen 2λ ve 4λ dalga boylu dalgaların ilerleme hızı arasındaki ilişki nasıldır?

1.1.2. Dalgaların Sınıflandırılması

Dalgalar, taşıdıkları enerji ve titreşim doğrultularına göre sınıflandırılarak incelenir. Bu sınıflandırma ve bu sınıflandırmaya ait dalgalar aşağıdaki şemada verilmiştir:



Yukarıdaki şemada verilen sınıflandırmaya göre dalgaların özelliklerini sırasıyla inceleyelim:

1. Taşıdıkları enerjiye göre dalgalar

Taşıdığı enerjiye göre dalgalar ikiye ayrılır: Mekanik dalgalar ve elektromanyetik dalgalar.

a) Mekanik dalgalar

Ses, su, yay ve deprem dalgalarını oluşturan dalga kaynağı, dalgayı oluşturmak için iş yapar. Yapılan bu iş, oluşan dalgalara enerji olarak aktarılır. Dalganın yayıldığı ortamdaki moleküller bu enerjiyi birbirine aktararak dalga, dolayısıyla enerji yayılmış olur. Bu tür dalgaların ilerlemesi için ortam gereklidir. Örneğin; su dalgalarının ilerlemesi için su veya başka bir sıvıya, ses dalgalarının ilerlemesi için hava, su, demir gibi bir ortama ihtiyaç vardır. Ses dalgaları

ortam olmazsa ilerleyemediği için Güneşte meydana gelen patlamaların sesi Dünyaya ulaşmaz.

b) Elektromanyetik Dalgalar

Elektromanyetik dalgalar değişen elektrik ve manyetik alanlar sonucu oluşur. Bu alanların birlikte elektromanyetik dalgayı oluşturabilmesi için şiddetlerindeki azalma ve artma düzenli olarak birbirini takip etmelidir.

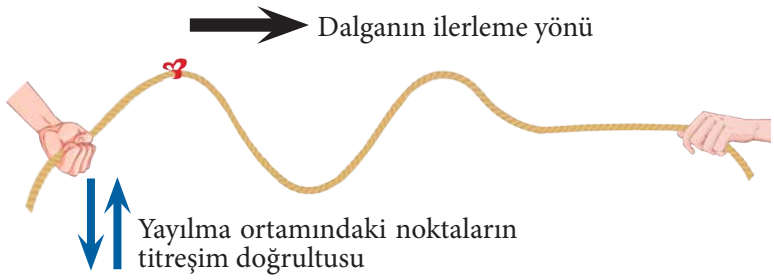
İletken bir telden geçen akım, belirli aralıklarla değiştirilirse telde elektromanyetik ışıma meydana gelir. Bu ışımanın nedeni teldeki yüklü parçacıkların ivmeli hareketidir. Yüklü parçacıkların hareketleri boyunca yaydıkları enerji elektromanyetik dalga olarak yayılır. Elektromanyetik dalgalar, ilerlemesi için ortama ihtiyaç duymayan dalgalardır. Radyo ve televizyon dalgaları, cep telefonu sinyalleri, röntgen ışınları Dünyamızı aydınlatan Güneşten gelen ışık dalgaları birer elektromanyetik dalgadır.

2. Titreşim doğrultusuna göre dalgalar

Titreşim doğrultusuna göre dalgalar, dalganın yayılma doğrultusu ile dalganın yayıldığı ortamı oluşturan taneciklerin titreşim doğrultusuna göre iki şekilde incelenir:

a) Enine dalgalar

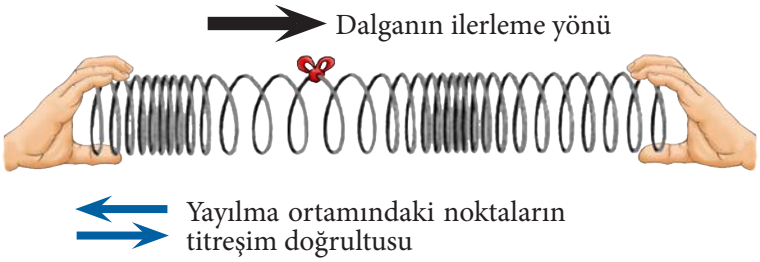
Dalganın yayılma doğrultusu ile dalganın titreşim doğrultusu birbirine dik olan dalgalardır. Şekil 1.6'da ip üzerinde oluşturulan enine dalga gösterilmiştir. Bu dalga sınıfına örnek olarak elektromanyetik dalgaları verebiliriz. Elektromanyetik dalgalar sadece enine dalgalar şeklinde yayılır.



Şekil 1.6. *İp üzerinde yayılan enine dalga*

b) Boyuna dalgalar

Dalganın yayılma doğrultusu ile dalganın titreşim doğrultusu aynı olan dalgalardır. Şekil 1.7'de sarmal bir yay üzerinde oluşturulan boyuna dalga gösterilmiştir. Şekildeki gibi yayın ucunun aniden itilip çekilmesi ile boyuna dalga elde edilir. Yayda sıkışıp gevşeme hareketi şeklinde hareket elde edilir. Bu dalga sınıfına örnek olarak ses dalgalarını verebiliriz. Ses dalgaları sadece boyuna dalgalar olarak yayılır.



Şekil 1.7. *Sarmal yayda ilerleyen boyuna dalga*

c) Hem enine hem boyuna dalgalar

Yayılma ortamında hem enine hem de boyuna yayılabilen dalgalardır. Örneğin; deprem, su ve yay dalgaları yayılma doğrultusuna paralel ve dik doğrultuda titreşerek yayılabilir.

2. UYGULAMA

1. Taşıdığı enerjiye göre dalga çeşitlerine günlük yaşamdan örnekler veriniz.

2. Titreşim doğrultusuna göre dalga çeşitlerine günlük yaşamdan örnekler veriniz.

2. BÖLÜM
YAY DALGASI

Anahtar Kavramlar

- Dalga
- Titreşim
- Dalga hareketi
- Dalga boyu
- Hız
- Genlik
- Atma
- Dalga tepesi
- Dalga çukuru

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Atma ve periyodik dalga arasındaki farkı,
2. Yaylarda atmanın yansımasını ve iletilmesini

öğrenmiş olacaksınız.

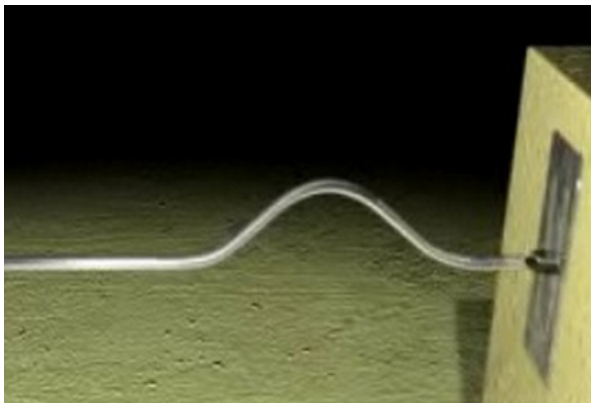
Dalga hareketinin, bir dalga kaynağının esnek bir ortamı titreştirerek oluştuğunu biliyoruz. Katı maddelerin esneklik özelliğinden yararlanarak yapılan sarmal yaylar, dalga hareketinin gözlemlendiği ortamlardan biridir. Gergin bir sarmal yayı çekip bırakarak yay üzerinde dalga hareketi meydana getirilebiliriz.

Yay dalgası adı verilen bu dalga hareketinin özellikleri nelerdir? Yay dalgası bir engelle karşılaştığında ve farklı bir ortama geçtiğinde nasıl davranır? Zıt yönde ilerleyen iki dalganın karşılaşması durumunda meydana gelebilecek durumlar nelerdir? Bu sorulara cevap verebilmek için atma kavramını tanımlamamız gerekir.

1.2.1. Atma ve Periyodik Dalga

Atma ve atmanın oluşumu

Bir dalga kaynağının esnek bir ortamda oluşturduğu kısa süreli tek bir dalgaya **atma** denir. Resim 1.4'te görülen sarmal yayda oluşturulmuş sarsıntı ve Resim 1.5'te durgun su yüzeyine atılan bir taşın oluşturduğu dairesel dalgaların her biri bir atmadır.

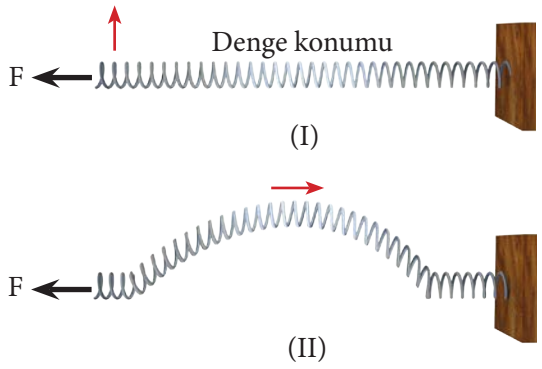


Resim 1.4. *Sarmal yayda ilerleyen atma*

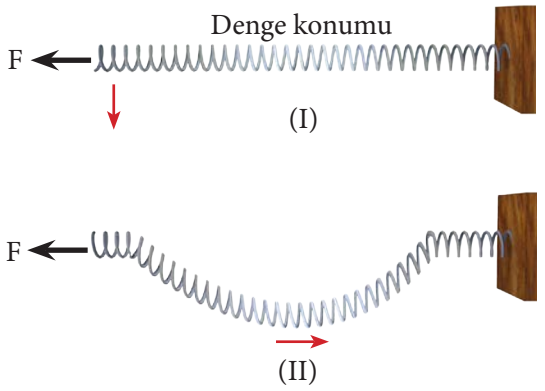
Resim 1.5. *Su yüzeyindeki dairesel dalgalar*

Atma temel bir fizik kavramı değildir. Sadece dalgaların özelliklerini ve farklı ortamlarla karşılaştıklarında davranışlarını daha iyi incelemek için dalgalardan bir tanesinin anlık görünümüne verilen isimdir. Şekil 1.8'deki gibi sarmal bir yay büyüklüğü F olan bir kuvvetle çekilip gergin

hâle getirilerek I. durumda bulunması yayın denge konumunda hareketsiz kalması olarak ifade edilir. Yay yukarı doğru bir kez çekilip bırakılarak II. durumdaki gibi üzerinde bir atma oluşturulur. Bu atmaya **baş yukarı atma** adı verilir. Eğer yay Şekil 1.9'daki I. durumda denge konumunda bulunurken aşağı doğru bir kez çekilip bırakılırsa II. durumdaki üzerinde bir atma oluşur. Bu atmaya **baş aşağı atma** adı verilir.



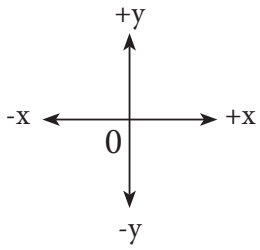
Şekil 1.8. *Sarmal yayda baş yukarı atma*



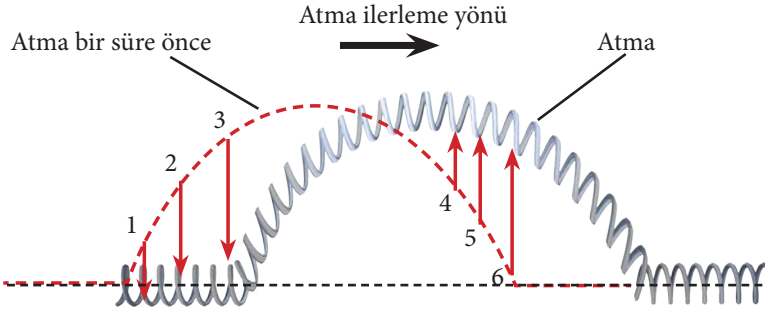
Şekil 1.9. *Sarmal yayda baş aşağı atma*

Peki, sarmal bir yay üzerinde atma nasıl ilerler?

Bu soruyu sarmal yay üzerinde enine dalga hareketinin anlık bir görünümü üzerinde cevaplayalım. Şekil 1.10'da sarmal yay üzerinde +x yönünde hareket eden bir atma oluşturulmuştur.



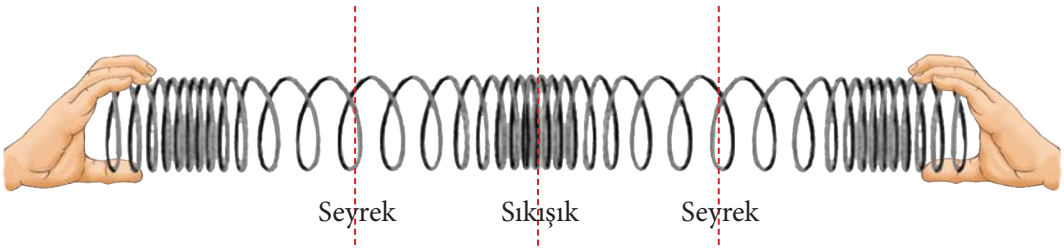
Şekil 1.10. *Enine dalga*



Atma hareket ederken yayı oluşturan halkalardan önce 4, 5 ve 6 noktalarında bulunanlar +y yönünde denge konumundan uzaklaşacak şekilde hareket eder. Sarmal yayın 1, 2 ve 3 noktalarında bulunan halkalar ise bu sırada denge

konumuna dönmeye çalışırken –y yönünde hareket eder. Halkaların bu şekildeki hareketi atmanın +x yönünde hareket etmesini sağlar. Atma ilerlerken yayı oluşturan halkalar sadece +y ve –y yönünde hareket eder, atmanın ilerleme yönünde hareket etmez. Halkalar sadece hareket yönüne dik doğrultuda hareket ederler.

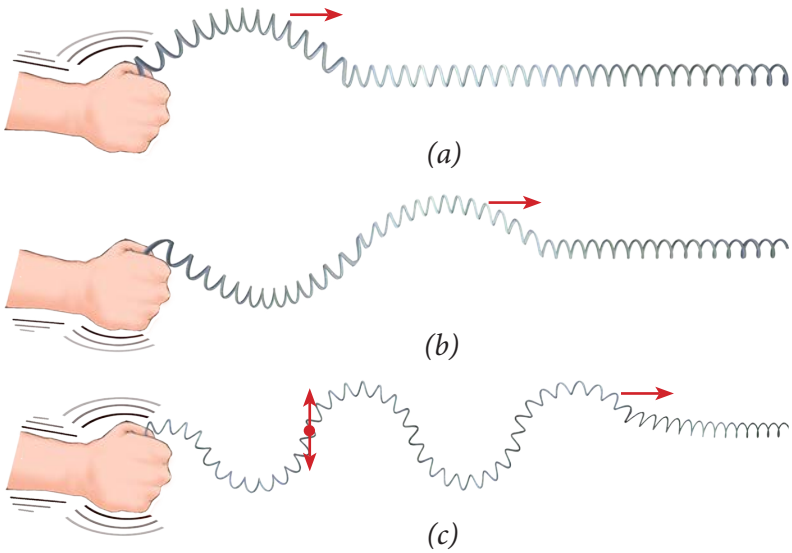
Sarmal yayda oluşturulan boyuna dalgalarda ise Şekil 1.11'de görüldüğü gibi yayın halkalarının sıkışıp gevşemesi ile atma yay üzerinde ilerler.



Şekil 1.11. *Sarmal yayda boyuna dalgada atmanın ilerlemesi*

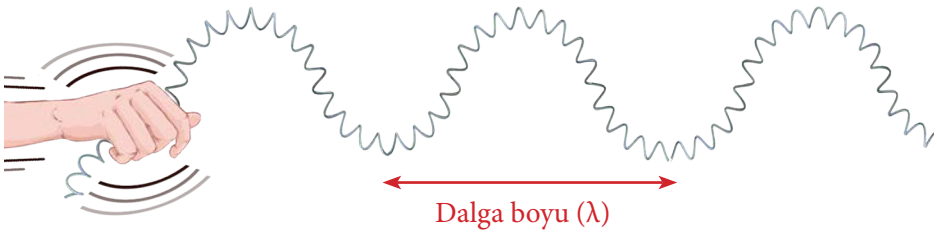
Periyodik dalgalar

Sarmal yay üzerinde atma oluşturmak için yayın ucunu bir kez aşağı ya da yukarı çekmek yeterlidir. Eğer yayın ucu düzenli aralıklarla aşağı yukarı hareket ettirilirse peş peşe dizilmiş ardışık atmalar elde edilir. Bu atmalara **periyodik atmalar**, periyodik atmaların yayılmasına da **periyodik dalgalar** adı verilir (Şekil 1.12. a.b.c).



Şekil 1.12. *a.b.c. Sarmal yayda enine periyodik dalga*

Periyodik dalgalarda bir atma, sadece baş yukarı ya da baş aşağı değildir. Periyodik dalgalarda atma; biri baş yukarı, diğeri baş aşağı olmak üzere iki ardışık atmanın birleşiminden oluşur. Buna göre; bir periyodik dalgadaki atmada ardışık iki nokta arasındaki uzaklık, bir dalga boyu kadardır (Şekil 1.13).



Şekil 1.13. *Periyodik dalgada bir atmanın iki ucu arasındaki uzaklık dalga boyu kadardır.*

Yukarıda verilen bilgilere göre esnek bir ortamda atmaların yayılması bir dalga hareketi oluşturur; ancak her dalga periyodik değildir. Periyodik dalga, belirli zaman aralıklarında oluşturulan ve özdeş olan atmaların esnek ortamda yayılması ile oluşur. Bu nedenle periyodik dalgalar periyot, frekans ve dalga boyu gibi niceliklere sahiptir. Tek yöndeki bir sarsıntının oluşturduğu atmanın yayılması ile oluşan dalga hareketinde ise periyot, frekans ve dalga boyu kavramlarından bahsedilemez.

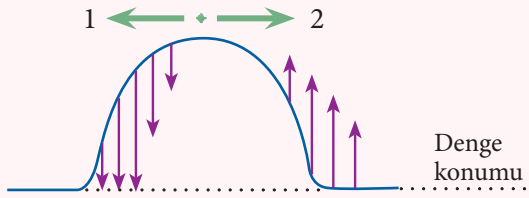
Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak atma ve periyodik dalgayı inceleyiniz.

https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_tr.html

3. UYGULAMA

1. **Sarmal bir yay üzerinde atma nasıl oluşturulur?**

2. Yandaki şekilde atmanın üzerindeki bazı noktaların titreşim yönleri verilmiştir. **Buna göre atmanın 1 veya 2 yönünden hangisinde ilerlediğini belirleyiniz.**



3. **Atma ve periyodik dalga arsındaki farkı açıklayınız.**

1.2.2. Yaylarda Atmanın Yansıması ve İletilmesi

Bir dalganın ilerleme hızının ortama bağlı bir özellik olduğunu ifade etmiştik.

Peki, esnek bir yay üzerinde oluşturulan atmanın ilerleme hızı nelere bağlıdır?

Yapılan deneylerde; esnek ve uzunlukları aynı yaylardan daha hafif olanda oluşturulan atmaların, yayılma hızının daha fazla olduğu görülmüştür. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre; yayda oluşturulan atmanın ilerleme hızı, yayı geren kuvvetin kareköküyle doğru, yayın birim uzunluk başına düşen kütlesinin kareköküyle ters orantılı olduğunu göstermiştir. Buna göre yayı geren kuvvet arttıkça yayılma hızı artar. Yayı geren kuvvet ve yayın uzunluğu değiştirilmeden kütlesi arttırılınca atmanın yayılma hızı azalır. Yine yayı geren kuvvet ve yayın uzunluğu sabit tutularak kütlesi azaltılınca atmanın yayılma hızı artar. Yapılan deneylerden elde edilen verilere göre esnek bir yay üzerinde oluşturulan atmanın ilerleme hızının;

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

eşitliği ile ifade edilebileceğini göstermiştir. Bu eşitlikte;

F: Yayı geren kuvvet

μ: Yayın birim uzunluk başına düşen kütlesidir.

Yayın kütlesi m ve yayın uzunluğu *l* ise yukarıda verilen hız bağıntısındaki μ yerine;

$$\mu = \frac{m}{l}$$

yazılabilir.

Örnek

Aşağıda bazı işlemler verilmiştir.

I. Esnek yay üzerinde frekansı büyük dalgalar oluşturmak,

II. yayı geren kuvvetin şiddetini arttırmak,

III. daha hafif bir yay kullanmak

Buna göre yukarıdaki işlemlerden hangileri yapılırsa yay üzerinde oluşturulan dalgaların yayılma hızı artar?

Çözüm

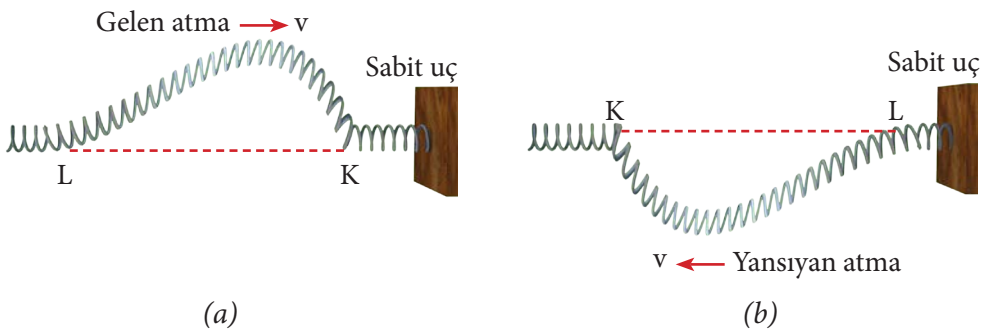
Frekans, kaynağa bağlı bir özelliktir ve kaynağın frekansının artması dalga boyunun küçülmesine neden olur. Hız ise ortama bağlı bir özelliktir; frekansın artması veya azalması dalganın ilerleme hızını değiştirmez. Bu nedenle I. ifade yanlıştır. Yayı geren kuvvetin şiddeti arttırıldığında yayda oluşan dalganın hızı artar. Bu nedenle II. ifade doğrudur. Daha hafif bir yay kullanılması dalganın hızını arttırır. III. ifade doğrudur.

Yayda oluşturulan atmanın yansıması

Esnek ve türdeş bir yayda oluşturulan bir atma, doğru boyunca yayılır. Atmalar yayılırken sabit ya da açık uçtan yansıyabilir. Yansıma olayında ortam değişmediği için atmanın hızı ve dalga boyu değişmez. Şimdi atmanın sabit ve serbest uçtan yansımasını inceleyelim:

a) Sabit uçtan yansıma

Yapılan deneyler gergin bir yay üzerinde baş yukarı gönderilen bir atma, sabit uçtan yansıdıktan sonra Şekil 1.14'teki gibi baş aşağı döndüğünü göstermiştir.

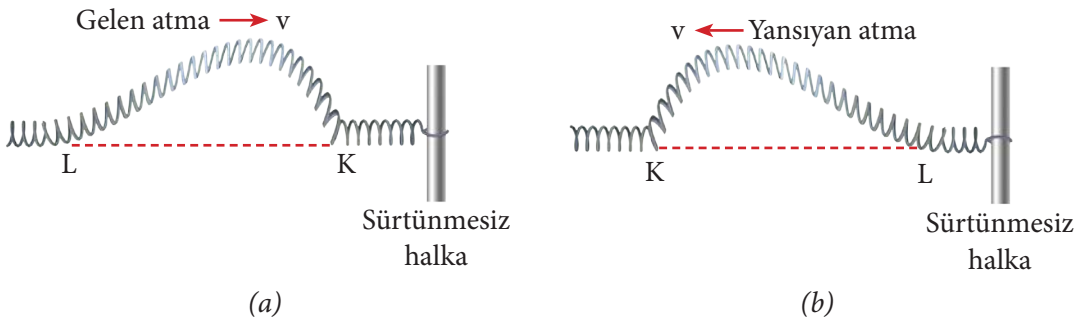


Şekil 1.14. *Baş yukarı atmanın sabit uçtan yansıması*

Şekil 1.14.a'daki gibi baş yukarı gönderilen atma sabit uçtan yansıyınca Şekil 1.14.b'deki gibi olur. Atmanın sabit uçtan yansıması sırasında, atmanın önde gelen kısmı önce yansırken arkadan gelen kısmı arkada olacak şekilde yansır. Yansıyarak ters dönen atmanın hızı, genliği ve genişliği değişmez.

b) Serbest uçtan yansıma

Bir ucu serbest olan gergin yay üzerinde baş yukarı gönderilen bir atma serbest uçtan yansıyınca ters dönmeden geri yansır (Şekil 1.15). Sarmal yayın bir çubuğa halka ile tutturulan ucu serbest uç gibi davranmaktadır.



Şekil 1.15. *Baş yukarı atmanın serbest uçtan yansıması*

Şekil 1.15'te de görüldüğü gibi atmanın serbest uçtan yansıması sırasında önde gelen kısmı önde, arkadan gelen kısmı arkada olacak şekilde yansır. Ters dönmeden yansıyan atmanın hızı, genliği ve genişliği değişmez.

Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak atmaların sabit ve serbest uçtan yansıma durumlarını inceleyiniz.

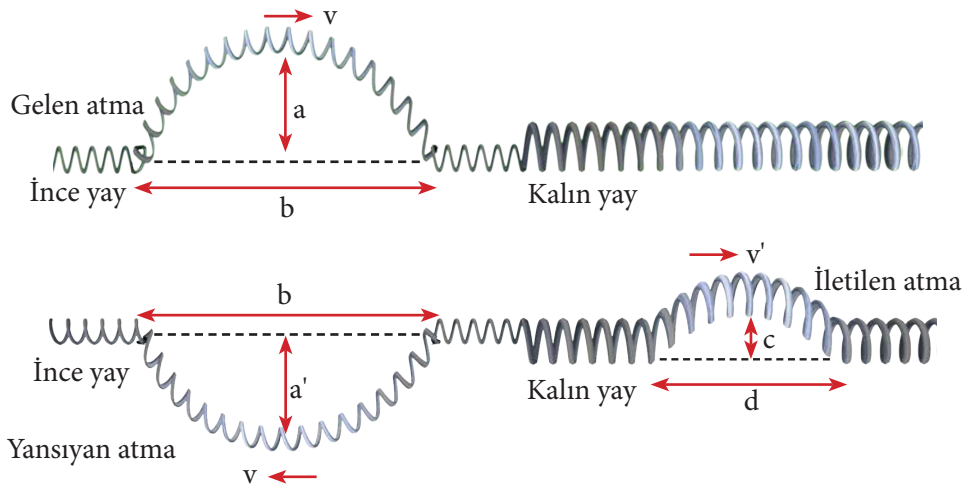
https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_tr.html

Yayda oluşturulan atmanın iletilmesi

Kalınlıkları farklı iki yay birbirine bağlandıktan sonra birinde oluşturulan atma bağlantı noktasına geldiğinde bir kısmı yansır, bir kısmı diğer yaya geçer. Bu geçiş ve yansıma sırasında atmanın genlik, genişlik ve hızında nasıl değişiklikler meydana gelir? Şimdi bu durumu inceleyelim:

a) İnce yaydan kalın yaya gönderilen atmanın yansıması ve iletilmesi

Şekil 1.16'da ince yayda oluşturulan bir atmanın, kalın yaydan yansıması ve iletilmesi verilmiştir:



Şekil 1.16. *İnce yaydan kalın yaya geçen atmanın yansıması ve iletilmesi*

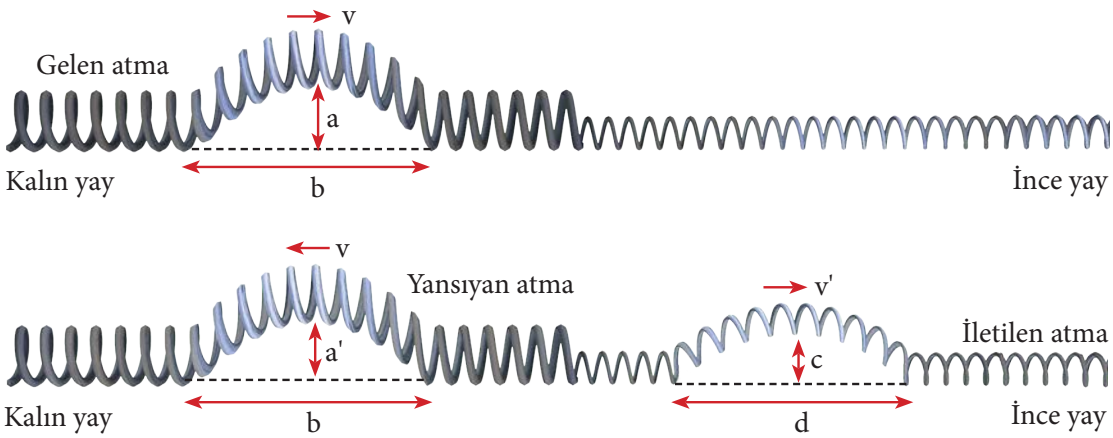
- İnce yaydan kalın yaya gönderilen baş yukarı bir atmanın, bir kısmı baş yukarı iletilirken bir kısmı baş aşağı yansır. Yayların birleşme noktası sabit uç gibi davranır.
- Atmanın hızı, ortam değişmediğinde sabit olacağından gelen ve yansıyan atmaların hızları birbirine eşittir. Kalın yaya iletilen atmanın hızı azalır.
- Gelen ve yansıyan atma, aynı yay üzerinde olduğundan yayılma ortamı değişmemiştir. Bu nedenle gelen ve yansıyan atmaların hızlarının büyüklükleri arasında $v_{gelen} = v_{yansıyan} = v$ ilişkisi vardır. İletilen atma farklı ortamda yayıldığından gelen atma ve iletilen atmanın hızlarının büyüklükleri arasında $v_{gelen} > v_{iletilen}$ $(v > v')$ ilişkisi vardır.
- Atmanın yayılma hızı ile genişliği doğru orantılıdır. Bu nedenle Şekil 1.16'da görüldüğü gibi gelen ve yansıyan atmaların genişlikleri aynı iken iletilen atmanın genişliği daha azdır $(b > d)$.
- İnce yayda oluşturulan atmanın genliği, her zaman yansıyan ve iletilen atmanın genliğinden daha büyüktür $(a > a'$ ve $a > c)$. Genliğin atmanın enerjisiyle doğru orantılı olduğunu ifade etmiştik. Buna göre gelen atmanın enerjisi, yansıyan ve iletilen atmaların

enerjilerinden büyüktür. İdeal bir ortamda gelen atmanın enerjisi yansıyan ve iletilen atmaların enerji toplamına eşittir.

- Yapılan deneylerde gelen atmanın ilerlediği ortam için her defasında daha ince yay kullanıldığında, kalın yaya iletilen atmanın giderek küçüldüğü gözlenmiştir. İki yay arasındaki kalınlık farkı çok büyük olduğunda ise iletilen atmanın olmadığı, gelen atmanın tamamının geri yansıdığı görülmüştür. Bu durumda yayların bağlantı noktası sabit uç gibi davranmıştır.

b) Kalın yaydan ince yaya gönderilen atmanın yansıması ve iletilmesi

Şekil 1.17'de kalın yayda oluşturulan bir atmanın ince yaydan yansıması ve iletilmesi verilmiştir.



Şekil 1.17. *Kalın yaydan ince yaya geçen atmanın yansıması ve iletilmesi*

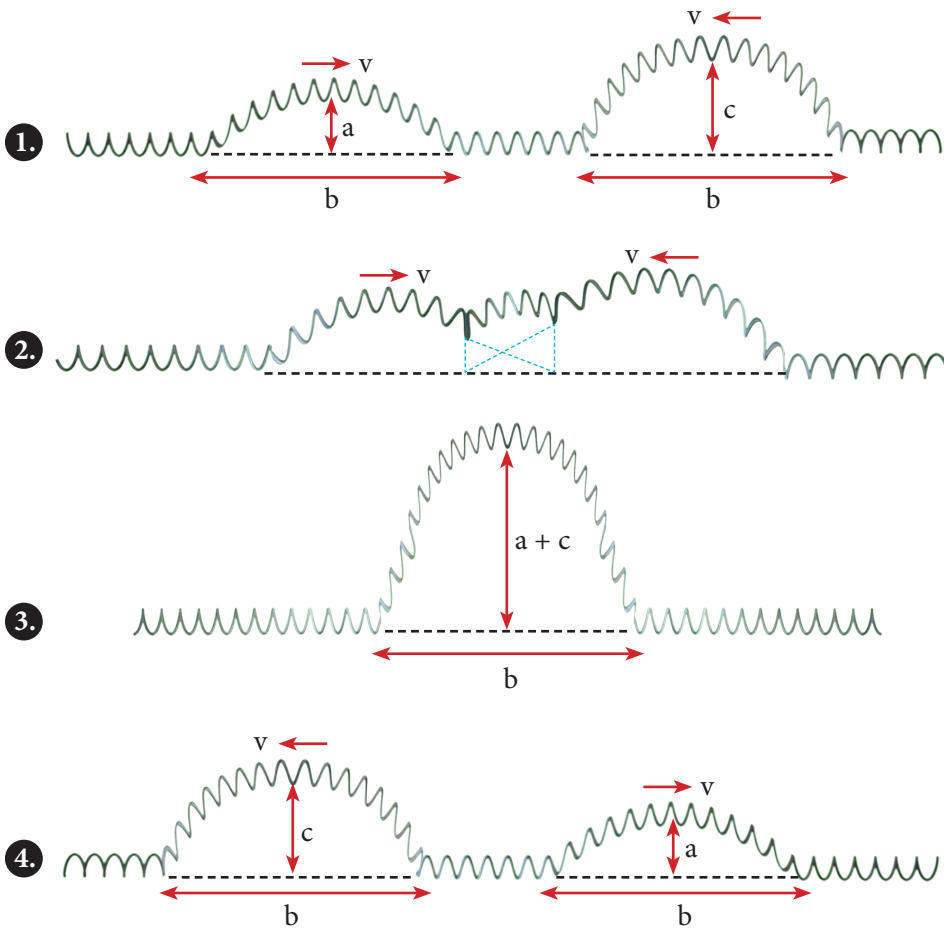
- Kalın yaydan ince yaya gönderilen baş yukarı bir atmanın bir kısmı baş yukarı iletilirken, bir kısmı da yine baş yukarı olarak yansır. Yayların birleşme noktası, serbest uç gibi davranır.
- Atmanın hızı ortam değişmediğinde sabit olacağından gelen ve yansıyan atmaların hızları birbirine eşittir. İnce yaya iletilen atmanın hızı artar.
- Gelen ve yansıyan atma aynı yay üzerinde olduğundan yayılma ortamı değişmemiştir. Bu nedenle gelen ve yansıyan atmaların hızlarının büyüklükleri arasında

$v_{gelen} = v_{yansıyan} = v$ ilişkisi vardır. İletilen atma farklı ortamda yayıldığından gelen atma ve iletilen atmanın hızlarının büyüklükleri arasında $v_{iletilen} > v_{gelen}$ ($v' > v$) ilişkisi vardır.

- Atmanın yayılma hızı ile genişliği doğru orantılıdır. Bu nedenle Şekil 1.17'de görüldüğü gibi gelen ve yansıyan atmaların genişlikleri aynı iken iletilen atmanın genişliği daha fazladır($d > b$).
- Kalın yayda oluşturulan atmanın genliği her zaman yansıyan ve iletilen atmanın genliğinden daha büyüktür ($a > a'$ ve $a > c$). Genliğin atmanın enerjisiyle orantılı olduğundan gelen atmanın enerjisi, yansıyan ve iletilen atmaların enerjilerinden büyüktür. İdeal bir ortam için gelen atmanın enerjisi iletilen ve yansıyan atmanın enerjilerinin toplamına eşittir.
- Yapılan deneylerde gelen atmanın ilerlediği ortam için her defasında daha kalın yay kullanıldığında, ince yaya iletilen atmanın giderek küçüldüğü gözlenmiştir. İki yay arasındaki kalınlık farkı çok büyük olduğunda ise iletilen atmanın olmadığı, gelen atmanın tamamının geri yansıdığı görülmüştür. Bu durumda yayların bağlantı noktası serbest uç gibi davranmıştır.

Yayda oluşturulan iki atmanın karşılaşması ve birbiri içinden geçişi

Gergin bir yayda oluşturulan atmaların karşılaştıkları durumlardan biri de ters yönde ilerleyen iki atmanın birbiri içinden geçmesidir. Atmalar birbiri içinden geçerken şekilleri bozulur; fakat geçiş işlemi bittikten sonra sanki hiç karşılaşmamışlar gibi yollarına devam ederler. Yay üzerinde ilerleyen iki atmanın karşılaşması hızlarının büyüklüğüne bağlı olarak birbiri içinden geçişi daha kısa sürede gerçekleşebilir. Bu nedenle bileşke atma görülmeyebilir. Bu olay ancak yüksek hızlara duyarlı fotoğraf makineleriyle fotoğraflanabilir. Şekil 1.18'de genlikleri ve genişlikleri eşit zıt yönlü iki baş yukarı atmanın birbirine yaklaşma ve geçişi aşamalı olarak verilmiştir:

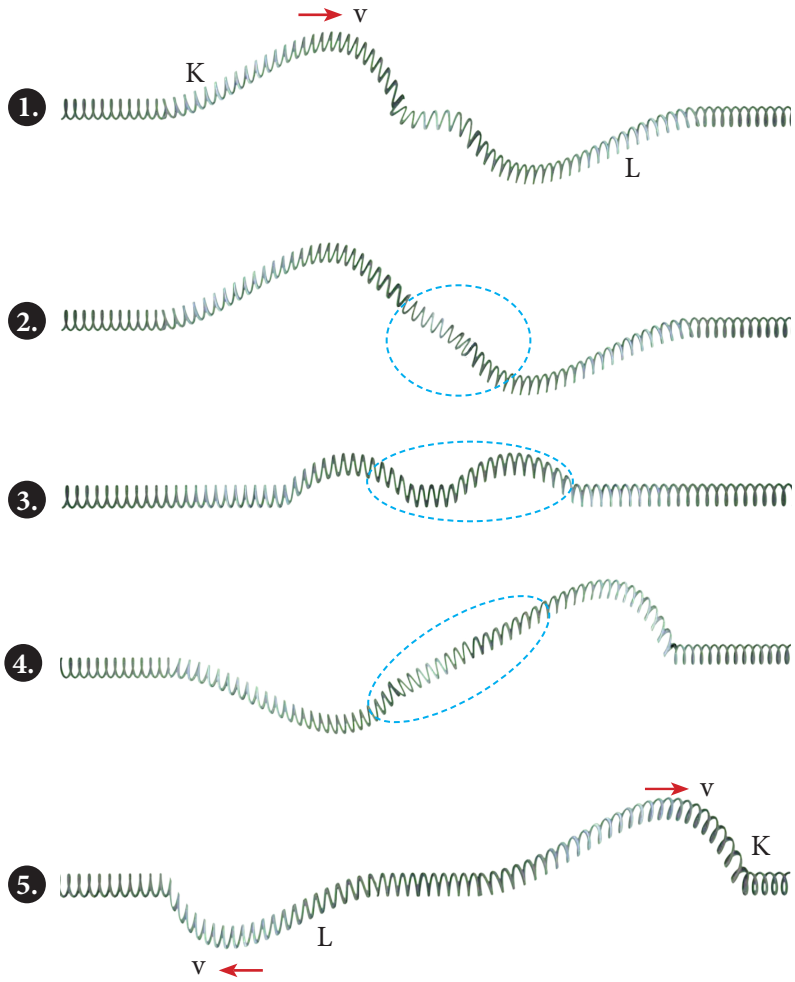


Şekil 1.18. *Zıt yönde ilerleyen genlikleri ve genişlikleri eşit iki tepe üstü atmanın birbiri içinden geçişi*

Şekil 1.18'de görüldüğü gibi atmalar birbiri içinden geçerken oluşturdukları yeni atmaya **bileşke atma** adı verilir. Bileşke atmanın şekli, atmaların tepe noktalarının aynı veya zıt yönde olmalarına göre değişir. Bileşke atmanın genliği, atmaların her ikisi de tepe üstüyse genlikleri toplanarak; biri tepe üstü diğeri tepe aşağı olduğunda ise genlikleri çıkarılarak bulunur. İki atma karşılaştıklarında üst üste binme ilkesine uygun olacak şekilde davranırlar.

Gergin yay üzerinde zıt yönde ilerleyen iki atmadan biri baş yukarı, diğeri baş aşağı olduğunda karşılaşma sırasında birbirlerinin denge konumundan olan uzaklığını azaltır. Böylece yay üzerinde farklı genlikte titreşen noktalar oluşur. Bu nedenle karşılaşmalarının farklı anlarındaki bileşke atmalar, farklı şekillerde gözlemlenir.

Şekil 1.19'de zıt yönde ilerleyen biri tepe üstü diğeri tepe aşağı olan genlikleri farklı iki atmanın karşılaşması aşamalı olarak verilmiştir.

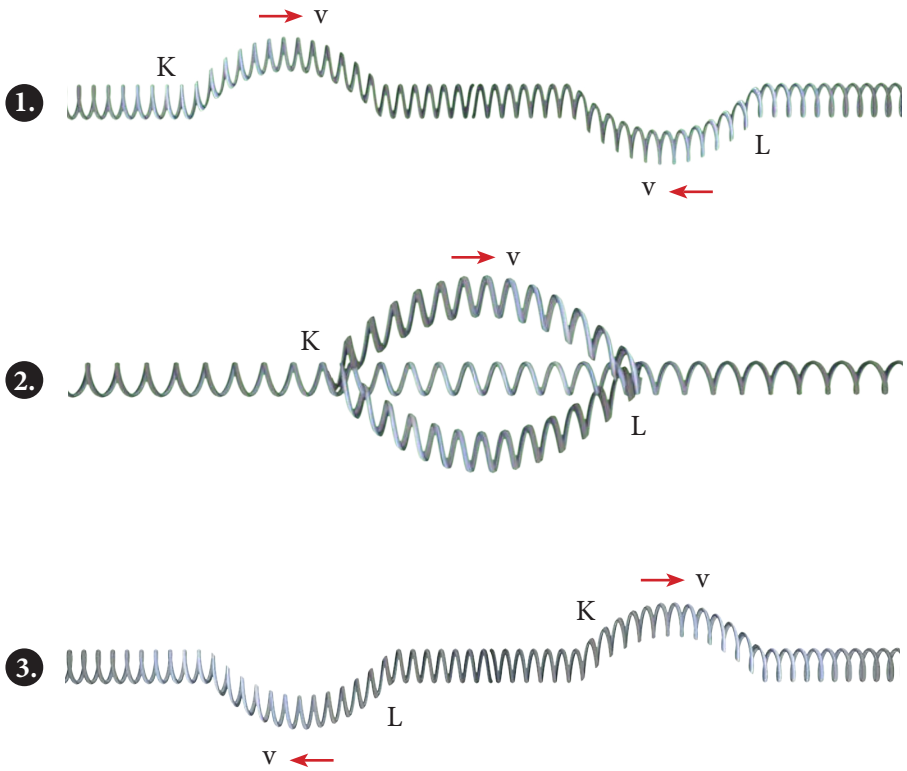


Şekil 1.19. *Zıt yönde ilerleyen biri baş yukarı diğeri baş aşağı farklı genlikteki iki atmanın karşılaşması*

Şekil 1.19'deki atmalar simetrik olmadıklarından birbirlerinin etkilerini yok etmelerine rağmen tam geçiş sırasında birbirlerini tamamen söndürmezler. Atmalar birbiri içinden geçtikten sonra hiç karşılaşmamışlar gibi kendi yollarına devam eder. Yine bu durumda atmalar karşılaştıklarında üst üste binme ilkesine uygun olarak davranır. Eğer atmaların genlik ve genişlikleri eşit ise iki atma birbiri içinden geçerken tam üst üste bindikleri anda her bir noktanın denge konumundan uzaklığını sıfır yaparlar yani simetrik iki atma tam karşılaşma durumunda birbirini

sönümler. Buradaki sönümleme olayı dalgaların yok olması anlamını taşımaz. Sadece denge konumundan uzaklıklarını sıfır yapar; ancak yay üzerindeki noktalar titreşim hâlindedir. Bu nedenle atmalar tam karşılaşma sonrasında hiç karşılaşmamışlar gibi yollarına devam eder.

Şekil 1.20'de genlik ve genişlikleri eşit iki atmanın karşılaşması aşamalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.20. *Zıt yönde ilerleyen genlikleri eşit biri baş yukarı diğeri baş aşağı iki atmanın karşılaşması*

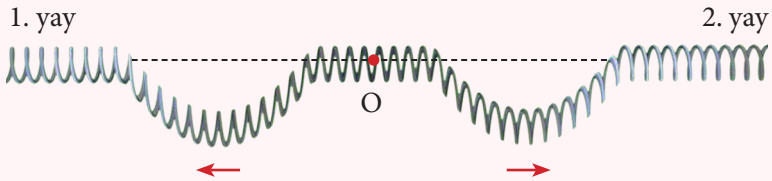
Şekil 1.20.1'de genlikleri eşit iki atma birbirine doğru ilerlerken Şekil 1.20.2'deki gibi tam karşılaştıklarında birbirini tamamen sönümlerken Şekil 1.20.3'teki gibi karşılaşma sonrasında ortaya çıkarak kendi hız ve yönlerinde hareketlerine devam eder. Yine burada atmalar karşılaşma sırasında üst üste binme ilkesine uygun olarak davranır.

Aşağıda Genel Ağ adresi verilen simülasyonu yaparak iki atmanın karşılaşmaları sonucunda meydana gelebilecek durumları inceleyiniz.

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_tr.html

4. UYGULAMA

1. Kalınlıkları farklı iki yay, O noktasında birbirine bağlanmıştır. 1. yaydan gönderilen atmanın O noktasından yansıyan ve iletilen kısmı aşağıdaki şekilde verilmiştir.

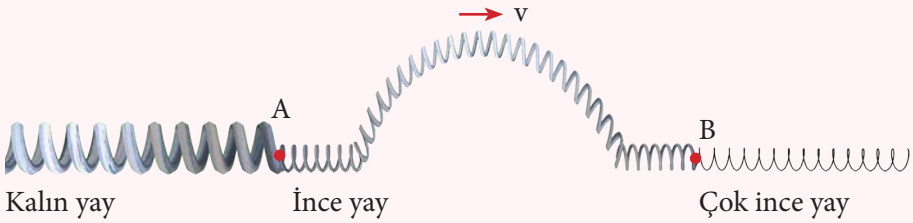


Buna göre,

a. Yayların kalınlıkları hakkında ne söylenebilir?

b. Gelen atmanın şeklini aşağıda verilen boş alana çiziniz.

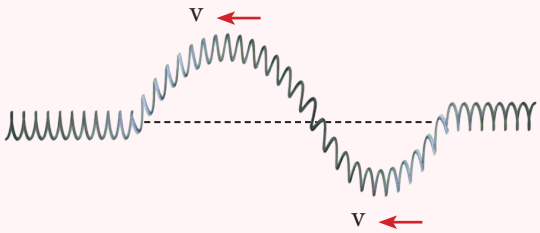
2. Kalınlıkları farklı üç yay, şekildeki gibi birbirine bağlanmıştır.



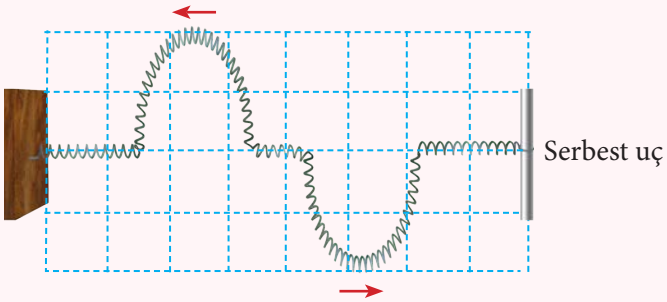
İnce yayda ilerleyen atmanın A ve B ek yerlerinde yansıma ve iletilmesiyle kalın yay ve çok ince yaydaki iletilen atmaların genlik, genişlik ve yayılma hızı nasıl olur?

3. Atmalar farklı ortamlardan geçerken yansıyan ve iletilen kısımlarının özellikleri nelerdir?

4. Aşağıdaki şekilde yay üzerinde ilerleyen atmayı tamamen sönümlendiren atmanın şekli nasıl olmalıdır?

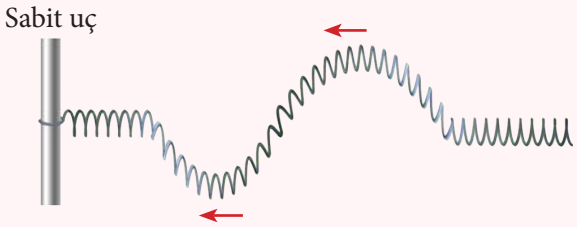


5. Şekildeki gibi bir ucu sabitlenmiş, diğer ucu serbest olan yay üzerinde zıt yönlerde ilerleyen özdeş atmalar saniyede iki bölme yol alıyorlar.



Buna göre 6 saniye sonunda atmaların görünümü nasıl olur?

6. Gergin bir yay üzerinde oluşturulan bir atma şekildeki gibi sabit bir engele doğru ilerlemektedir.



Buna göre atmanın sabit uçtan tamamen yansımış şeklini aşağıda verilen boş alana çiziniz.

3. BÖLÜM
SU DALGASI

Anahtar Kavramlar

- Dalga
- Dalga boyu
- Dalga hareketi
- Stroboskop
- Periyot
- Frekans
- Dalga tepesi
- Dalga çukuru
- Odak noktası
- Merkez

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Dalgaların ilerleme yönü, dalga tepesi ve dalga çukuru kavramlarını,
2. Doğrusal ve dairesel su dalgalarının yansıma hareketlerini,
3. Ortam derinliği ile su dalgalarının yayılma hızının değişimini,
4. Doğrusal su dalgalarının kırılma hareketini

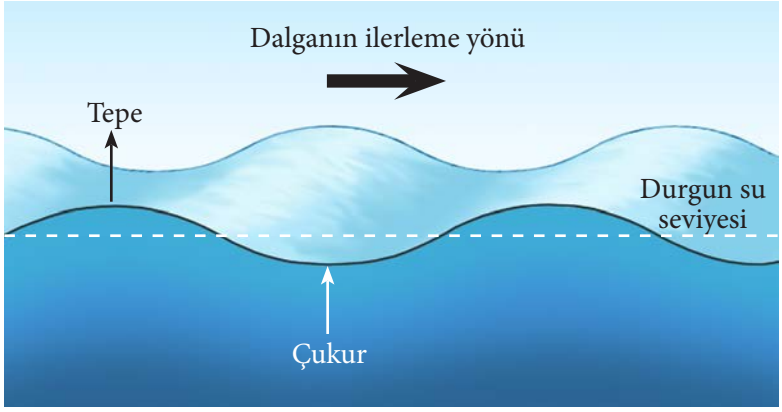
öğrenmiş olacaksınız.

1.3.1. Su Dalgası

Durgun bir su yüzeyine taş attığımızda ya da su birikintisi üzerine düşen yağmur damlalarının su yüzeyinde dairesel dalgalar meydana getirdiğini ifade etmiştik. Su dalgalarının titreşim doğrultusuna göre hem enine hem boyuna dalga ve taşıdıkları enerjiye göre de mekanik dalgalar sınıfından olduğunu biliyoruz. Su dalgasını inceleyebilmek için da dalga tepesi, dalga çukuru ve ilerleme yönü kavramlarını bilmemiz gerekir. Şimdi bu kavramları inceleyelim:

Su dalgasında dalga tepesi, dalga çukuru ve ilerleme yönü kavramları

Su dalgaları yüzey üzerinde oluştuğunda yüzey dalgaları olarak da adlandırılır. Su yüzeyi hareketliyken suyun altı hareketsizdir. Su yüzeyinde oluşturulan periyodik dalgaların ortak özellikleri tepe ve çukurlarının olmasıdır. Şekil 1.21'de görüldüğü gibi tepe noktalar dalganın en yüksek noktası iken dalga üzerindeki en alttaki noktalar ise çukur noktalarıdır.

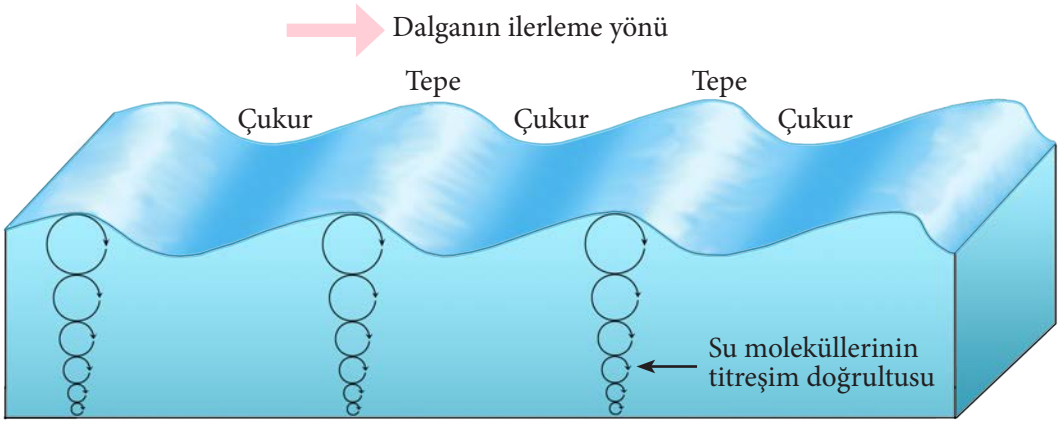


Şekil 1.21. *Su yüzeyinde oluşan dalga tepeleri ve dalga çukurları*

Su dalgaları neden hem enine hem de boyuna dalgalar olarak isimlendirilir?

Su dalgalarına baktığımızda tepeler ve çukurlar şeklinde ilerlediğini görürüz. Bu durumda su dalgasının yayılma doğrultusu ile titreşim doğrultusu diktir (Şekil 1.22). Bu nedenle su dalgası enine dalgadır. Su yüzeyinde dalgalar

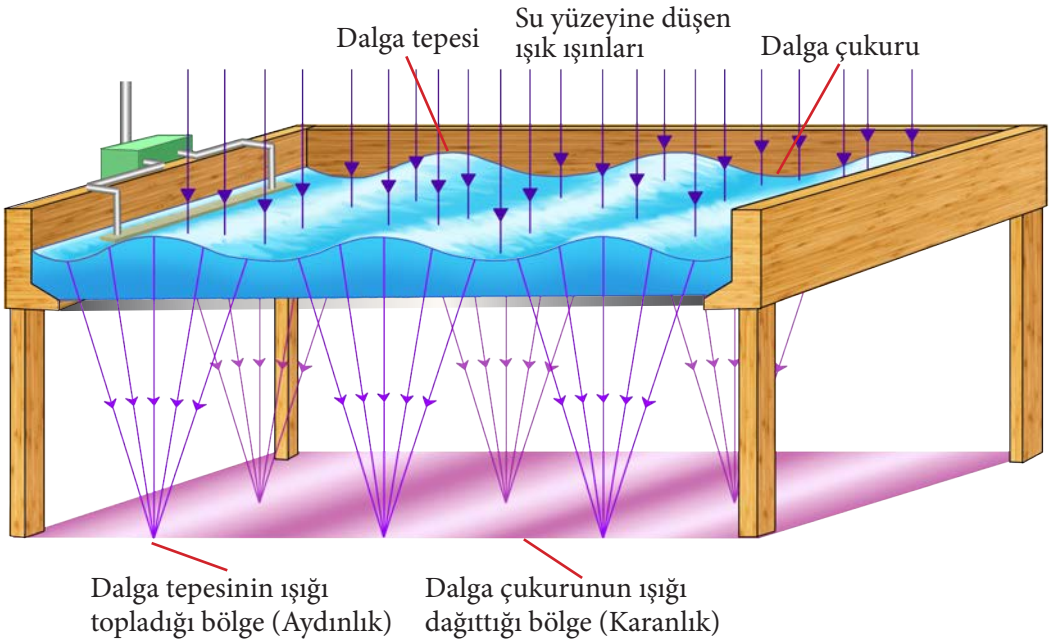
tepeler ve çukurlar şeklinde ilerlerken aynı zamanda su yüzeyinin altında kalan su molekülleri, suyun derinliklerine doğru ilerleme doğrultusuna paralel titreşim hareketi yaparlar. İlerleme doğrultusu, titreşim doğrultusuna paralel olan dalgalara boyuna dalgalar adı verildiğini ifade etmiştik. Bu durumda su dalgaları, titreşim doğrultusuna göre hem enine hem de boyuna dalgalardır.



Şekil 1.22. *Su dalgalarının enine ve boyuna yayılması*

Su dalgalarını incelemek için Resim 1.6'da görülen dalga leğeni adı verilen düzenek kullanılır. Dalga leğeni ayaklar üzerine oturtulmuş kenarları suyu tutacak şekilde hazırlanmış ve tabanı cam olan bir araçtır. Ayaklarının altında bulunan beyaz zemin dalga leğeninde oluşturulan dalgaların üzerine düşen ışığın davranışını görmeyi kolaylaştırır.

Resim 1.6. *Dalga leğeni düzeneği*

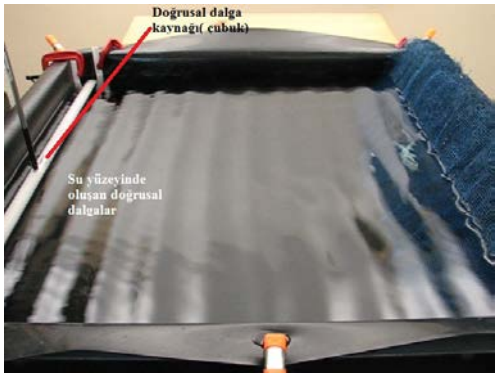


Şekil 1.23. *Dalga leğeninde dalga tepelerinin oluşturduğu aydınlık, dalga çukurlarının oluşturduğu karanlık bölgeler*

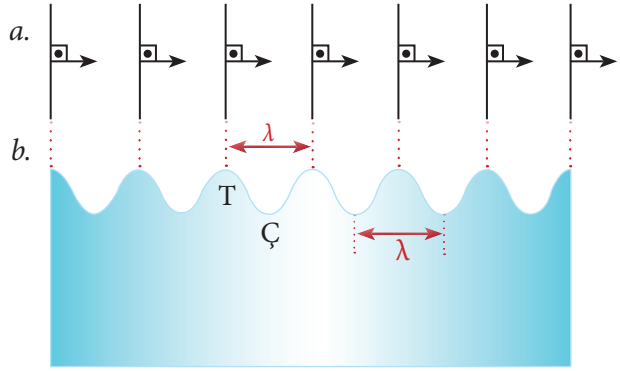
Şekil 1.23'te görüldüğü gibi dalga leğeni üzerinde oluşturulan dalgaların üzerine ışık düşürüldüğünde leğenin altındaki beyaz zemin üzerinde aydınlık ve karanlık bölgeler oluşur. Bunun nedeni dalga tepelerinin ışığı toplaması, dalga çukurlarının ise ışığı dağıtmasıdır. Dalgalar sürekli hareket halinde oldukları için zemin üzerinde oluşan aydınlık ve karanlık bölgeler de hareketlidir. Şekil 1.23'te dalga leğeninde oluşturulan dalgalar doğrusaldır. Eğer oluşturulan dalgalar dairesel ise gözlenen aydınlık ve karanlık bölgeler de dairesel olacaktır. Şimdi doğrusal ve dairesel dalgaların nasıl oluştuğunu ve özelliklerinin neler olduğunu inceleyelim:

Doğrusal su dalgaları

Derinliği her yerde aynı olan bir dalga leğenindeki durgun su yüzeyine bir çubuğun yatay olarak batırıp çıkarılmasıyla doğrusal dalgalar elde edilir (Resim 1.7). Bu dalgaların üstten görünümü Şekil 1.24.a'da, yandan görünümü Şekil 1.24.b'de verilmiştir. Doğrusal dalgalar dalga kaynağına paralel yayılır.



Resim 1.7. *Doğrusal dalga oluşumu*



Şekil 1.24. *Doğrusal su dalgalarının*
a. *üstten görünüşü* **b.** *yandan görünüşü*

Dairesel su dalgaları

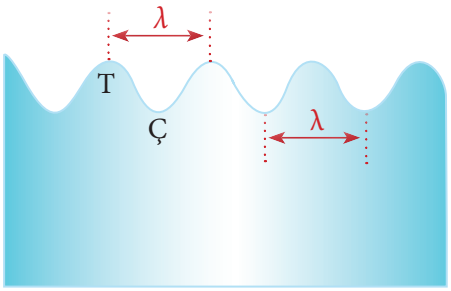
Durgun bir su yüzeyine taş attığımızda ya da Resim 1.8'deki gibi parmağımızı suya batırıp çıkardığımızda su yüzeyinde dairesel dalgalar oluşur. Oluşan bu dairesel dalgaların merkezi, taşın düştüğü ya da parmağımızı batırdığımız yerdir. Bu nedenle dairesel dalgaların kaynağı bir noktadır diyebiliriz.

Resim 1.8. *Dairesel dalga oluşmu*

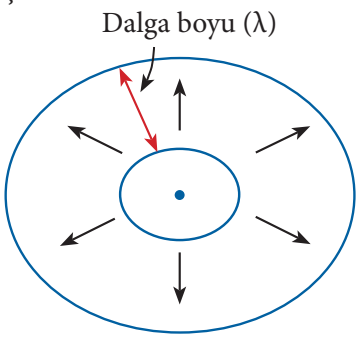
Noktasal bir kaynaktan çıkan su dalgalarının şeklinin düzgün dairesel olmasının nedenlerinden biri dalganın her yöne eşit büyüklükte hızlarla yayılmasıdır.

Eğer su dalgaları her doğrultuda eşit büyüklükte hızla yayılmazsa dalganın şekli düzgün dairesel olmaz. Dalganın hızının, ortamın derinliğine bağlı olduğunu biliyoruz. Bu nedenle su yüzeyinde dairesel dalgaları gözlemleyebilmek için suyun derinliğinin dalga leğeninin her yerinde eşit olması gerekir. Dairesel su dalgasının üzerindeki her noktanın hareketi, her zaman yarıçap doğrultusundadır.

Derinliği her yerde eşit olan bir dalga leğeninde oluşturulan dairesel su dalgalarının Şekil 1.25'te yandan görünümü, Şekil 1.26'da üstten görünümü verilmiştir.



Şekil 1.25. *Dairesel su dalgalarının yandan görünümü*



Şekil 1.26. *Dairesel su dalgalarının üstten görünümü*

5. UYGULAMA

1. **Doğrusal su dalgalarının özellikleri nelerdir?**
2. **Dairesel su dalgalarının özellikleri nelerdir?**
3. **Dalga tepesi ve dalga çukuru ne demektir? Açıklayınız.**

1.3.2. Su Dalgalarının Yansıma Hareketi

Esnek sarmal yay üzerinde ilerleyen bir atmanın bir engelle karşılaştığında yansıdığını ifade etmiştik. Su yüzeyinde oluşturulan su dalgaları da bir engelle karşılaştığında geri yansır. Doğrusal ve dairesel su dalgalarının yansıması nasıldır? Şimdi sırayla doğrusal ve dairesel su dalgalarının engellerden yansıma hareketini inceleyelim:

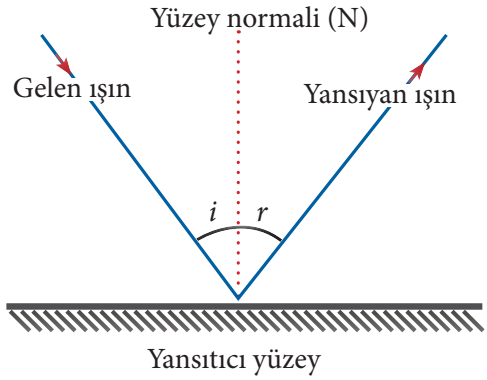
Doğrusal su dalgasının yansıma hareketi

Doğrusal su dalgasının yansıma hareketini düz ve parabolik engelden yansıma olarak iki kısımda inceleyeceğiz:

1. Doğrusal engelden yansıma

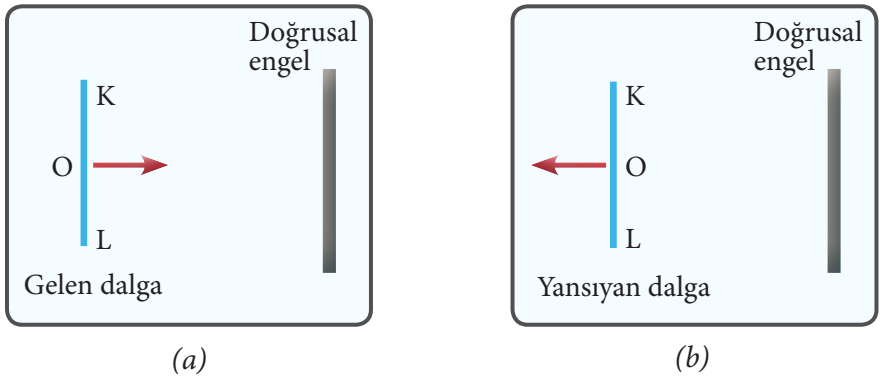
Doğrusal dalgaların doğrusal bir engelden yansıması ışığın yansıtıcı bir yüzeyden yansıması gibidir. Yansıtıcı yüzeye gelen ışık ışınları temel yansıma yasalarına uyarak yansır. Bu yasaya göre ışığın yansıtıcı yüzeyden yansıması Şekil 1.27'deki gibidir. Gelen ışığın yüzey normali ile yaptığı açı olan gelme açısı (i), yansıyan ışığın yüzey normali

ile yaptığı açı olan gelme açısı (i), yansıyan ışığın yüzey normali ile yaptığı açı olan yansıma açısı (r) her zaman birbirine eşittir (i=r). Yansıma olayında ışık geldiği ortama geri döner.



Şekil 1.27. *Işığın yansıtıcı yüzeyden yansıması*

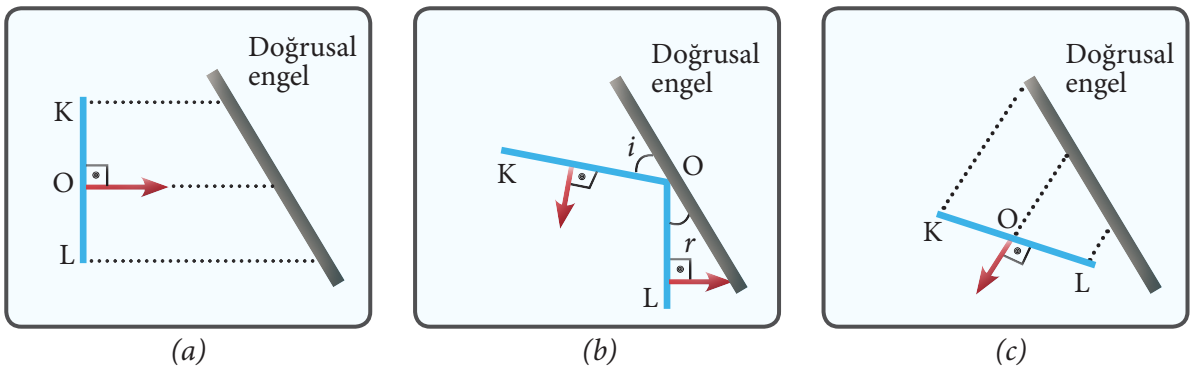
Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre doğrusal dalgaların doğrusal engelden yansımasının ışığın yansıması gibi olduğunu göstermiştir. Şekil 1. 28'deki gibi derinliği her yerde aynı olan dalga leğeninde oluşturulan doğrusal dalga, kendisine paralel yerleştirilmiş doğrusal engele çarptıktan sonra yine paralel olarak geri döner. Bu durumda gelme açısı sıfır ise yansıma açısı da sıfırdır. Yansıtıcı yüzeye dik gelen ışık yansıdıktan sonra kendi üzerinden geri döner. Buna göre yayılma doğrultusuna dik yerleştirilmiş doğrusal engele gelen doğrusal dalga yansıdıktan sonra kendi üzerinden geri döner (Şekil 1.28.a ve b).



Şekil 1.28. *Doğrusal dalganın yayılma doğrultusuna dik yerleştirilmiş düz engelde paralel yansıması*

Eğer doğrusal engel, doğrusal dalgaya paralel değilse nasıl yansır?

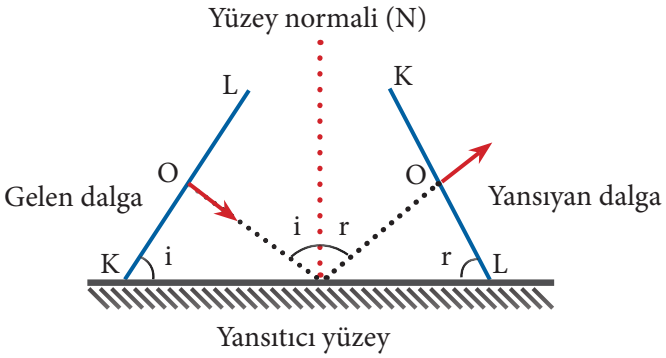
Su derinliği her yerde aynı olan dalga leğeninde oluşturulan doğrusal dalga, paralel olmayan doğrusal engelden engele ilk değdiği noktadan başlayarak yansır. Bu durum Şekil 1.29.a.b.c'de gösterilmiştir.



Şekil 1.29. a.b.c. *Doğrusal dalganın kendisine paralel olmayan doğrusal engelden yansıması*

Şekil 1.29.a'da gelen dalganın engele gelişi, b'de dalganın OK kısmının yansıyıp OL kısmının engele gelişi ve c'de dalganın tam yansımış durumu gösterilmiştir. Dalganın gelen kısmının engelle yaptığı açı (i), yansıyan kısmının engelle yaptığı açı (r) birbirine eşittir.

Aynı zamanda gelen ve yansıyan dalgalar geometrik olarak incelendiğinde gelme açısı (i) gelen dalganın, yansıma açısı (r) yansıyan dalganın yayılma doğrultusu ile yüzey normali (N) arasındaki açıya eşittir (Şekil 1.30). Öyleyse bir su dalgasının yansıması incelenirken ya dalganın engelle yaptığı açı ya da dalganın ilerleme doğrultusunun yüzey normali ile yaptığı açı kullanılır.



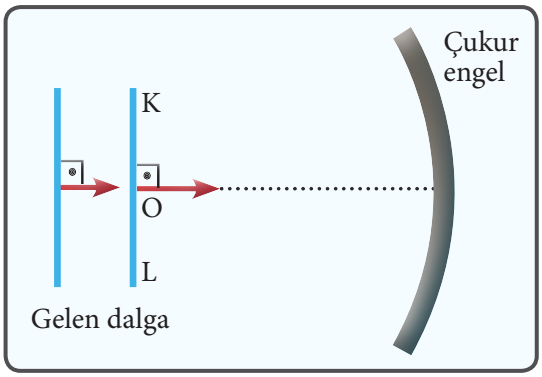
Şekil 1.30. *Gelen ve yansıyan dalganın engelle ve yüzey normaliyle yaptığı açılar eşittir.*

Su dalgalarının yansımasını, ışığın yansımasına benzetmiştik. Buna göre; doğrusal bir su dalgasının ilerleme yönünü ışığın geliş yönüne, doğrusal engeli de düzlem aynaya benzetebiliriz. Dolayısıyla su dalgalarının doğrusal engelde yansıması, ışığın yansıma yasalarına uyar.

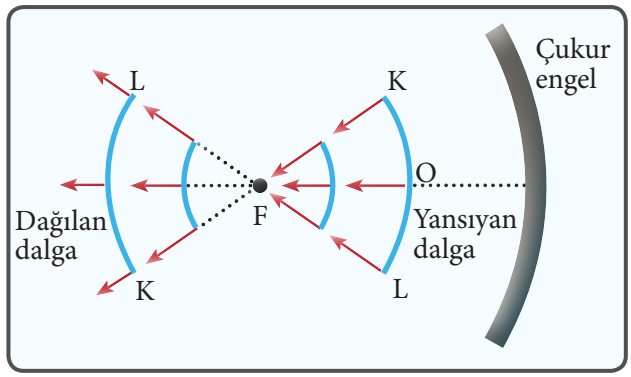
2. Parabolik engelden yansıma

Yapılan deneylerde derinliği her yerde eşit olan dalga leğeninde parabolik engelin çukur yüzeyine gönderilen doğrusal dalgaların engelden yansıdıktan sonra bir noktada toplandığı gözlenmiştir. Bu noktaya **çukur engelin odak noktası** (**F**) adı verilir. Yapılan deneylerde odak noktasının engele olan uzaklığının, engelin yarıçapının yarısı kadar olduğu ölçülmüştür.

Şekil 1.31'deki gibi çukur engele gönderilen doğrusal dalganın önce K ve L uçları engele çarpar. En son, orta kısmı engele çarpar. Yani doğrusal dalganın önce uç kısımları daha sonra da orta kısmı engelden yansıyacaktır. Böylece doğrusal dalgalar tamamen yansıdıktan sonra dairesel dalgalar şeklinde odak noktasında toplanır. Bu noktada sanki noktasal bir dalga kaynağı varmış gibi tekrar dairesel dalgalar şeklinde yayılırlar (Şekil 1.31 ve Şekil 1.32).



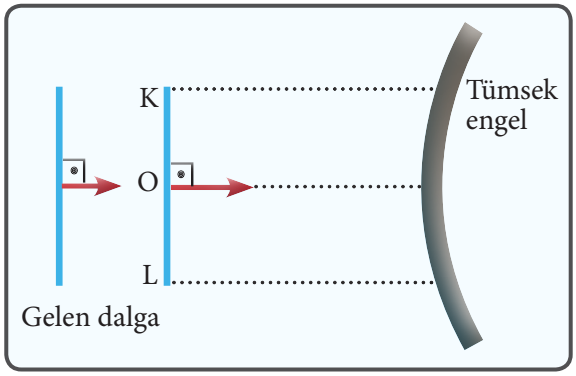
Şekil 1.31. *Çukur engele ilerleyen doğrusal dalgalar*



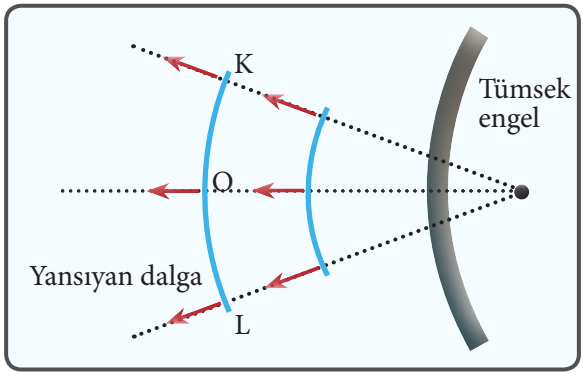
Şekil 1.32. *Doğrusal dalganın çukur engelden yansıması*

Yapılan deneylerde parabolik engelin tümsek yüzüne gönderilen doğrusal su dalgalarının sanki engelin arkasındaki noktasal bir kaynaktan geliyormuş gibi dairesel olarak yansıdığı gözlenmiştir. Bu noktaya **tümsek engelin odak noktası** (**F**) adı verilir.

Şekil 1.33'teki gibi tümsek engele gönderilen doğrusal dalganın önce orta kısmı engele çarpar. En son olarak K ve L uçları engele çarpar. Yani doğrusal dalganın önce orta kısmı sonra da uç kısımları engelden yansıyacaktır. Böylelikle doğrusal dalgalar tamamen yansıdıktan sonra engelin arkasındaki bir noktasal kaynaktan geliyormuş gibi dairesel dalgalar şeklinde dağılır (Şekil 1.34).



Şekil 1.33. *Tümsek engele ilerleyen doğrusal dalgalar*



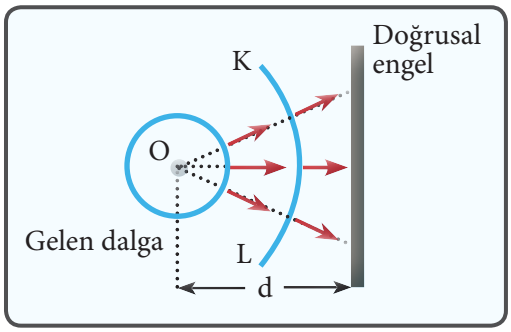
Şekil 1.34. *Doğrusal dalganın tümsek engelden yansıması*

3. Dairesel su dalgasının yansıma hareketi

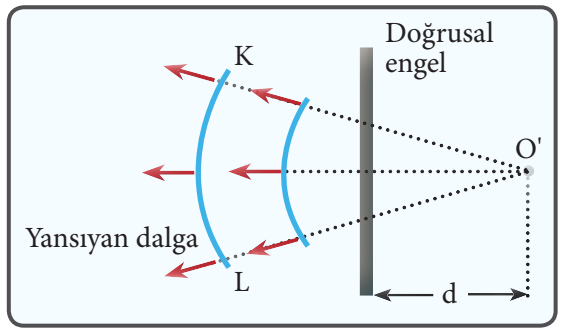
Yapılan deneylerde doğrusal bir engele doğru ilerleyen dairesel dalganın, engele çarptıktan sonra sanki engelin arkasındaki noktasal bir kaynaktan geliyormuş gibi dairesel olarak yansıdığı gözlenmiştir.

Şekil 1.35'teki gibi O noktasında oluşturulan dairesel dalganın doğrusal engele ilk ulaşan kısmı orta kısmıdır. Uç kısımlarını oluşturan K ve L noktaları ise daha sonra engele ulaşır. Bu nedenle dairesel dalganın doğrusal engelden ilk yansıyan kısmı ortası, en son yansıyan kısmı ise uçları olacaktır. Sonuç olarak engelden yansıyan dalga yine

dairesel dalga şeklindedir. Yansıyan dalga, engelin arkasındaki bir O' noktasından geliyormuş gibi dairesel olarak yayılır (Şekil 1.36).



Şekil 1.35. *Doğrusal engele ilerleyen dairesel dalga*



Şekil 1.36. *Dairesel dalgaların doğrusal engelden yansıması*

Yapılan deneylerdeki ölçümlerde O ve O' noktalarının doğrusal engelden uzaklığının eşit olduğu belirlenmiştir yani oluşturulan dairesel dalgaların merkezinin engele uzaklığı (d) ile yansıyan dalgaların merkezinin engele olan uzaklığı (d) aynıdır. Bu olay tıpkı düzlem ayna önüne konulan bir ışık kaynağından çıkan ışık ışınları aynadan yansıdığında, ışık kaynağının ayna arkasındaki görüntüsünden geliyormuş gibi yansıması gibidir.

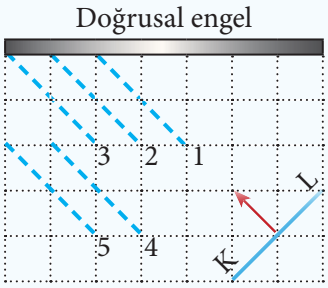
Parabolik engelin odak noktasında oluşturulan dairesel dalgalar, engelin çukur yüzeyinden yansıdıktan sonra doğrusal dalga şeklini alır. Bu olay doğrusal dalganın çukur engele gönderilmesinde gözlemlenen olayın tersidir. Eğer dairesel dalga çukur parabolik engelin merkez noktasında oluşturulursa, engele çarpan dalgalar dairesel olarak yansır ve çukur engelin merkezinde toplanır.

Su dalgalarında yansıma olayını incelemek için EBA tarafından hazırlanmış videoyu izleyiniz. Size verilen EBA şifrenizi kullanarak aşağıdaki sırayı takip ediniz.

Dersler - konular (dalgaların yansıması) - fizik 10 - dalgalar sekmesi - su dalgalarının özellikleri ve yansıması - başlat sekmesi

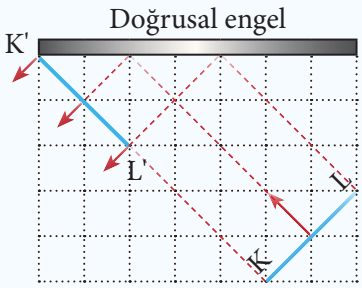
Örnek

Derinliği değişmeyen bir dalga leğeninde konumu ve yönü şekildeki gibi olan KL doğrusal dalgasının, doğrusal engelden yansıdıktan sonraki görünümü kesikli çizgilerle belirtilenlerden hangisi olabilir?



Çözüm

Doğrusal engele gelen KL doğrusal dalgasının K ve L uçlarının engelle gelme ve yansıma açıları eşit olacak şekilde yansımaları çizildiğinde yansıyan dalganın 3 nolu kesikli çizginin görünümünde olduğu görülür.



6. UYGULAMA

1. **Doğrusal su dalgalarının doğrusal engelden yansıması nasıl olur? Aşağıda ayrılan boş alana çizerek gösteriniz.**

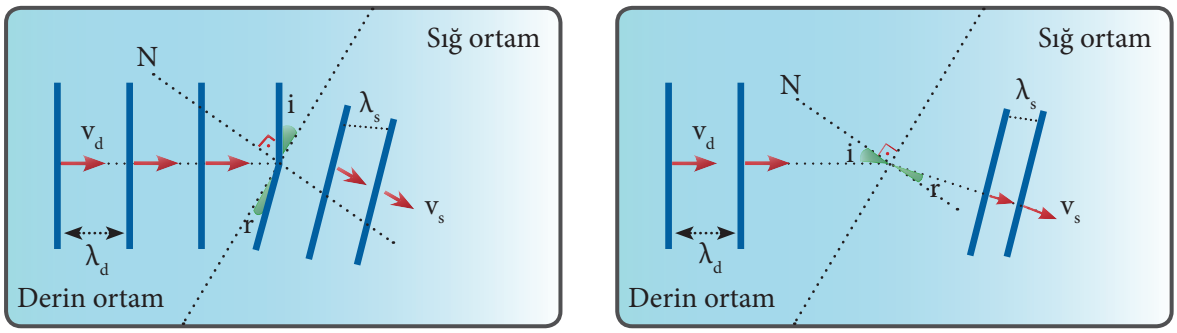
2. **Doğrusal su dalgasının parabolik engelden yansıması nasıl olur? Aşağıda ayrılan boş alana çizerek gösteriniz.**

3. **Dairesel su dalgasının doğrusal engelden yansıması nasıl olur? Aşağıda ayrılan boş alana çizerek gösteriniz.**

1.3.3. Ortam Derinliği ile Su Dalgalarının Yayılma Hızı İlişkisi

Su dalgaları derinlikleri farklı ortamlardan geçerken yayılma hızı ve dalga boyu nasıl değişir? Periyodik su dalgasının derinliği farklı ortama geçmesi frekansını değiştirir mi?

Dalga leğeninin tabanına, cam levha konularak oluşturulan iki farklı ortamda yapılan deneylerde dalganın ortamlarda ilerlerken gözlenen dalga şekli değişir. Bir dalganın frekansının kaynağının, frekansına eşit olduğunu biliyoruz; yani dalganın yayıldığı esnek ortamın değişmesi, dalganın frekansını değiştirmez. Buna göre; farklı derinliğe sahip bir dalga leğeninde oluşturulan doğrusal periyodik su dalgasının frekansı sabittir. Örneğin; derin ortamda bulunan bir doğrusal dalga kaynağının frekansı 1 s^{-1} ise hem derin ortamda hem de sığ ortamda ilerleyen dalganın frekansı 1 s^{-1} dir. Esnek bir ortamda ilerleyen dalganın ilerleme hızı ile dalga boyu arasında **v= λ. f** bağıntısı olduğunu biliyoruz. Bağıntıya göre frekansın sabit kalması, dalganın yayılma hızı ile dalga boyunun doğru orantılı olmasını gerektirir. Yapılan deneylerde derin ortamdan sığ ortama geçen doğrusal su dalgalarının dalga boylarının azaldığı gözlenmiştir. Şekil 1.37'deki deney düzeneğinde derin ortamda üretilen periyodik doğrusal su dalgasının ilerleyişi gösterilmiştir:



(a) (b)

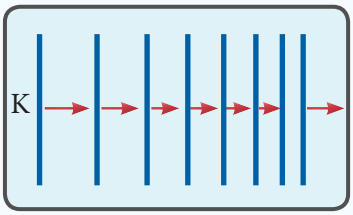
Şekil 1.37. a. b. *Doğrusal su dalgasının kendisine paralel olmayan farklı ortamlarda ilerlemesi*

Şekil 1.37.a'da görüldüğü gibi derin ortamdan gelen doğrusal dalgalar ayırıcı yüzeye geldiklerinde yayılma doğrultuları değişmiştir. Gelen doğrusal dalganın ayırıcı yüzeyle yaptığı açı (**i**) **gelme açısı**, kırılan doğrusal dalganın ayırıcı yüzeyle yaptığı açı (**r**) **kırılma açısı** olarak adlandırılır.

Doğrusal su dalgası, derin ortamda bir periyotluk sürede λ_d kadar yol alırken sığ ortamda λ_s kadar yol alır. Bu iki dalga boyu arasında $\lambda_d > \lambda_s$ ilişkisi olduğundan derin ortamdaki yayılma hızı v_d, sığ ortamdaki yayılma hızından büyüktür (Şekil 1.37.a). Doğrusal su dalgasının ortamlardaki yayılma hızının büyüklüğü arasında $v_d > v_s$ ilişkisi vardır. Şekil 1.37.b'de görüldüğü gibi yüzeyleri ayıran çizgiye gelen dalgaların yüzey normali ile yaptığı açı (i) gelme açısına, kırılan dalgaların yüzey normali ile yaptığı açı kırılma açısına eşittir.

Örnek

Bir dalga leğeninde K noktasındaki doğrusal dalga kaynağının yaydığı dalgaların üstten görünümü şekildeki gibidir.



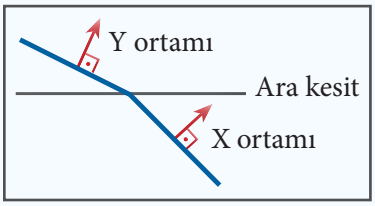
Bu görünümün nedeni ne olabilir?

Çözüm

Su dalgalarının dalga boyu, yayıldığı ortamın derinliğine göre değişir. Verilen şekilde doğrusal su dalgalarının dalga boyunun giderek küçüldüğü görülmektedir. Buna göre dalgaların yayıldığı ortamın derinliği kaynaktan uzaklaştıkça azalmaktadır.

Örnek

Doğrusal bir su dalgasının X ortamından kendisine paralel olmayan ara kesitten Y ortamına geçişi şekilde verilmiştir.



Buna göre;

I. X ortamı, Y ortamından daha derindir.

II. Dalga, Y ortamına geçtiğinde frekansı azalmıştır.

III. Dalganın Y ortamındaki yayılma hızı, X ortamındakinden büyüktür.

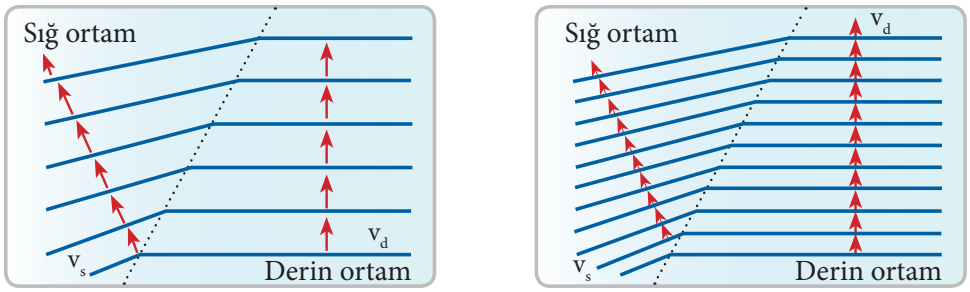
ifadelerinden hangileri doğrudur?

Çözüm

Doğrusal dalganın ara kesite gelen ve kırılan kısımlarına bakıldığında gelme açısının kırılma açısından büyük olduğu görülür. Buna göre; dalganın geldiği ortam olan X ortamı, Y ortamından daha derindir (**I. doğru**).
Dalganın frekansı, dalga kaynağına bağlıdır. Ortamın değişmesi frekansı değiştirmez (**II. yanlış**).
Dalga yayılma hızı, suyun derinliğine bağlıdır ve derin ortamdaki yayılma hızı daha büyüktür. X ortamı derin ortam olduğuna göre dalga bu ortamda daha hızlı yayılır (**III. yanlış**).

Periyodik dalgaların frekansının, kaynağının frekansına eşit olduğunu ifade etmiştik. Peki, doğrusal dalga kaynağının frekansının değişmesinin, dalganın kırılmasına etkisi var mıdır?

Doğrusal su dalgalarının kırılmasının gözlenmesi için yapılan deneylerde; dalga kaynağının frekansı arttırılınca dalgaların daha az kırıldığı görülmüştür. Şekil 1.38.a'da doğrusal dalga kaynağının ürettiği **f** frekanslı periyodik doğrusal dalgaların derin ve sığ ortamda ilerleyişi görülmektedir. Şekil 1.38.b'de ise aynı ortamlarda kaynağın daha büyük bir frekansla titreşerek ürettiği dalgaların ilerleyişi gösterilmiştir. Her iki şekilde de dalgaların ayırıcı yüzeye geliş açısı eşittir; ancak Şekil 1.38.b'de kırılma açısı daha büyüktür. Bu durum kırılma olayında periyodik dalgaların frekansı arttığında ikinci ortama geçen dalgaların daha az kırıldığını gösterir.

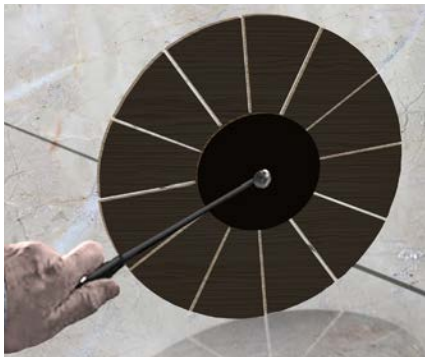


(a) (b)

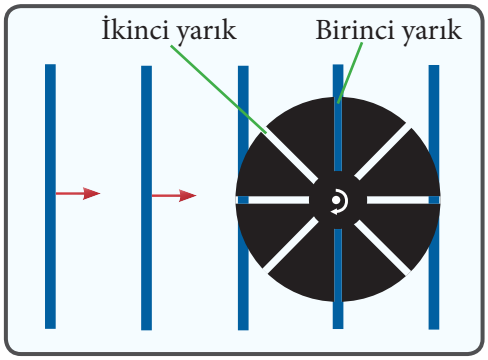
Şekil 1.38. a. b. *Aynı ortamda doğrusal dalga kaynağının frekansı arttırıldığında doğrusal dalganın kırılma açısının değişimi*

Dalga leğeninde oluşturulan bir doğrusal dalganın dalga boyu nasıl ölçülür?

Dalga leğeninde oluşturulan su dalgaları hareketli olduklarından özelliklerini incelemek pek mümkün değildir. Bu nedenle dalgaların dalga boyunu ölçmek için **stroboskop** adı verilen bir araç kullanılır. Stroboskop, üzerinde eşit aralıklarla yarıklar bulunan, ortasından geçen bir eksen etrafında döndürülebilen dairesel bir deney aracıdır (Resim 1.9). Dalga leğeninde ilerleyen periyodik doğrusal dalgaların üzerine doğru tutulan stroboskop sabit hızla döndürülür. Dalganın periyodu ile stroboskobun periyodu karşılaştırılır. Sabit hızla döndürülen stroboskobun yarıkları arasından dalgalara bakıldığında dalgalar ilk kez duruyor göründüğünde yarık periyodu ile dalganın periyodu eşit olur. Stroboskobun yarıklarından birisi, hemen önündekinin yerine geldiğinde, hareketli olan dalga tepesi bir öncekinin yerine gelmiştir (Şekil 1.39). Böylelikle iki yarık arası uzaklık, bir dalga boyuna eşit olur. Böylelikle periyodik su dalgasının dalga boyu belirlenmiş olur.

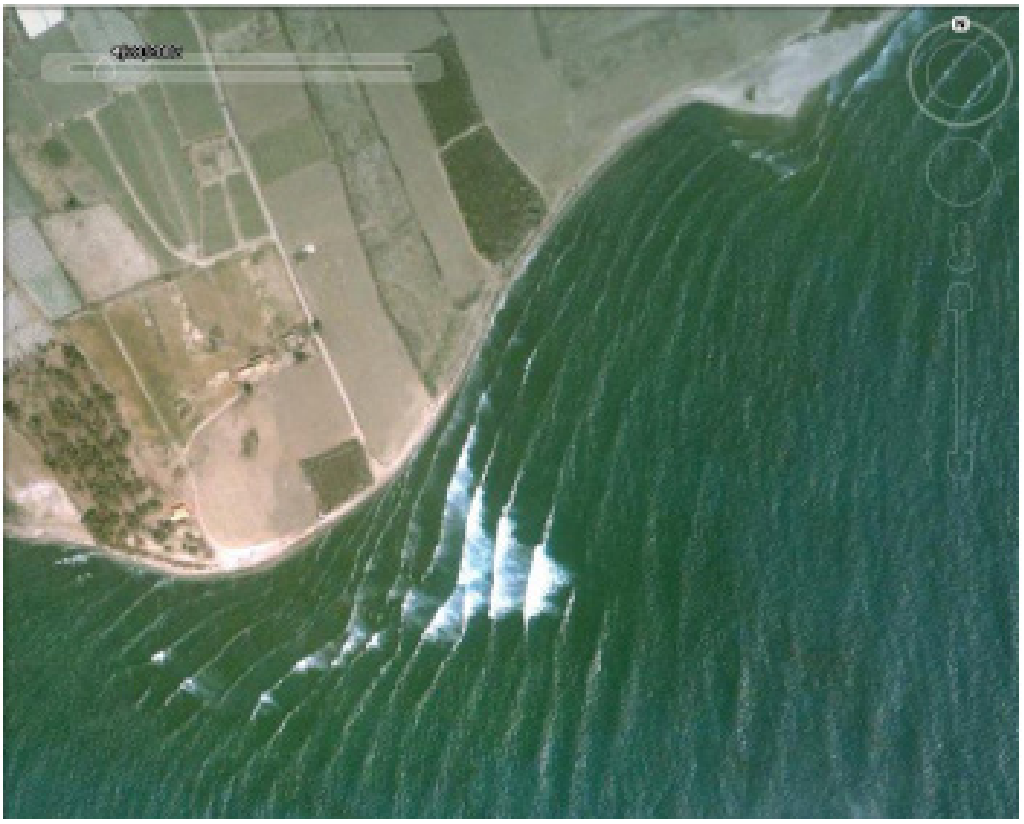


Resim 1.9. *Stroboskop*



Şekil 1.39. *Stroboskopla dalga boyunun ölçülmesi*

1.3.4. Doğrusal Su Dalgalarının Kırılma Hareketi

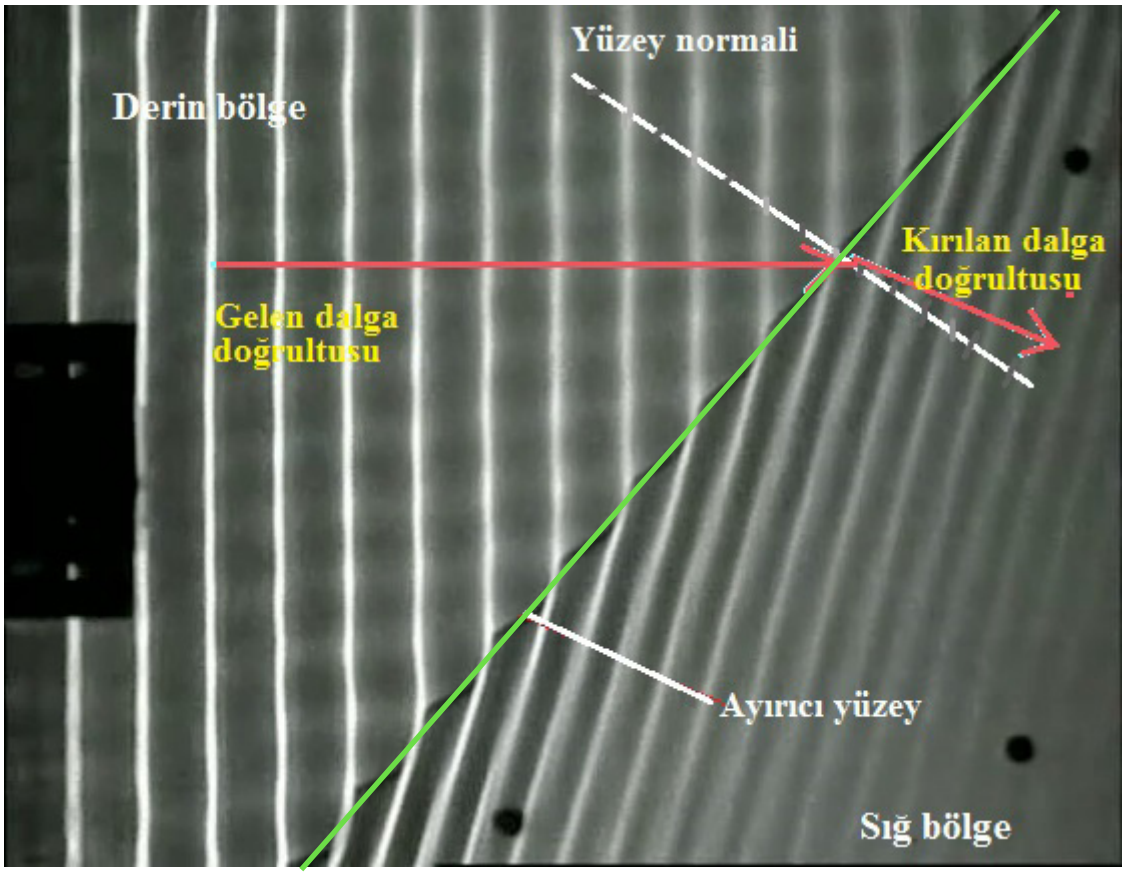


Resim 1.10. *Deniz dalgası*

Resim 1. 10'da denize kıyısı olan bir kara parçası görülmektedir. Resme bakıldığında deniz yüzeyindeki doğrusal dalga tepelerinin kıyıya yaklaştıkça sıklaştığı gözlenmektedir.

Deniz yüzeyinde ilerleyen dalgaların görünümündeki değişikliğin sebebi nedir?

Esnek bir ortamda oluşturulan dalgaların yayılma hızı büyüklüğünün değişmesi, dalganın yayıldığı ortamın özelliklerinin değişmesiyle meydana geldiğini ifade etmiştik. Su yüzeyinde oluşturulan su dalgasının yayılma hızının büyüklüğü de suyun derinliğine bağlıdır. Bu nedenle; farklı derinliklere sahip olan su ortamı, dalgaların yayılmasında derin ve sığ ortam olarak iki farklı ortam gibi düşünülebilir. Bir dalga leğeninin bir kısmına cam konularak leğendeki suda farklı derinlikte iki ortam elde edilir. Bu iki ortamda dalgaların nasıl davrandıkları incelenebilir.

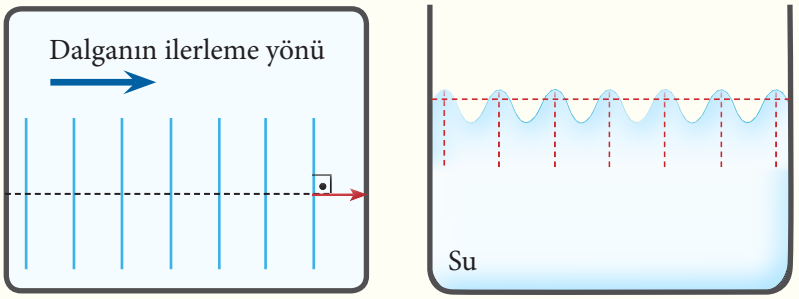


Resim 1.11. *Doğrusal su dalgalarının kırılması*

Resim 1.11'de bu şekilde hazırlanan dalga leğeninde doğrusal su dalgalarının derin kısımdan sığ kısma geçerken davranışı görülmektedir. Dalga leğenine doğrusal dalgalara paralel yerleştirilmeyen cam yüzeyle oluşturulan sığ kısma gelen dalgaların yayılma doğrultusu kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Çizilen yayılma doğrultusuna bakıldığında doğrusal dalgaların sığ kısma geçtiklerinde yayılma doğrultularından saptıkları görülmektedir. Bu olaya **su dalgalarında kırılma** denir. Aynı zamanda sığ kısımda ilerleyen dalga tepeleri arasındaki uzaklık, derin kısımdakilere göre daha azdır. İki dalga tepesi arasındaki uzaklığa dalga boyu adı verildiğini biliyoruz. Buna göre; farklı derinliklere sahip su ortamında ilerleyen doğrusal dalgaların, farklı dalga boylarına sahip olacağını söyleyebiliriz.

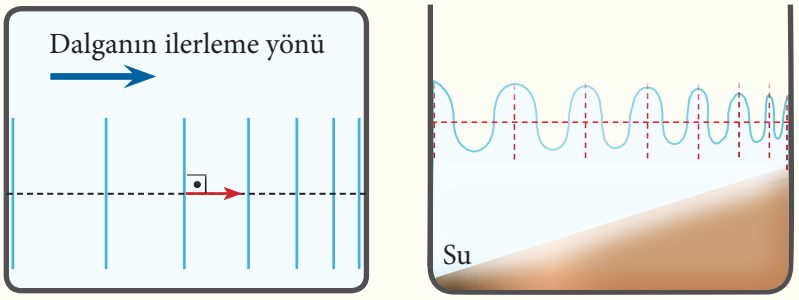
Şekil 1.40.a.b.c.d'de derinlikleri farklı dalga leğenlerinde doğrusal su dalgalarının ilerlemesi görülmektedir.

Dalga leğeninin üsten görünüşü **Dalga leğeninin yandan görünüşü**



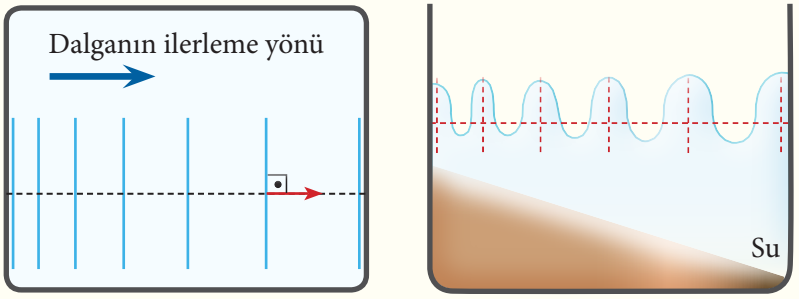
Şekil 1.40.a'da dalga leğenindeki derinlik sabittir. Bu nedenle doğrusal dalganın dalga boyu değişmez.

Şekil 1.40.a



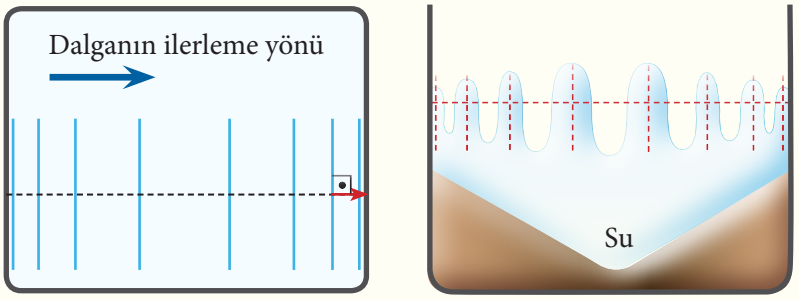
Şekil 1.40.b'de dalga leğeninde derinlik azalmaktadır. Bu nedenle dalga boyu sığ kısımda azalacaktır.

Şekil 1.40.b



Şekil 1.40.c'de dalga leğeninde derinlik gittikçe artmaktadır. Doğrusal dalgaların dalga boyu da derin ortama gidildikçe artmaktadır.

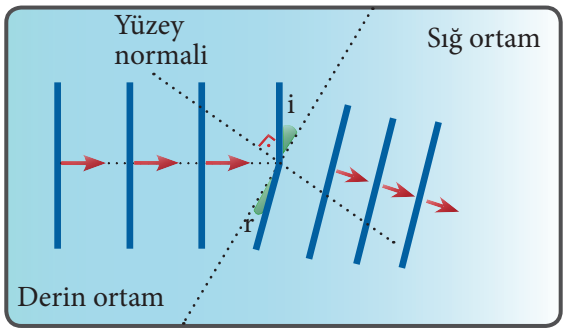
Şekil 1.40.c



Şekil 1.40.d'de dalga leğeninde derinlik önce artmakta sonra ise azalmaktadır. Buna göre doğrusal dalgaların da dalga boyunda önce artma sonra azalma olacaktır.

Şekil 1.40.d

Derin ve sığ ortamları ayıran yüzey, doğrusal dalgalara paralel ise ikinci ortama geçen doğrusal dalgaların yayılma doğrultusu değişmez. Ayırıcı yüzey ile dalgaların yayılma doğrultusu paralel değilse ikinci ortamdaki yayılma doğrultusu değişir (Şekil 1.41).



Şekil 1.41. *Yayılma doğrultusuna paralel olmayan ayırıcı yüzeyden doğrusal dalgaların geçişi*

7. UYGULAMA

1. **Doğrusal su dalgalarının derin ortamdan sığ ortama geçerken yayılma hızı ve dalga boyu nasıl değişir?**

2. **Doğrusal su dalgalarının sığ ortamdan derin ortama geçerken yayılma hızı ve dalga boyu nasıl değişir?**

3. **Stroboskop hangi amaçla kullanılan bir araçtır?**

4. BÖLÜM
SES DALGASI

Anahtar Kavramlar

- Dalga
- Titreşim
- Periyot
- Frekans
- Rezonans
- Ses yüksekliği
- Ses şiddeti
- Tını
- Yankı
- Uğultu
- Gürültü
- Ses kirliliği

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,

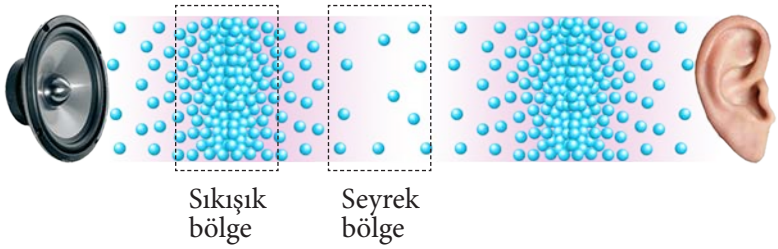
1. Ses dalgaları ile ilgili temel kavramları,
2. Ses dalgalarının tıp, denizcilik, sanat ve coğrafya alanlarında kullanımlarını öğrenmiş olacaksınız.

Bütün canlılar, aralarında iletişim kurabilmek için ses çıkarırlar. Doğada gerçekleşen bütün olaylar sırasında değişik şiddette ses çıkar. Bu seslerin bazılarını duyar, bazılarını duyamayız. Bunun nedeni sesin duyulabilmesi için belirli şiddette olması gerektiğidir.

Ses dalgalar hâlinde yayılır. Ses dalgasını açıklayabilmek için ses dalgası ile ilgili bazı kavramların açıklanması gerekir. Şimdi ses dalgalarında yükseklik, şiddet, tını, rezonans ve yankı kavramlarını açıklayalım.

1.4.1. Ses Dalgaları İle İlgili Temel Kavramlar

Sesin bir mekanik dalga olduğunu, bir kaynağın titreşmesi sonucunda oluşan ses dalgasının yayılması için bir esnek ortama ihtiyaç olduğunu ifade etmiştik. Ses kaynağından çıkan ses dalgaları yayıldıkları ortamın moleküllerini ileri geri hareket ettirerek yani sıkışıp genişleyerek enerjilerini birbirlerine aktarır. Örneğin; kulağımızı yere koyduğumuzda yaklaşmakta olan bir trenin sesini duyabiliriz. Bu olayda yer kabuğunun titreşmesiyle hava molekülleri de titreşir. Hava moleküllerinin titreşmesiyle de enerji kulak zarına iletilir ve kulak zarı titreşir (Şekil 1.42).



Şekil 1.42. *Hava moleküllerinin titreşerek ses dalgalarının kulağa iletilmesi*

Hava titreşimlerinden ibaret olan ses olayının ilk mantıklı açıklamasını Türk bilim insanı Farabi yapmıştır. Farabi, titreşimlerin dalga uzunluğuna göre azalıp çoğaldığını deneyler yaparak tespit etmiştir. Bu keşfiyle musiki aletlerinin yapımında gerekli olan kaideleri bulan Farabi aynı zamanda tıp alanında da çalışmalar yapmıştır.

Bilgi notu

Yarasalar yönlerini bulmak ve beslenmek için çok yüksek frekanslı ses dalgaları yayar. Yarasaların yaydığı ses dalgaları yerdeki avdan yansıyarak yarasaya gelir. İşitme sistemi ile bu geri gelen sesi algılayan yarasa avının bulunduğu yeri saptar.

Şimdi ses dalgaları ile ilgili yükseklik, şiddet, tını, rezonans ve yankı kavramlarını sırasıyla tanımlayalım:

1. Sesin yüksekliği

Bir köpek ve kedinin çıkardığı ses birbirinden farklıdır. Kedinin sesi kalın, köpeğin sesi incedir diyebilir miyiz? Günlük yaşamımızda etrafımızda duyduğumuz seslerin bazıları ince bazıları kalındır.

Peki, sesin ince ve kalın duyulmasının nedeni nedir?

Sesin ince veya kalın duyulması sesin yüksekliği ile ilgili bir kavramdır. Kalın sesi ince sesten ayıran özelliğe **sesin yüksekliği** denir. Sesin yüksekliği ses dalgalarını oluşturan kaynağın frekansına dolayısıyla ses dalgalarının frekansına bağlıdır. Ses dalgalarının frekansı yüksekse duyulan ses incedir. Eğer ses dalgalarının frekansı düşükse duyulan ses kalındır. Örneğin; bir kedinin sesi kaplanın sesinden daha incedir (Resim 1.12). Yani kedinin çıkardığı sesin frekansı yüksek, kaplanın çıkardığı sesin frekansı daha düşüktür (Resim 1.13).

Resim 1.12. *Kedi yüksek frekanslı ses dalgası üretir.*

Resim 1.13. *Kaplan düşük frekanslı ses dalgası üretir.*

Özellikle yaz aylarında sineklerin çıkardığı vızıltı sesinden rahatsız olduğumuzu ifade ederiz. Vızıltı sesi sinek ve arıların kanatların çarpması sonucu oluşur. Herhangi bir şey saniyede 16 kereden fazla titreştiğinde belirli bir perdeden bir ses çıkarır. Karasinek kanatlarını saniyede ortalama 190 kere çırparak vızıltı sesini oluşturur.

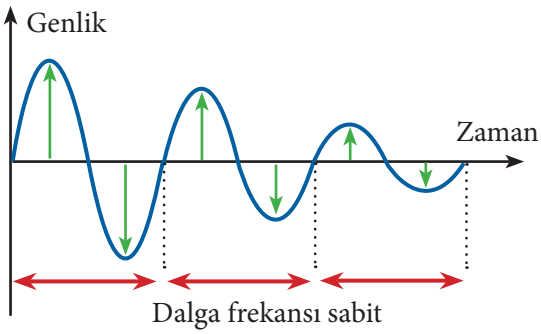
Arılar ise boyutlarına, ağırlıklarına ve kanat büyüklüklerine göre değişmekle birlikte 1 dakikada ortalama 11400 kez kanat çırpar, bu da vızıltı sesinin kaynağıdır (Resim1.14). Daha büyük olanlar saniyede ortalama 230 defa kanat çırpabilmektedirler. Ayrıca arılar bal taşıyıp taşımama durumuna bağlı olarak saniyede 7,5 m ve dakikada 300 m kadar yol alabilirler. Bal taşırken saniyede ortalama 190 defa kanat çırpan bir arının vızıltı sesinin frekansı ortalama 150 ile 200 Hz. arasındadır. Arılar, bal taşırken çıkardıkları vızıltının notası **Sİ**' dir. Eğer bal ile yüklü değillerse saniyede ortalama 440 defaya kadar kanat çırpabilirler. Bu sırada çıkardıkları vızıltının notası **LA**' dır.

Resim 1.14. *Bal arısı*

2. Sesin şiddeti

Şiddet, ses kaynağından çıkarak kulağımıza gelen sesin zayıf ya da kuvvetli olması ile ilgili bir kavramdır. Ses şiddetine **gürlük** adı da verilir. Sesin şiddeti, ses dalgalarının enerjisine ve genliğine bağlıdır. Ses dalga kaynağından çıkan sesin genliği büyükse duyulan ses şiddetli, genlik küçükse duyulan ses zayıftır. Şiddeti fazla olan ses enerjisi de fazla olduğundan daha uzağa yayılabilir. Ses dalgalarının yayılması için ortama ihtiyaç olduğunu ifade etmiştik. Bu nedenle aynı kaynaktan çıkan ses dalgalarının farklı uzaklıklardaki genlik ve enerjisi farklıdır. Ses kaynağından uzaklaştıkça sesin genliği ve enerjisi azalır. Bu nedenle kaynaktan uzak noktalarda ses daha az duyulur. Resim 1.15'te havalanan bir uçağın ses dalgasının uçaktan uzaklaştıkça genliğinin zamana bağlı olarak değişimi Grafik 1.1'de gösterilmiştir.

Resim 1.15. *Havalanan uçak*



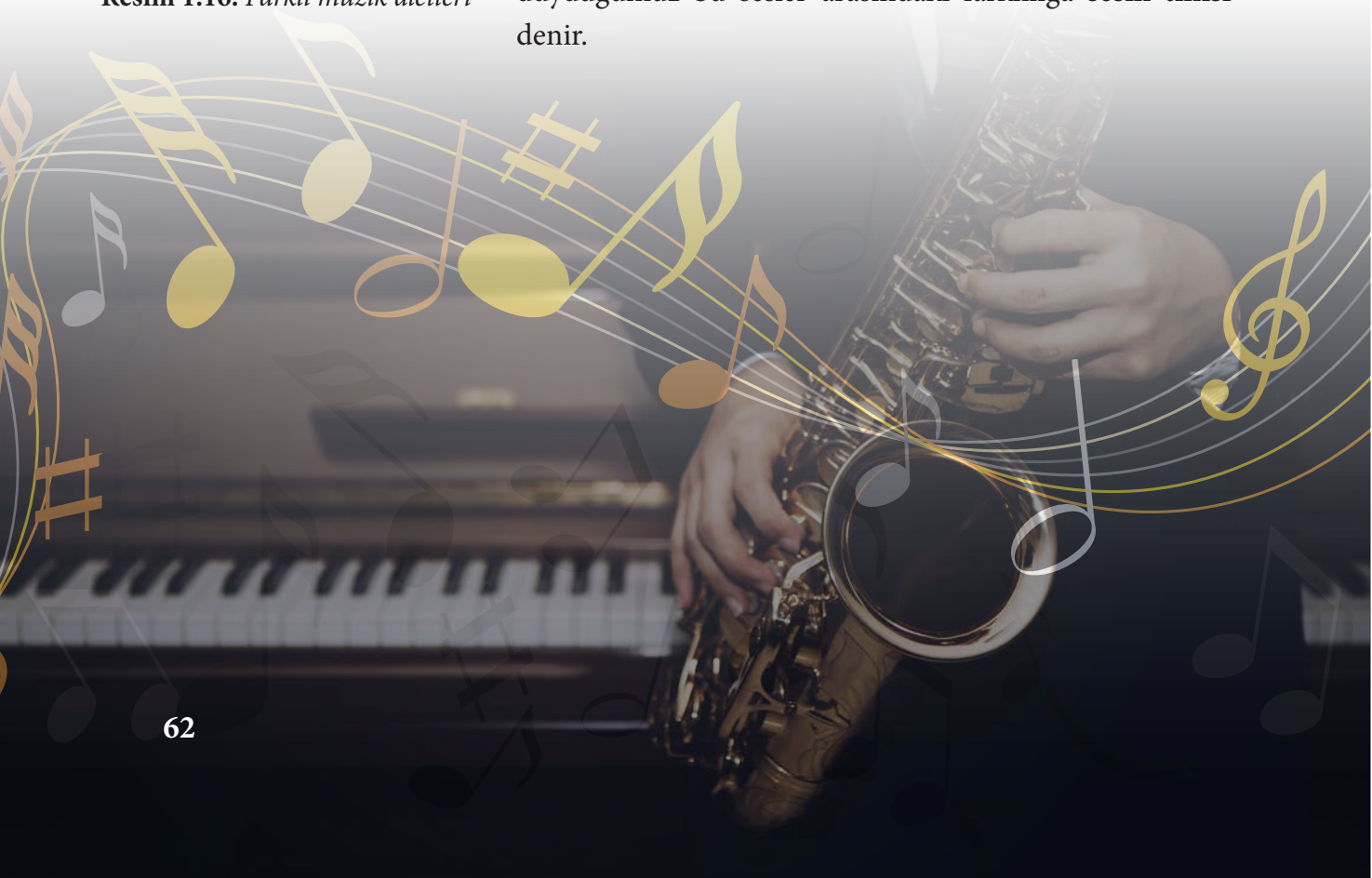
Grafik 1.1. *Ses dalgasının genliğinin zamana göre değişimi*

Bazen bir uğultu sesi duyduğumuzdan şikâyet ederiz. Uğultu sesi sürekli ya da periyodik olarak dış kaynaklı olmayan sesler olarak tanımlanır. Kulak uğultusu bir ya da iki kulakta birden değişen tonlarda olabilir. Yüksek şiddette bir gürültüye maruz kalmak insanda kulak uğultusuna neden olabilir. Bu şiddette sesler insanların çevrede var olmayan sesleri duymasına neden olabilir. Kulak uğultusuna neden olabilen gürültü bir konser, ateşli silahlar, gürültülü mekanik aletler ya da patlamalardan kaynaklanabilir. Anlık bir patlama sesi ya da sürekli bir mekanik cihaz kaynaklı bu sesler saç hücrelerine ve kulak sinirlerine hasar verir.

3. Sesin tınısı

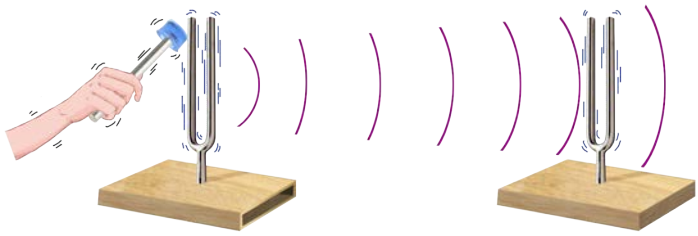
Aynı frekansa sahip ses dalgalarının farklı kaynaklardan çıkması ile ilgili bir kavramdır. Ses dalgalarını oluşturan kaynaklar farklı frekansları aynı olduğunda duyulan sesler farklı algılanır. Bu olay müzikte sesler arası renk farkı olarak isimlendirilir. Örneğin; gözlerimiz kapalıyken aynı müzik parçasını viyola ve piyanodan dinlersek bu iki müzik aletini birbirinden ayırt edebiliriz (Resim 1.16). İşte duyduğumuz bu sesler arasındaki farklılığa **sesin tınısı** denir.

Resim 1.16. *Farklı müzik aletleri*



4. Rezonans

Bir ses kaynağından yayılan ses dalgaları, başka maddelerin titreşmesine neden olabilir. Aynı frekansta ses üreten iki kaynaktan biri titreştirildiğinde diğeri de bundan etkilenerek titreşir. Bu olaya **rezonans** denir. Şekil 1.43'te bir diyapazon çatalına vurulduğunda çıkan ses dalgaları diğer diyapazon ile rezonansa girmiştir. Ses dalgalarının frekansı ikinci diyapazonun frekansına eşit olduğu anda ikinci diyapazon titreşime geçmiştir.



Şekil 1.43. *Rezonans olayı*

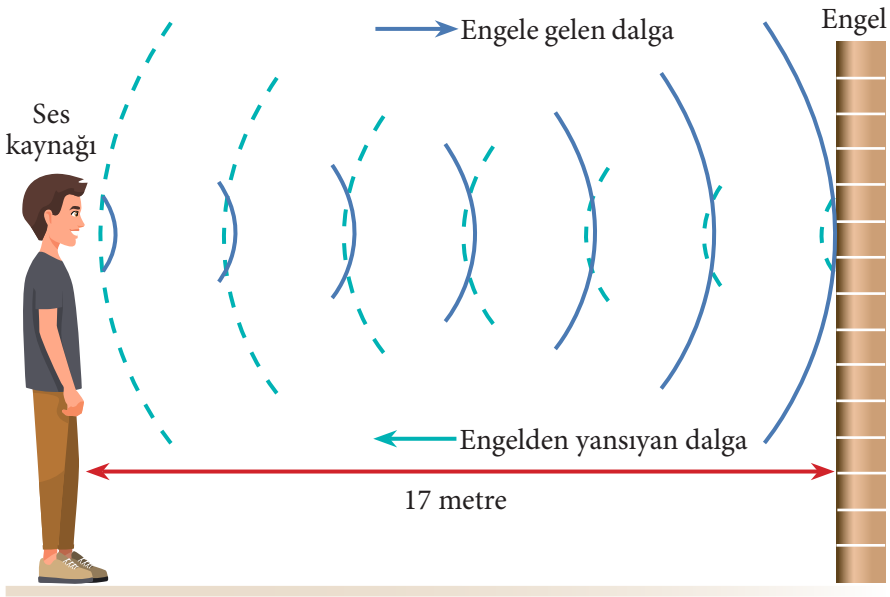
Bir cismin kütlesine ve esnekliğine bağlı olan frekansa **doğal frekans** adı verilir. Eğer cisim doğal frekans değeriyle uyarılırsa büyük genlikle titreşir. Uyarıcının etkisi kaldırıldığındaysa zamanla genliğini küçülterek sıfıra indirir. Bunun nedeni ses dalgasının yayıldığı ortamdaki sürtünme nedeniyle enerjisinin azalmasıdır. Bu olaya **sönümleme** denir.

Titreşim yapan cisimlerin titreşimlerini sürdürebilmeleri için kaybettikleri enerjiyi tekrar kazanmaları gerekir. Cisme titreşim yönünde bir kuvvet uygulandığında kaybettiği enerji tekrar kazandırılabilir. Bu duruma **zorla titreşim** adı verilir. Uygulanan dış kuvvetin frekansı cismin titreşim frekansına eşit olduğunda titreşim maksimum genlikte olur. Ortaya çıkan bu durum da rezonans durumudur.

5. Yankı

Ses dalgaları da yay ve su dalgaları gibi bir yüzeye çarptığında yansır. Ses dalgaları en iyi sert ve düzgün yüzeylerde yansırken, yumuşak ve pürüzlü yüzeylerde oluşan yansıma iyi değildir.

Ses dalgalarının 17 metreden daha uzak bir yüzeye çarpıp yansıyarak tekrar duyulmasına **yankı** denir. Yankı olayı dağ yamaçlarında, boş odalarda, spor salonları gibi yerlerde gerçekleşir; yankı olayını küçük kapalı yerlerde (3-5 m mesafeden) fark edemeyiz. Ses, açık havada yaklaşık olarak 352 m/s hızla yol alır. Havada yol alan ses dalgalarının hareketi, durgun bir suya atılan taşın, suyun yüzeyinde meydana getirdiği iç içe dairesel su dalgalarının hareketini andırır. Ayrıca belirli bir kaynaktan çıkan ses, tıpkı bir elektrik ampulünün ışığı gibi her yönde yayılır. Bu yayılma sırasında ses dalgalarının karşısına yankıyı oluşturacak uygun bir engel çıktığı zaman, engele çarpan ses dalgaları yansıyarak geri döner. Söz konusu yansıma olayı da bir tekrar niteliğindeki yankıyı meydana getirir (Şekil 1.44).



Şekil 1.44. *Ses yankısı*

Bazı engeller yankıya sebep olmayabilirler. Bu gibi engeller ses dalgalarını yansıtacakları yerde onu absorbe eder yani emer. Bu durumda ses dalgalarında yansıma olmayacağından yankı da olmaz fakat genellikle, düzgün yüzeyler, yüksek duvarlar, kayalıklar, bir evin cephesi, kendine çarpan sesi yansıtır. Yani yankının meydana gelmesine sebep olur. Bu bakımdan en ilginç gerçek, bulutların da sesi

yansıttığı, dolayısıyla yankı meydana getirdiğidir. Yağmurlu günlerde duyduğumuz gök gürültüsü, ilk keskin ve patlama halindeki sesin bulutlara çarparak tekrar tekrar işitilmesidir.

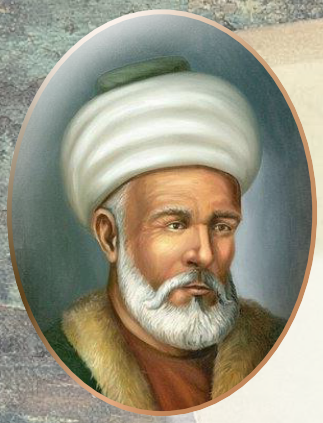
Gürültü ve ses kirliliği

Günümüzde yaşadığımız çevrenin kalitesini ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen önemli faktörlerden biri de gürültüdür. Gürültüyü hoşa gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses olarak tanımlayabiliriz. Ses, nesnel bir kavramdır yani ölçülebilir ve varlığı kişiye bağlı olarak değişmez. Gürültü ise öznel bir kavramdır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere bir sesin gürültü olarak nitelenip nitelenmemesi kişilere bağlı olarak değişebilir. Kimilerinin severek ve eğlenerek dinlediği müzik diğerlerini rahatsız edebilir.

İnsanların ve diğer canlıların yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkileyecek şiddetteki seslerin belli bir ortamda bulunması **ses kirliliği** olarak adlandırılır. Özellikle hızlı büyüyen şehirlerde, mesken ve sanayi alanlarının plansız ve iç içe gelişmesi ses kirliliğinin oluşturan en önemli etkenlerden biridir. Trafik yoğunluğunun artması, elektrik, elektronik ve mekanik aletlerin günlük hayatımıza daha çok girmesiyle birlikte gürültüden rahatsızlık artmakta ve giderek insanlarımızın dinlenebilecekleri, çalışabilecekleri kısaca huzurlu şekilde yaşayabilecekleri mekânlar azalmaktadır. Diğer taraftan, başkalarının istirahat hakkına saygının ve çevre hassasiyetinin yeterince gelişmediği durumlarda, eğlence ve diğer günlük faaliyetlerden kaynaklanan gürültünün sebep olduğu ses kirliliği insanlarda başta işitme kaybı ve uyku bozukluğu olmak üzere dolaşım ve solunum bozuklukları, yüksek tansiyon gibi ciddi fiziksel sorunları ortaya çıkarabilir. Bunlara ek olarak stres, konsantrasyon eksikliği ve davranış bozukluklarına da yol açabilir.

8. UYGULAMA

1. **Sesin yüksekliğini ve şiddetini belirleyen etkenler nelerdir?**
2. **Rezonans olayı nasıl meydana gelir?**
3. **Sesin yankılanması için hangi şartların sağlanması gerekir?**



FARABİ KİMDİR?

Farabî ya da Batı'da bilinen adıyla Alpharabius, 8 ve 13. yüzyıllar arasındaki İslamın Altın Çağında yaşamış ünlü filozof ve bilim insanıdır. Aynı zamanda gökbilimci, mantıkçı ve müzisyendir. Arapça, Farsça, Grekçe ve Latince'yi çok iyi öğrenerek, Aristo ve Eflatun'un eserlerini defalarca okudu. Farabi fizikle de ilgilendi. Hava titreşimlerinden ibaret olan ses olayının ilk mantıki izahını Farabi yaptı. Titreşimlerin dalga uzunluğuna göre azalıp çoğaldığını, deneyler yaparak tespit etti. Bu keşfiyle musiki aletlerinin yapımında gerekli olan kuralları da buldu. Farabi bir musiki üstadıydı. Kanun adındaki çalgı aletini buldu. Ayrıca rübab denilen çalgıyı da geliştirip bugünkü şekle soktu.

1.4.2. Ses Dalgalarının Kullanım Alanları

Ses kaynağından oluşan ses dalgaları günümüzde bazı alanlarda yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır. Bunlardan tıp, denizcilik, sanat ve coğrafya alanlarında yapılan çalışmaları sırasıyla inceleyelim:

1. Ses dalgalarının tıpta kullanılması

Ses dalgaları iç organlarımızın görüntülenmesinde kullanılır. **Ultrason** adı verilen görüntüleme cihazı ses dalgalarından yararlanılarak geliştirilmiştir. Ultrason cihazı kulağımızla duyamadığımız sesi yayar, bu sesin iç organlarda yansıması ile ekranda görüntü oluşur. Ultrason cihazı sayesinde iç organlarımızın görüntülenmesi sağlanır. Doktorların hastalıkların teşhisinde, anne karnındaki bebeğin görüntülenmesinde ultrason kullanır. Bu aletle elde edilen görüntü ekrana aktarılır (Resim 1.17).

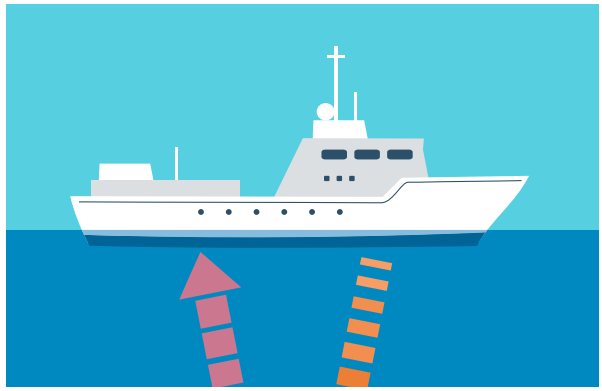
Resim 1.17. *Ultrason cihazı ile görüntüleme*

2. Ses dalgalarının sanatta kullanılması

Ses dalgalarının kullanıldığı sanat alanı hiç kuşkusuz müziktir. Müzik aletlerinden çıkan düzenli ses dalgaları kulağımıza hoş bir melodi olarak gelir. Müzik aletinin yapıldığı maddenin cinsi, genişliği ve şekli çıkardığı sesi değiştirir. Genellikle küçük müzik aletleri yüksek frekansta ses üretirken, büyük müzik aletleri düşük frekansta ses üretir.

3. Ses dalgalarının denizcilikte kullanılması

Ses dalgaları denizin derinliğinin ölçülmesinde kullanılır. Sonar adı verilen görüntüleme cihazı denize ses dalgaları gönderir. Cihaz sesin engele çarparak geri gelme süresini ölçer ve ne kadar uzaklıkta olduğunu tespit eder. Gemilerde kullanılan sonar cihazı deniz derinliğini, batık gemilerin yerini ve balık sürülerinin yerinin tespiti için kullanılır (Şekil 1.45).



Şekil 1.45. *Ses dalgalarının engele çarpıp geri dönmesi ile yer tespiti yapılır.*

4. Ses dalgalarının coğrafyada kullanılması

Ses dalgaları yer tespitinde kullanılır. Ses dalgaları kullanılarak cisimlerin yerini tespit etme teknolojisi yirminci yüzyılda geliştirilmiştir. Bu teknoloji savaşta kullanılmak amacıyla geliştirilmiş olan sonar cihazı günümüzde deniz dibi haritalarının çıkarılması gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Şekil 1.46).

Şekil 1.46. *Ses dalgaları ile deniz dibi haritasının çıkarılması*

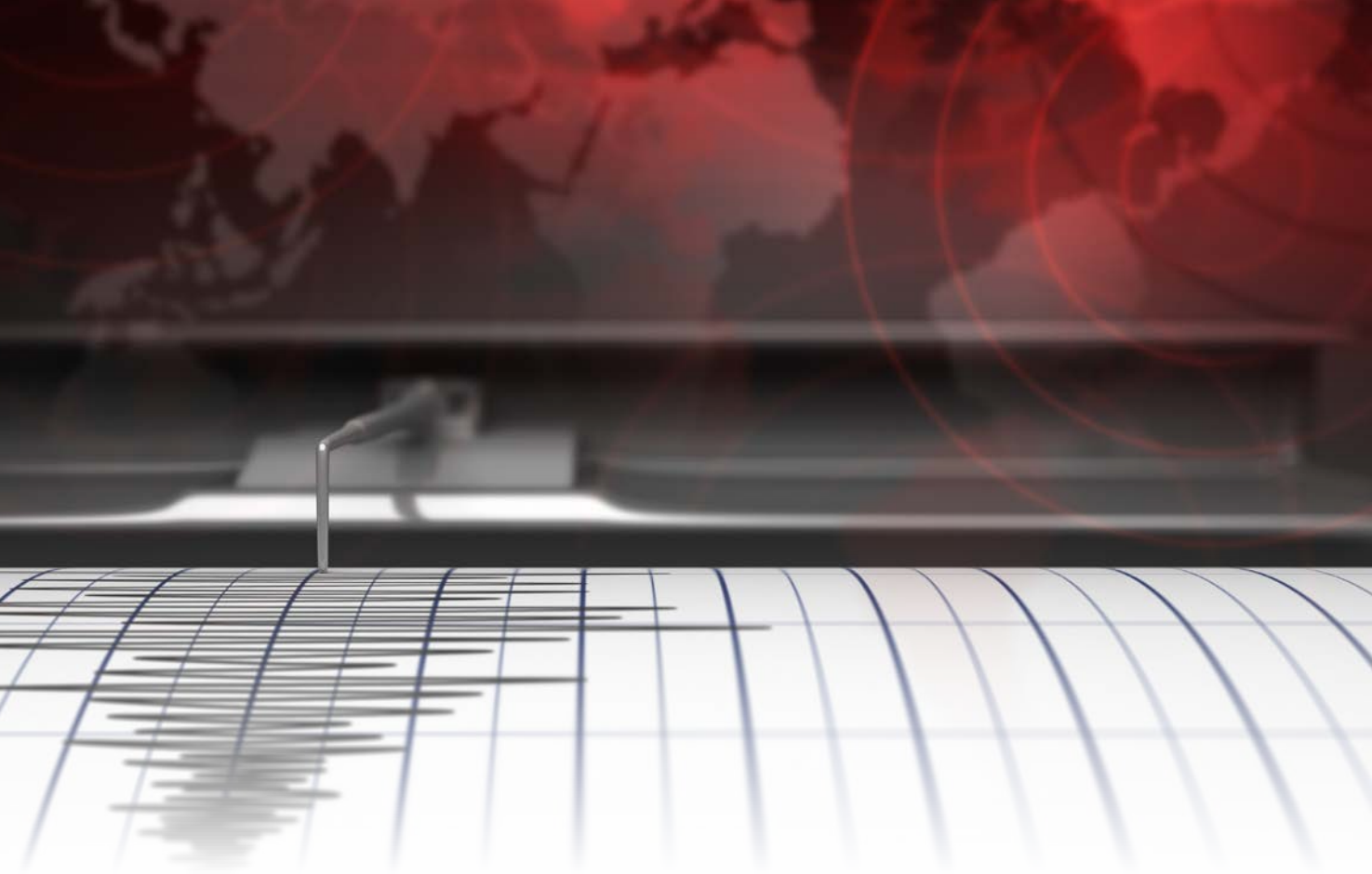
Göktaşları Atmosferde Ses Patlamalarına Sebep Olur mu?

Göktaşlarının atmosfere giriş hızları 10 ile 70 kilometre/saniye arasında değişir. Yani atmosfere girdiklerinde ses hızının (20°C'de havadaki hızı 344 metre/saniye) çok üzerindeki hızlarda hareket ederler. Dolayısıyla havada şok dalgaları ve ses patlamaları oluşturabilirler. Ancak küçük boyuttaki göktaşlarının hızları atmosferdeki gazların ve parçacıkların oluşturduğu sürtünme nedeniyle kısa sürede düşer. Küçük göktaşları yerin yüzeyine ulaşamadan atmosferde parçalanır.

Ancak atmosfere giren gökcisminin büyük olması durumunda atmosferin oluşturduğu sürtünme etkisi daha belirsizdir. Bu nedenle büyük göktaşları atmosferde daha yüksek hızlarda hareket eder. Örneğin elli metre çapındaki Barringer Krateri'ni oluşturan göktaşının 49 bin yıl önce Arizona Çölü'ne çarptığı andaki hızının saatte yaklaşık 40 bin kilometre olduğu tahmin ediliyor.

Sesten hızlı hareket eden bir cismin havada oluşturduğu şok dalgalarının ve ses patlamalarının şiddetini cismin büyüklüğü, kütlesi, şekli, irtifası ve atmosfer koşulları etkiler. Örneğin daha büyük ve ağır cisimler daha şiddetli ses patlamaları oluşturur. Sesten hızlı hareket eden bir cismin irtifası yüksekse oluşturduğu şok dalgaları daha uzun mesafe katedeceğinden, ses patlamasının yerin yüzeyindeki etkisi daha azdır. Bu nedenle yüksek hızlarda hareket eden büyük göktaşlarının havada oluşturduğu ses patlamaları insanlar tarafından duyulabilir. Örneğin 2013 yılında Rusya'nın Çelyabinsk şehri yakınlarına düşen göktaşının çapının 15 metre, kütlesinin 7000 ton olduğu tahmin ediliyor. Atmosfere girdiği andaki hızı yaklaşık 65 bin kilometre/saat olan gökcisminin sebep olduğu şok dalgaları ve ses patlamaları çevredeki birçok evin camlarının kırılmasına sebep olmuştu.

http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/goktaslari-atmosferde-ses-patlamalarina-sebep-olur-mu



5. BÖLÜM
DEPREM DALGASI

Anahtar Kavramlar

- Deprem dalgası

Neler Öğreneceğiz?

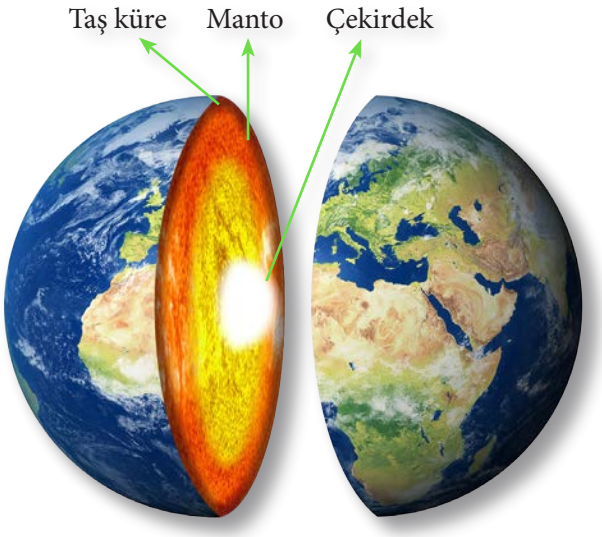
Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Deprem dalgasını,
2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözümleri öğrenmiş olacaksınız.

1.5.1. Deprem Dalgası Nedir?

Deprem üzerinde yaşadığımız gezegende meydana gelen doğal olaylardan biridir. Dünyamız var olduğu sürece de devam edecektir. Bu nedenle depremin nasıl oluştuğunu ve depremle ilgili bazı kavramları öğrenmeliyiz. Ayrıca deprem sırasında can ve mal kaybını en aza indirmek için neler yapmamız gerektiğini de bilmemiz gerekir.

Üzerinde yaşadığımız yerküre; çekirdek, manto ve taş küre adı verilen katmanlardan oluşur (Şekil 1.47).



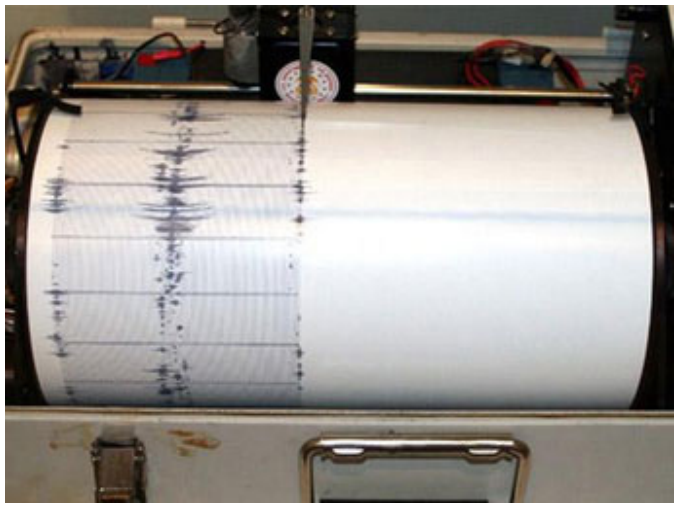
Şekil 1.47. *Dünyanın katmanları*

Canlılar, yerkürenin en dış kısmındaki taş kürede yaşar. Okyanuslar ve kıtalar taş küre üzerinde bulunur. Merkezde bulunan çekirdeğin erimiş hâldeki demir ve nikelden oluştuğu düşünülmektedir. Taş küre ile manto arasında kalan katmanda oluşan kuvvetler nedeniyle taş kabuk kırılır. Bu kırılma sonucu yer kabuğunda büyüklü küçüklü levhalar oluşur. Manto katmanı üzerinde yüzen bu levhalar birbirlerine göre hareket hâlindedir. Levhaların hareketleri sırasında birbirlerine değdikleri yerlerde sıkışmalar, birbirinin üstüne çıkmalar ya da altına girmeler ve sürtünmeler meydana gelir. İşte bu yerler depremlerin meydana geldiği yerlerdir.

Levhaların birbirini zorladıkları yerlerde yani depremin meydana geldiği yerlerde büyük bir enerji açığa çıkar.

Bu enerji hareketi başlatarak çok uzaklara yayılan deprem dalgalarını oluşturur. Bu olay tıpkı gergin esnek bir yayda atma oluşturulması ya da durgun su yüzeyine dokunduğumuzda meydana gelen su dalgalarının hareketine benzemektedir. Deprem dalgaları da yay ve su dalgalarında olduğu gibi kaynaktan uzaklaştıkça enerjisi azalır.

Yeryüzünde her yıl yaklaşık olarak 800000 (sekiz yüz bin) deprem olduğu tahmin ediliyor. Bunların büyük bir bölümü insanlar tarafından fark edilmeyecek kadar hafif şiddette olur. Bu tür depremler ancak **sismograf** (**sismometre**) ya da **depremölçer** denilen duyarlı aygıtlar tarafından saptanabilir (Resim 1.18). Depremin nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının nasıl yayıldığını, depremlerin ölçülmesi ve depremle ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına **sismoloji** adı verilir.



Resim 1.18. *Sismografi cihazı*

Depremin büyüklüğü

Depremin büyüklüğü kırılan yüzeyin büyüklüğünü ve dolayısıyla ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirten bir ölçüdür. Örneğin; M=2.0 büyüklüğünde bir deprem, yeryüzünün derinliklerinde yaklaşık bir futbol sahası büyüklüğünde bir kırığın meydana geldiğini gösterir. Büyüklük bir birim artarsa, yani 3. 0 büyüklüğünde bir deprem oluşmuş ise, yaklaşık 10 futbol sahasına eşit bir alanın kırılmış olduğu anlaşılır.

Depremin büyüklüğü nasıl ölçülür?

Depremi oluşturan kırık genelde yer kabuğunun derinliklerindedir; ancak büyük depremlerde yer yüzeyine kadar ulaşır ve bizim fay kırığı dediğimiz yüzey kırıklarını oluşturur (Resim 1.19). Bir deprem olduğunda, derinlerde oluşan kırığı doğrudan gözle görmek mümkün olmadığından, onun yüz ölçümünü dolaylı olarak tahmin etmek zorunda kalırız. Bir başka deyişle; deprem kırığını kendisini görmesek de onun ortaya çıkardığı etkileri inceleyerek büyüklüğü hakkında bir fikir edinebiliriz. Buna örnek olarak birisinin bir havuza taş attığını ancak bizim taşın büyüklüğünü bilmediğimizi kabul edelim. Taşın havuza düşerken çıkardığı sesi dinleyerek veya havuzda oluşan dalgalanmaların boyutuna bakarak taşın küçük mü, yoksa büyük mü olduğunu tahmin edebiliriz. Depremin büyüklüğünü kestirmek de tamamen buna benzer bir süreçtir. Depremde yer kabuğu içerisinde havuzdaki suya benzer şekilde dalgalanmalar oluşturur.

Yer kabuğunda oluşan dalgalanmaları ölçmek için sismograf dediğimiz aygıtların kullanıldığını ifade etmiştik. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, büyüklük hesaplanırken, depremin merkezinin doğru bir şekilde belirlenmiş olması esastır. Havuza atılan taş örneğinde olduğu gibi su üzerinde oluşan dalgaların genliği, kaynak noktasından uzaklaştıkça yavaş yavaş azalır. Bu nedenle, dalgalanmaların genliğini yorumlarken onun ne kadar uzak bir mesafeden geliyor olduğunu bilmek şarttır. Göz önünde tutulması gereken önemli bir nokta, yer kabuğunun hiçbir zaman havuzun suyu gibi yalın bir yapıya sahip olmaması, katmanlar, kıvrımlar içeren çok karmaşık bir dokuya sahip olmasıdır. Bu nedenle depremle oluşan yer kabuğu dalgalanmaları yayıldığı yöne bağlı olarak çok farklı değişim-lere uğrayabilir. Olası bu bozulmalar göz önüne alınarak, büyüklüğü belirlemek için çoğu zaman tek bir sismograf sonuçları ile yetinilmez. Depremi farklı yönlerden ve farklı uzaklıklardan izleyebilmiş birçok simograf ölçümünün ortalaması alınarak daha güvenli bir sonuç elde edilir.

Resim 1.19. *Fay kırığı*

Depremin büyüklüğü Richter (Rihter) ölçeğine göre değerlendirilir. Richter ölçeği, sismolojide kullanılan, Dünya genelinde meydana gelen depremlerin aletsel büyüklüklerini ve sarsıntı oranını belirleyen ve sınıflara ayıran uluslararası ölçüm birimidir.

Depremin şiddeti

Depremin şiddeti; herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle depremin şiddeti; onun, yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerinin bir ölçüsüdür (Resim 1.20). Bu etki, depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı, yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık dahi değişik olabilmektedir. Şiddet depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak yansıtır.

Depremin şiddeti nasıl belirlenir?

Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan "Şiddet Cetvelleri" ne göre değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle "Deprem Şiddet Cetvelleri" depremin etkisinde kalan canlı ve cansız her şeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesinde depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Resim 1.20. *Depremin etkileri*

Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler, şiddet tablosunda hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin; depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak ifade edilir. Deprem şiddet cetvellerinde, şiddetler Romen rakamıyla gösterilmektedir.

"Gölcük'te 7.0 büyüklüğünde deprem meydana geldi."

"Gölcük'te 7.0 şiddetinde deprem meydana geldi."

Sizce yukarıda verilen iki ifadeden hangisi doğrudur?

7.0 rakamı burada, depremde ortaya çıkan enerjinin büyüklüğünü ifade etmektedir. Bu nedenle birinci kavramı yani büyüklük kavramını kullanmalıyız. Depremin gücü yani boyutu iki şekilde ifade edilir. Bunlardan birisi depremin şiddeti, diğeri ise depremin büyüklüğüdür. Bu iki kavram sıklıkla yanlış kullanılmaktadır. Tablo 1.1'de deprem şiddeti ve büyüklük ölçeği verilmiştir.

Tablo 1.1. *Deprem büyüklük ve şiddet tablosu*

Büyüklük	Şiddet	Etkisi	
0–1,9	I	Sadece cihazlar kaydeder, hissedilmez.	
2–2,9	II	Çok hassas olanlar hisseder, asılı cisimler sallanır.	
3–3,9	III	Ağır bir kamyon geçiyormuş gibi titreşim oluşturur, bazı insanlar hisseder.	
4–4,9	IV–V	Pek çok insan hisseder. Asılı cisimler sallanır. Dolaplardaki tabak ve bardaklar kırılabilir.	
5–5,9	VI	Herkes hisseder ve korku oluşur. Bacalar devrilir.	
6–6,9	VII–IX	Binalar güçlü sarsıntıdan etkilenir ve çatlaklar oluşur. Çürük binalar yıkılır.	
7–7,9	X–XI	Halk arasında büyük panik havası oluşur. Yer kabuğunda kırılmalar meydana gelir. Sağlam binalar ayakta kalır, zayıf binalar yıkılır.	
8–8,6	XII	Hemen hemen her şey yıkılır. Çok büyük can ve mal kayıpları oluşur.	

1.5.2. Deprem Kaynaklı Can ve Mal Kayıpları Nasıl Önlenir?

Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemek için yapılması gerekenleri; depremden önce yapılması gerekenler ve depremden sonra yapılması gerekenler olmak üzere iki kısımda inceleyebiliriz:

1. Deprem öncesi alınacak önlemler

- Yerleşim bölgeleri titizlikle belirlenmelidir. Kaygan ve ovalık bölgeler iskâna açılmamalıdır. Konutlar gevşek toprağa sahip meyilli arazilere yapılmamalıdır.
- Yapılar, deprem etkilerine karşı dayanıklı inşa edilmelidir. Mevcut binaların dayanıklılıkları arttırılmalıdır.
- İmar planında konuta ayrılmış yerler dışındaki yerlere ev ve bina yapılmamalıdır.
- Dik yarların yakınına, dik boğaz ve vadilerin içine bina yapılmamalıdır.
- Çok kar yağan ve çığ gelen yamaçlarda bina yapılmamalıdır.
- Konutlara deprem sigortası yaptırılmalıdır.
- Dolap üzerine konulan eşya ve büro malzemeleri; kayarak düşmelerini önlemek için plastik tutucu malzeme veya yapıştırıcılarla sabitlenmelidir.
- Soba ve diğer ısıtıcılar, sağlam malzemelerle duvara veya yere sabitlenmelidir.
- Dolaplar ve devrilebilecek benzeri eşyalar, birbirine ve duvara sabitlenmelidir. Eğer sabitlenen eşya ve duvar arasında boşluk kalıyorsa çarpma etkisini düşürmek için araya bir dolgu malzemesi konulmalıdır.
- Tavan ve duvara asılan avize, klima vb. cihazlar bulundukları yere ağırlıklarını taşıyacak şekilde, duvar ve pencerelerden yeterince uzağa ve kanca ile asılmalıdır.
- İçinde ağır eşyalar bulunan dolap kapaklarının, mekanik kilitler takılarak sıkıca kapalı kalmaları sağlanmalıdır.

- Tezgah üzerindeki kayabilecek beyaz eşyalarımızın altına metal profil koyarak kayması önlenmelidir.
- Zehirli, patlayıcı, yanıcı maddeler, düşmeyecek bir konumda sabitlenmeli ve kırılmayacak bir şekilde depolanmalıdır. Bu maddelerin üzerlerine fosforlu, belirleyici etiketler konulmalıdır.
- Rafların önüne elastik bant ya da tel eklenebilir. Küçük nesneler ve şişeler, birbirlerine çarpmayacak ve devrilmeyecek şekilde, kutuların içine yerleştirilmelidir.
- Gaz kaçağı ve yangına karşı, gaz vanası ve elektrik sigortaları otomatik hâle getirilmelidir.
- Binadan acilen çıkmak için kullanılacak yollardaki tehlikeler ortadan kaldırılmalı, bu yollar işaretlemeli, çıkışı engelleyebilecek eşyalar çıkış yolu üzerinden kaldırılmalıdır.
- Geniş çıkış yolları oluşturulmalıdır. Dışa doğru açılan kapılar kullanılmalı, acil çıkış kapıları kilitli olmamalıdır. Acil çıkışlar aydınlatılmalıdır.
- Karyolalar pencerenin ve üzerine devrilebilecek ağır dolapların yanına konulmamalı, karyolanın üzerinde ağır eşya olan raf bulundurulmamalıdır.
- Tüm bireylerin katılımı ile (evde, iş yerinde, apartmanda, okulda) "Afete hazırlık planları" yapılmalı, her altı ayda bir bu plan gözden geçirilmelidir. Zaman zaman bu plana göre nasıl davranılması gerektiğinin tatbikatları yapılmalıdır.
- Bir afet ve acil durumda eve ulaşılamayacak durumlar için aile bireyleri ile iletişimin nasıl sağlayacağı, alternatif buluşma yerleri ve bireylerin ulaşabileceği bölge dışı bağlantı kişisi (ev, işyeri, okul içinde, dışında veya mahalle dışında) belirlenmelidir.
- Önemli evrakların (kimlik kartları, tapu, sigorta belgeleri, sağlık karnesi, diplomalar, pasaport, banka cüzdanı vb.) kopyaları hazırlanarak su geçirmeyecek

bir şekilde saklanmalı, ayrıca bu evrakların bir örneği de bölge dışı bağlantı kişisinde bulundurulmalıdır.

- Bina yönetimince önceden belirlenen, mesken veya işyerinin özelliği ve büyüklüğüne göre uygun yangın söndürme cihazı mutlaka bulundurulmalı ve periyodik bakımları da yaptırılmalıdır.

  Bu cihazlar:

  ✓ Kolayca ulaşılabilecek bir yerde tutulmalıdır.

  ✓ Yeri herkes tarafından bilinmelidir.

  ✓ Duvara sıkıca sabitlenmelidir.

  ✓ Her yıl ilgili firma tarafından bakımı yapılmalıdır.

  ✓ Bir kez kullanıldıktan sonra mutlaka tekrar doldurulmalıdır.

- Binalarda asansörlerin kapı yanlarına "Deprem Sırasında Kullanılmaz" levhası asılmalıdır.

2. Deprem anında yapılması gerekenler

- Kesinlikle panik yapılmamalıdır.
- Sabitlenmemiş dolap, raf, pencere vb. eşyalardan uzak durulmalıdır.
- Varsa sağlam sandalyelerle desteklenmiş masa altına veya dolgun ve hacimli koltuk, kanepe, içi dolu sandık gibi koruma sağlayabilecek eşya yanına çömelerek hayat üçgeni oluşturulmalıdır.
- Baş, iki el arasına alınarak veya bir koruyucu (yastık, kitap vb.) malzeme ile korunmalıdır. Sarsıntı geçene kadar bu pozisyonda beklenmelidir.
- Merdivenlere ya da çıkışlara doğru koşulmamalıdır.
- Balkona çıkılmamalıdır.
- Balkonlardan ya da pencerelerden aşağıya atlanmamalıdır.
- Kesinlikle asansör kullanılmamalıdır.
- Telefonlar, acil durum ve yangınları bildirmek dışında kullanılmamalıdır.

- Kibrit, çakmak yakılmamalı, elektrik düğmelerine dokunulmamalıdır.
- Tekerlekli sandalyede isek tekerlekler kilitlenerek baş ve boyun korumaya alınmalıdır.
- Mutfak, imalathane, laboratuar gibi iş aletlerinin bulunduğu yerlerde; ocak, fırın ve bu gibi cihazlar kapatılmalı, dökülebilecek malzeme ve maddelerden uzaklaşılmalıdır.
- Sarsıntı geçtikten sonra elektrik, gaz ve su vanaları kapatılmalı, soba ve ısıtıcılar söndürülmelidir.
- Diğer güvenlik önlemleri ile gerekli olan eşya ve malzemeler alınarak bina daha önce tespit edilen yoldan derhal terk edilip toplanma bölgesine gidilmelidir.
- Okulda sınıfta ya da büroda ise sağlam sıra, masa altlarında veya yanında; koridorda ise duvarın yanına hayat üçgeni oluşturacak şekilde ÇÖK-KAPAN-TUTUN hareketi ile baş ve boyun korunmalıdır.
- Pencerelerden ve camdan yapılmış eşyalardan uzak durulmalıdır.

3. Deprem anında açık alanda yapılması gerekenler

- Enerji hatları ve direklerinden, ağaçlardan, diğer binalardan ve duvar diplerinden uzaklaşılmalıdır. Açık arazide çömelerek etraftan gelen tehlikelere karşı hazırlıklı olunmalıdır.
- Toprak kayması olabilecek, taş veya kaya düşebilecek yamaç altlarında bulunulmamalıdır. Böyle bir ortamda bulunuluyorsa seri şekilde güvenli bir ortama geçilmelidir.
- Binalardan düşebilecek baca, cam kırıkları ve sıvalara karşı tedbirli olunmalıdır.
- Toprak altındaki kanalizasyon, elektrik ve gaz hatlarından gelecek tehlikelere karşı dikkatli olunmalıdır.
- Deniz kıyısından uzaklaşılmalıdır.

1. ÜNİTE ÖZET

DALGALAR

Titreşim, dalga hareketi, dalga boyu, periyot, frekans, hız ve genlik kavramları

Bir hareketlinin ileri geri ya da bir yandan diğer yana düzenli aralıklarla yaptığı harekete **dalga hareketi** adı verilir. Dalga hareketine titreşim hareketi de denilmektedir. Bu hareketin meydana gelebilmesi için ortamın esnek olması gerekir. Dalga hareketinde ortam hareket etmesi ya da madde aktarımı söz konusu değildir. Dalga hareketinde sadece titreşim hareketi sayesinde enerji taşınır.

Dalgaların taşıdığı enerjinin büyüklüğü genlik kavramı ile ifade edilir. Bir dalga tepesinin denge konumuna uzaklığına **genlik** adı verilir.

Bir dalga üzerindeki aynı özelliğe sahip iki nokta arasındaki uzaklığa **dalga boyu** denir.

Bir tam dalganın oluşması için geçen süreye periyot, bir dalga kaynağının belirli aralıklarla titreşmesi sonucu yayılan dalgalara **periyodik dalga** denir.

Bir noktadan geçen dalga sayısına ya da bir kaynaktan bir saniyede oluşan dalga sayısına **frekans** denir. Frekans kaynağa bağlıdır, ortamın fiziksel özelliklerine bağlı değildir.

Dalganın birim zamandaki yer değiştirmesine **ilerleme hızı** denir. Dalganın ilerleme hızı, ortamın fiziksel özelliklerine bağlıdır. Dalga kaynağına bağlı değildir.

Dalgaların taşıdığı enerjiye ve titreşim doğrultusuna göre sınıflandırılması

1. **Taşıdıkları enerjiye göre dalgalar**
   a) **Mekanik dalgalar:** Yayılması için ortama ihtiyaç vardır. Yay, su, ses ve deprem dalgaları mekanik dalgalardır.
   b) **Elektromanyetik dalgalar:** Yayılması için ortama ihtiyaç yoktur. Radyo dalgası, mikrodalga, kızılötesi ışınlar, görünür ışık, morötesi ışınlar, X ışınları, gama ışınları elektromanyetik dalgalardır.
2. **Titreşim doğrultusuna göre dalgalar**
   a) **Enine dalgalar:** Dalganın yayılma doğrultusu ile

titreşim doğrultusu birbirine dik olan dalgalardır. Elektromanyetik manyetik dalgalar birer enine dalgadır.

b) **Boyuna dalgalar:** Dalganın yayılma doğrultusu ile titreşim doğrultusu aynı olan dalgalardır. Ses dalgaları birer boyuna dalgadır.

c) **Hem enine hem de boyuna dalgalar:** Yayılma doğrultusuna paralel ve dik doğrultuda titreşen dalgalardır. Deprem, su ve yay dalgaları hem enine hem de boyuna yayılan dalgalardır.

Atma ve periyodik dalga arasındaki fark

Dalgaların özelliklerini ve farklı ortamlarla karşılaştıklarında davranışlarını incelemek için dalganın anlık görünümüne **atma** adı verilir.

Sarmal yayın ucu düzenli olarak titreştirilerek periyodik dalga oluşturulur. Periyodik dalgalarda atma, biri baş aşağı biri baş yukarı olmak üzere iki ardışık atmanın birleşiminden oluşur.

Esnek bir ortamda atmaların yayılması dalga hareketini oluşturur ancak her dalga periyodik değildir. Periyodik dalga, belirli zaman aralıklarında oluşturulan özdeş atmaların esnek ortamda yayılması ile oluşur. Periyodik dalganın periyot, frekans ve dalga boyu gibi özelliklerinden bahsedebilirken atmada bu kavramlardan bahsedilemez.

Yaylarda atmanın yansıması ve iletilmesi

Yaylarda atmanın hızı, yayı geren kuvvet ve yayın uzunluğu sabit tutularak kütlesi azaltılınca artar. Yayı geren kuvveti azaltıp yine yayın uzunluğunu sabit tutarak kütlesi artırılırsa atmanın hızı azalır.

Gergin bir yay üzerinde baş yukarı gönderilen bir atma;

- Sabit uçtan yansıdıktan sonra baş aşağı geri dönerken hızı değişmez.
- Serbest uçtan yansıdıktan sonra baş yukarı geri dönerken hızı değişmez.
- Atmanın oluşturulduğu yay ince ise kalın yaya geçiş sırasında atmanın bir kısmı baş aşağı geri yansır.

Bir kısmı ise kalın yaya baş yukarı iletilir. İletilen atmanın hızı, genliği ve genişliği gelen ve yansıyan atmanınkinden küçüktür.

- Atmanın oluşturulduğu yay kalın ise ince yaya geçiş sırasında atmanın bir kısmı baş yukarı geri yansır. Bir kısmı ise ince yaya baş yukarı iletilir. İletilen atmanın hızı ve genişliği gelen ve yansıyan atmanınkinden büyüktür.

Zıt yönde ilerleyen iki atma karşılaştıklarında;

- Atmaların her ikisi de baş yukarı ya da baş aşağı ise bir birlerini destekler. Karşılaştıkları anda meydana gelen bileşke atmanın genliği her iki atmanın genlikleri toplamına eşittir.
- Atmalardan biri baş yukarı diğeri baş aşağı ise bir birlerini sönümler. Karşılaştıkları anda meydana gelen bileşke atmanın genliği her iki atmanın genlikleri arasındaki farka eşittir. Eğer atmaların genlikleri eşit ise sönümleme olayı meydana gelir.

Su dalgalarının ilerleme yönü, dalga tepesi ve dalga çukuru

Su yüzeyinde oluşturulan periyodik dalgalar tepeler ve çukurlar şeklinde ilerler. Tepe noktalar dalganın en yüksek noktası iken dalga üzerindeki en alttaki noktalar çukur noktalardır. Bu özelliğinden dolayı su dalgaları enine dalgalardır. Su yüzeyinin altında kalan su molekülleri, suyun derinliklerine doğru ilerleme doğrultusuna paralel titreşim hareketi yapar. Bu özelliği nedeniyle su dalgaları boyuna dalgalardır.

Su dalgaları, dalga kaynağının geometrik şekline göre ikiye ayrılır:

1. **Doğrusal su dalgaları:** Doğrusal bir dalga kaynağının oluşturduğu dalgalardır.
2. **Dairesel su dalgaları:** Noktasal bir dalga kaynağının oluşturduğu dalgalardır. Dairesel su dalgalarının gözlemlenebilmesi için su derinliğinin her yerde eşit olması gerekir.

Doğrusal ve dairesel su dalgalarının yansıma hareketleri

Su yüzeyinde oluşturulan su dalgaları bir engelle karşılaştıklarında geri yansır.

1. Doğrusal su dalgalarının yansıması

- Doğrusal bir su dalgasının yayılma doğrultusuna paralel yerleştirilen bir engelden yansıması engele paralel doğrultudadır. Eğer engel dalganın yayılma doğrultusuna paralel değilse ışıkta olduğu gibi gelme açısı yansıma açısına eşit olacak şekilde geri yansır.
- Doğrusal su dalgası, çukur bir engele çarparsa engelin şeklini alarak geri yansır, odak noktası adı verilen bir noktada toplanır ve dağılır.
- Doğrusal su dalgası tümsek bir engele çarparsa engelin şeklini alarak geri yansırken engelin arkasında odak noktası adı verilen bir noktadan oluşturulmuş dairesel dalgalar gibi dağılır.

2. Dairesel su dalgalarının yansıması

- Dairesel su dalgası, doğrusal bir engele çarparsa sanki engelin arkasındaki bir noktasal kaynaktan geliyormuş gibi dairesel olarak yansır.
- Dairesel su dalgası, çukur engelin merkezinde oluşturulmuş ise dalgalar çukur engele çarptıktan sonra yine engelin merkezinde toplanır ve dağılır.

Ortam derinliğinin su dalgalarının yayılma hızı ile ilişkisi

Kaynağının frekansı değişmeyen bir su dalgası farklı ortamlarda farklı hız ve dalga boyunda yayılır. Dalganın frekansının sabit kalması için dalga boyu ve hızı doğru orantılı olması gerekir. Derin ortamdan sığ ortama geçen su dalgalarının dalga boyu dolayısıyla hızı azalır. Eğer dalga sığ ortamdan derin ortama geçiyorsa dalga boyu ve hızı artar. Doğrusal bir su dalgasının boyu üzerinde yarıklar bulunan **stroboskop** adı verilen bir araçla ölçülür.

Doğrusal su dalgalarının kırılma hareketi

Su yüzeyinde ilerleyen bir su dalgasının hızının büyüklüğü suyun derinliğine bağlıdır. Bu nedenle farklı derinliklere sahip su ortamı, dalgaların yayılmasında derin ve sığ ortam olmak üzere iki farklı ortam olarak düşünülebilir. Böyle bir su ortamında su dalgalarının hız ve doğrultularında meydana gelen değişikliğe **dalgaların kırılması** adı verilir.

Derin ortamdan sığ ortama geçen su dalgasının dalga boyu ve hızı azalır. Sığ ortamdan derin ortama geçen su dalgasının ise dalga boyu ve hızı artar. Ortamlar arası geçişlerde dalganın frekansı değişmez.

Ses dalgaları ile ilgili temel kavramları

Ses mekanik bir dalgadır. Bir kaynağın titreşmesi sonucu oluşan ses dalgalarının yayılması için ortama ihtiyaç vardır.

Farklı ses kaynaklarından seslerin farklı duyulması sesin yüksekliği ile ilgilidir. Kalın sesi ince sesten ayıran özelliğe **sesin yüksekliği** denir.

Kulağa gelen sesin zayıf ya da kuvvetli olması sesin şiddeti ile ilgilidir. Sesin şiddetine **gürlük** adı verilir.

Aynı frekansa sahip ses dalgalarının farklı kaynaklardan farklı duyulması sesin tınısı ile ilgili bir kavramdır.

Aynı frekansta ses üreten iki kaynaktan biri titreştirildiğinde diğeri de bundan etkilenerek titreşir. Bu olaya **rezonans** adı verilir.

Ses dalgalarının 17 m'den daha uzak bir yüzeye çarpıp yansıyarak tekrar duyulması olayına yankı denir.

Ses dalgalarının kullanım alanları

Ses dalgaları tıpta, denizcilikte, sanatta ve coğrafya alanlarında kullanılır.

Deprem dalgası

Dünyamızın manto katmanı üzerinde yüzen levhalar birbirine göre hareket hâlindedir. Levhalar bu hareketleri sırasında sıkışabilirler, birbiri üstüne çıkabilirler ve

birbirine sürtünebilirler. Bu sırada ortaya çıkan enerji, dalgalar şeklinde yayılarak deprem dalgalarını oluşturur.

Depremin büyüklüğü kırılma sırasında ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirten bir ölçüdür ve **sismograf** denilen bir aletle ölçülür.

Depremin şiddeti; herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanır.

Deprem kaynaklı can ve mal kayıpları nasıl önlenir?

Deprem öncesinde, yerleşim yerleri deprem bölgelerinden uzak seçilmeli, dolaplar ve devrilebilecek eşyalar duvara sabitlenmeli, elektrik sigortaları ve gaz vanaları otomatik hâle getirilmeli, deprem sırasında yapılması ile ilgili gerekli bilgilendirmeler yapılmalı, acil durum için gerekli malzemelerin bulunduğu bir çanta hazırlanmalıdır.

Deprem anında panik yapılmamalı, merdivenlere, kapılara, balkona ve pencerelere doğru koşulmamalı, elektrik ve gaz vanaları kapatılmalı, koruma sağlanabilecek eşya yanına çömelerek çök–kapan–tutun hareketi ile baş ve boyun korunmalıdır.

1. İki bölmeli bir dalga leğeninde suyun derinliği farklıdır.

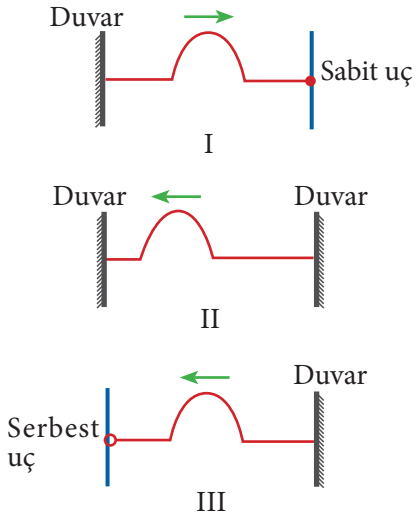
Buna göre su yüzeyinde ilerleyen dalga için,

I. Yayılma hızı değişmez.
II. Dalga boyu derin kısımda büyük, sığ kısımda küçüktür.
III. Suyun derinliğine göre dalganın frekansı artar ya da azalır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

2. Aşağıdaki şekillerde yay üzerinde oluşturulan atmaların ilerleme yönleri verilmiştir.



Buna göre şekillerdeki atmaların hangileri engelden ilk kez yansıdıktan sonra baş aşağı hareket eder?

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

3. I. Ses dalgası
II. Deprem dalgası
III. Yay dalgası
IV. Elektromanyetik dalga

Yukarıda verilen dalga çeşitlerinden hangileri sadece ilerleme doğrultusu titreşim doğrultusuna dik olarak yayılır?

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

4. Ses ve su dalgaları ile ilgili olarak,

I. Enine dalgalardır.
II. Boşlukta yayılmazlar.
III. Mekanik dalgalar grubundandırlar.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

5. Aşağıda dalgalarla ilgili bazı bilgiler verilmiştir.

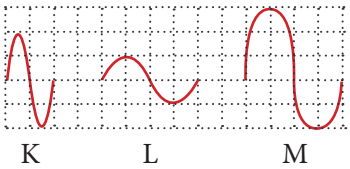
I. Dalgalar titreşim doğrultularına göre ikiye ayrılır.
II. Su, ses ve yay dalgaları mekanik dalgalardır.
III. Radyo dalgaları boşlukta yayılabilir.

Buna göre verilen bilgilerden hangileri doğrudur?

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

Hayat Boyu Öğrenme

6. Şekilde verilen K, L ve M dalgaları aynı yayda üretilmiştir.



Buna göre K, L ve M dalgaları ile ilgili olarak hangi seçenekte verilen bilgi yanlıştır?

A) Hızları eşit büyüklüktedir.

B) Genliği en büyük olan M dalgasıdır.

C) Dalga boyları eşit büyüklüktedir.

D) L dalgasının genişliği K dalgasının genliğinden büyüktür.

7.

Şekilde verilen ince X yayında oluşturulan atma Y yayına çarptığında,

I. Yansıyan atma baş aşağı geri döner.

II. İletilen atma baş aşağı ilerler.

III. İletilen atmanın hız büyüklüğü yansıyan atmanın hız büyüklüğünden küçüktür.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

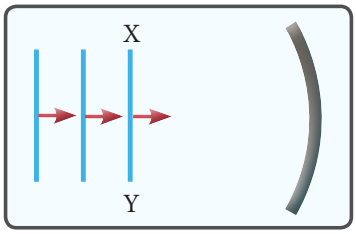
A) I, II ve III

B) II ve III

C) I ve III

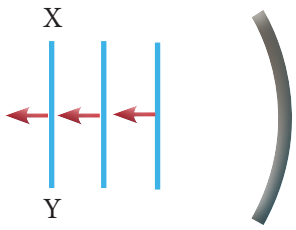
D) Yalnız III

8. Aşağıdaki şekilde verilen dalga leğeninin her yerinde suyun derinliği aynıdır.

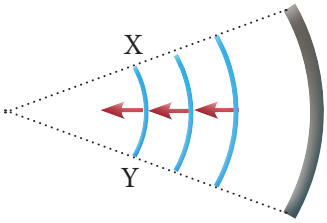


Buna göre, parabolik engele doğru ilerleyen dalganın engele çarptıktan sonraki görünümü hangi seçenekteki gibi olur?

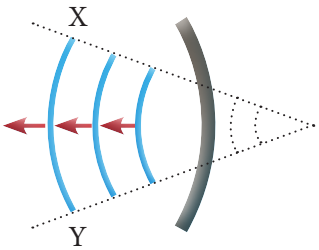
A)



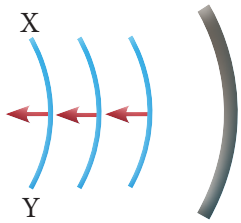
B)



C)

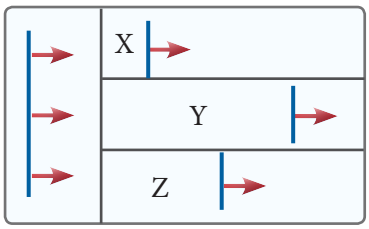


D)



Hayat Boyu Öğrenme

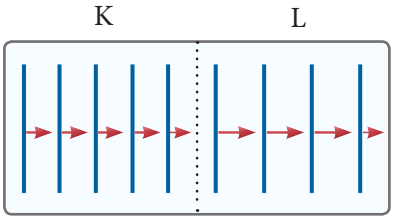
9. Derinliği sabit olmayan bir dalga leğeninde oluşturulan bir doğrusal dalganın X, Y ve Z bölgelerindeki görünümü şekildeki gibi oluyor.



Buna göre dalga leğeninin X,Y ve Z bölümlerinin derinlikleri arasındaki büyüklük ilişkisi nasıldır?

A) X=Y = Z
B) X> Z > Y
C) Z> X > Y
D) Y> Z > X

10. Şekilde doğrusal su dalgalarının K ortamından L ortamına geçişi verilmiştir.



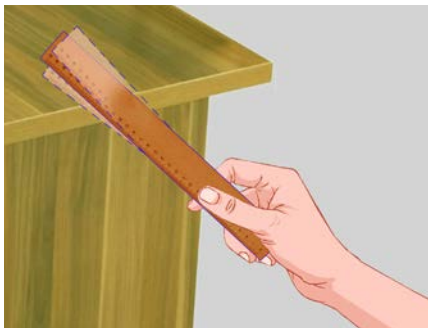
Buna göre,

I. L ortamı K ortamından daha sığdır.
II. K ortamındaki dalgaların frekansı L ortamındakinden daha büyüktür.
III. L ortamındaki dalgaların yayılma hızı K ortamındakinden daha büyüktür.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

11. Bir masanın kenarına cetvel ile bir kez vurulduktan sonra ikinci kez daha hızlı vuruluyor.



Buna göre oluşan sesle ilgili,

I. Sesin hızı değişmez.
II. Sesin şiddeti artar.
III. Sesin frekansı artar.

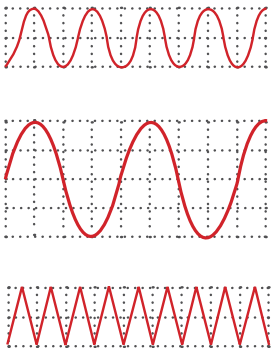
ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

12. Ses dalgaları konusunu öğrenmiş olan bir öğrenci, aşağıdaki ifadelerden hangisinin doğru <u>olmadığını</u> söyleyebilir?

A) Ses dalgaları madde içindeki tanecikleri titreştirerek ilerler.
B) Sesin yayıldığı ortamda madde tanecikleri arasındaki mesafe arttıkça sesin yayılma hızı azalır.
C) Ses elektromanyetik bir dalgadır.
D) Sesin yayılması için mutlaka ortama ihtiyaç vardır.

13. Aynı ortamda piyano, keman ve gitarın ürettiği ses dalgalarının görünümü şekildeki gibidir.



Piyano, keman ve gitardan çıkan ses dalgaları ile ilgili,

I. Frekansı en büyük ses dalgasını gitar üretmiştir.
II. Şiddeti (genliği) en büyük olan ses dalgasını keman üretmiştir.
III. Müzik aletlerinden çıkan seslerin yayılma hızı eşittir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

14. Yer kabuğunda meydana gelen kırılmalar sonucu ortaya çıkan enerji ile deprem dalgası oluşur.

Deprem dalgaları ile ilgili,

I. Deprem dalgaları enine ya da boyuna dalga olabilir.
II. Deprem dalgaları taşıdıkları enerjiye göre mekanik dalgalar grubunda yer alır.
III. Deprem dalgalarının oluştuğu yer depremin odak noktasıdır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

15. Depremde gerekli önlem alınmaz ise depremde can ve mal kaybı olur.

Buna göre;

I. yerleşim yerlerinin titizlikle belirlenmesi,
II. sadece yüksek binaların depreme dayanıklı inşa edilmesi,
III. bina duvarlarının yıkılıp değişiklik yapılmaması

ifadelerinden hangileri depremde can ve mal kaybını önler?

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

16. Bir televizyonun sesi yükseltildiğinde işitilen ses dalgalarının özelliklerinden;

I. frekansı,
II. genliği,
III. hızı,
IV. dalga boyu

hangileri artar?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve III D) III ve IV

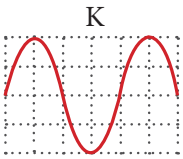
17. Yay dalgalarında,

I. Yayın kalınlığı azaltılırsa dalganın hızı artar.
II. Kalın yaydan ince yaya geçişte dalganın genliği değişmez.
III. Yayı geren kuvvet artarsa dalganın hızı azalır.

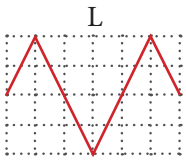
ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

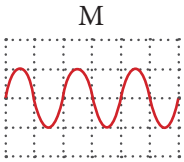
18. Aşağıdaki I, II ve III numaralı şekillerde K, L, M dalgaları ayrı ayrı aynı ortamda oluşturulmuştur.



Şekil-1



Şekil-2



Şekil-3

Buna göre;

I. Dalgaların frekansları $f_K = f_L < f_M$ dir.

II. Dalgaların yayılma hızları eşittir.

III. Dalgaların dalga boyları $\lambda_K = \lambda_M < \lambda_L$ dir.

verilenlerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) Yalnız III

C) I ve II D) II ve III

19. Yaklaşan bir ambulansın duyulan sesinin ses dalgalarıyla ilgili,

I. Genliği artar.

II. Hızı değişmez.

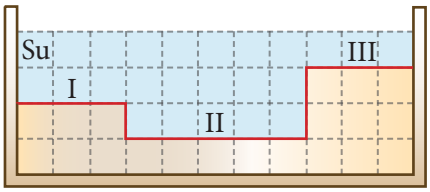
III. Frekansı artar.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II

C) II ve III D) I, II ve III

20. Bir dalga leğeninin yandan görünüşü şekildeki gibidir. Dalga leğenindeki suya bir kalemin ucu batırılıp çıkarılarak dairesel dalgalar oluşması sağlanıyor.

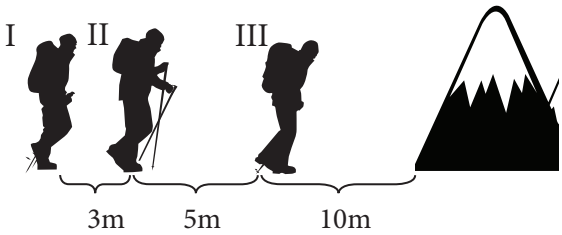


Buna göre dalga leğeninde oluşturulan dalgaların I, II ve III ortamlarındaki hızlarının büyüklük sıralaması nasıldır?

A) $V_1 > V_2 > V_3$ B) $V_2 > V_1 > V_3$

C) $V_3 > V_1 = V_2$ D) $V_3 > V_1 > V_2$

21. Üç dağcının yüzeyi kayalık olan dağdan uzaklıkları şekildeki gibidir.



Üç dağcı sırayla dağa doğru bağırdıklarında hangileri sesinin yankısını duyabilir?

A) Yalnız I. dağcı

B) Yalnız III. dağcı

C) I ve II. dağcı

D) II ve III. dağcı

22. Dalgalarla ilgili olarak,

I. Bütün dalga çeşitleri her ortamda yayılır.
II. Sadece ışık dalgaları enerji taşır.
III. Bütün dalga çeşitleri yayıldıkları ortamdaki tanecikleri titreştirerek yayılır.

ifadelerinden hangileri yanlıştır?

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

23. Bir sarmal yay üzerinde oluşturulan dalganın frekansı arttırılırsa,

I. İlerleme hızı artar.
II. Dalga boyu azalır.
III. Genliği değişmez.

verilenlerinden hangileri doğrudur?

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

24. Su dalgalarının frekansı;

I. suyun derinliğine,
II. kaynağın frekansına,
III. dalga boyuna

verilenlerinden hangilerine bağlıdır?

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

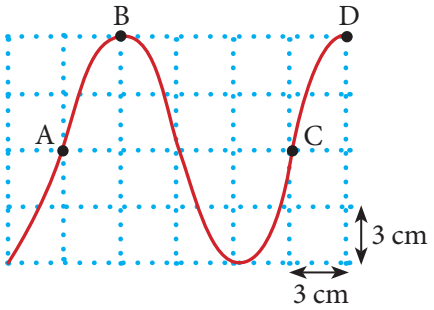
25. Elektromanyetik dalgalarla ilgili olarak,

I. Enerji taşırlar.
II. Yayılmak için madde ortamına ihtiyaç yoktur.
III. Güneş ışınları bir elektromanyetik dalgadır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

26. Bir kenarının uzunluğu 3 cm olan eş karelerden oluşan düzlemdeki bir dalganın görünümü şekildeki gibidir.



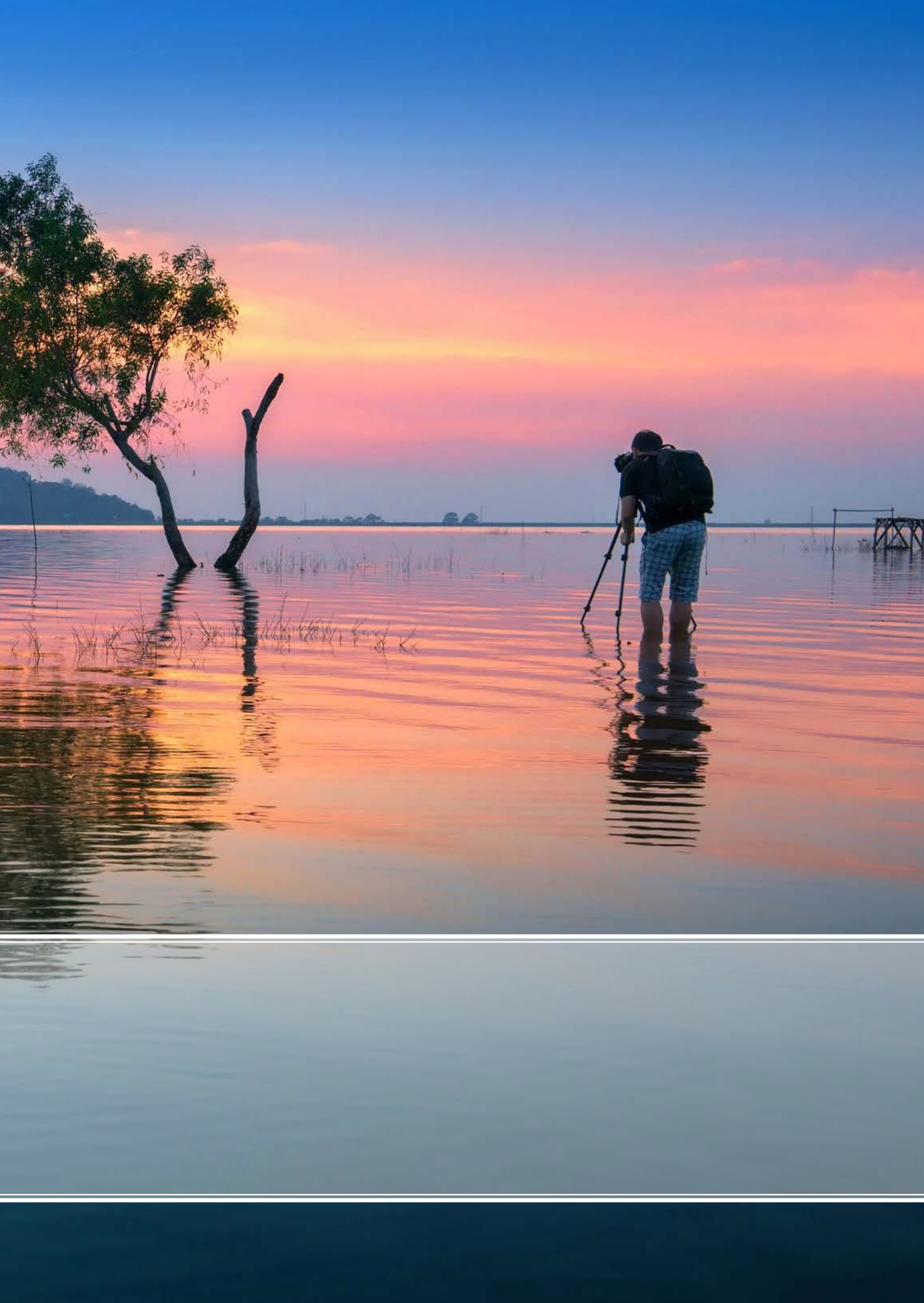
Buna göre,

I. Dalga boyu 12 cm'dir.
II. Genliği 6 cm'dir.
III. A ve C noktaları arasındaki uzaklık bir tam dalga boyuna eşittir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

2. Ünite
OPTİK



1. BÖLÜM
AYDINLAMA

Anahtar Kavramlar

- aydınlanma şiddeti
- ışık şiddeti
- ışık akısı

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Işığın davranış modellerini,
2. Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma şiddeti kavramlarını

öğrenmiş olacaksınız.

2.1.1. Işığın Davranış Modelleri

Çevremizdeki varlıkları tanımlayabilmemiz için ışığa ihtiyaç vardır. Eğer ışık yoksa çevremizdeki varlıkları göremeyiz.

Peki, bizler için oldukça önemli olan ışık, bilim insanları tarafından nasıl tanımlanmıştır?

Bu soruya cevap verebilmek için ışığın davranışını açıklayan teorileri inceleyelim.

18. yüzyılın sonlarında bilim insanları ışığın ya gözlenmekte olan cisim tarafından yayılan ya da gözlemcinin gözlerinden çıkan parçacıklar olduğunu kabul ediliyorlardı. Işığın parçacıklardan oluştuğunu savunan parçacık teorisinin en önemli kurucularından biri Isaac Newton (Ayzek Nivtın)'dır. Newton, parçacıkların ışık kaynağından yayıldığını ve bu parçacıkların göze girerek görme duygusu uyandırdığı fikrini ortaya atmıştır. Birçok bilim insanı tarafından kabul edilen Newton'ın bu teorisi ışığın yansıma ve kırılmasını açıklayabilmektedir.

Resim 2.1. *Christiaan Huygens*

Newton'ın yaşadığı dönemde ışıkla ilgili başka bir teori daha ortaya atılmıştı. Bu teoriye göre ışık bir tür dalga hareketi olabilirdi. 1678'de Hollandalı fizikçi ve astronom Christiaan Huygens (Kıristiyan Huygens, Resim 2.1), ışığın dalga teorisinin yansıma ve kırılmayı açıklayabildiğini gösterdi. Huygens'in ışığın dalga teorisi olarak isimlendirilen bu teorisi diğer bilim insanları tarafından hemen kabul edilmedi. Bunun nedenini şöyle açıklamaktaydılar: "Eğer ışık dalga olsaydı, dalgalar engellerin çevresinde bükülecekler; böylece köşelerin çevresini görebilecektik." Ancak günümüzde yapılan deneyler sonucunda ışığın cisimlerin kenarlarında büküldüğü bilinmektedir. Bu olay **kırınım** olarak adlandırılmaktadır.

Resim 2.2. *Thomas Young*

1801 yılında Thomas Young (Tomas Yang Resim 2.2) yaptığı deneylerle ışık ışınlarının tıpkı su dalgalarında olduğu gibi birbirleriyle girişim yaptığını gösterdi. Girişim olayı dalgaların karşılaşması sırasında birbirini güçlendirmesi ya da söndürmesi olarak ifade edilebilir. Işığın girişim

olayı tanecik modeli ile açıklanamaz çünkü iki veya daha fazla parçacık bir araya gelerek birbirlerini yok edemez.

Young'ın bu keşfinden sonra ışığın parçacık teorisinin yetersizliğini ortaya koyan bir çok çalışma yapıldı. Işığın dalga teorisine en büyük katkıyı 1873 yılında ışığın elektromanyetik dalga şeklinde yayıldığını açıklayan James Clerk Maxwell (Ceyms Klörk Maksvel) yaptı. Maxwell'in matematiksel olarak açıkladığı ışığın dalga teorisini, Gustav Ludwig Hertz (Gustav Ludvig Hertz) elektromanyatik dalgaları oluşturup algılayarak deneysel olarak gösterdi. Hertz ve ışığın davranışını inceleyen diğer bilim insanları ışığın dalgalar gibi yansıma, kırılma, girişim gibi diğer bütün özellikleri gösterdiğini ispatladılar.

Işığın dalga modeli fotoelektrik olayı gibi bazı deney sonuçlarını açıklamakta yetersiz kalmaktaydı. Hertz tarafından keşfedilen fotoelektrik olayı; metal bir yüzeye çarpan ışık ışınlarının yüzeyden elektron koparabilmesi olayıdır. Işığın dalga modeli, fotoelektrik olayını açıklayamamaktadır. Bu nedenle bilim insanları ışığın ikili doğaya sahip olduğunu, bazı durumlarda tanecik gibi, bazı durumlarda dalga gibi davrandığını ifade etmektedirler.

2.1.2. Işık Şiddeti, Işık Akısı ve Aydınlanma Şiddeti

Çevremizdeki varlıkları görmek için gerekli olan ışığın bir kaynaktan yayıldığını biliyoruz. Işık kaynaklarına Güneş, yıldızlar, mum, evlerimizi ve sokaklarımızı aydınlatmak için kullanılan ampuller örnek olarak verilebilir. Işık kaynaklarının boyutları ve yaydıkları ışık miktarları birbirinden farklıdır. Örneğin bir ampulün çevreye verdiği ışık miktarı, bir mum alevinin verdiği ışık miktarından fazladır.

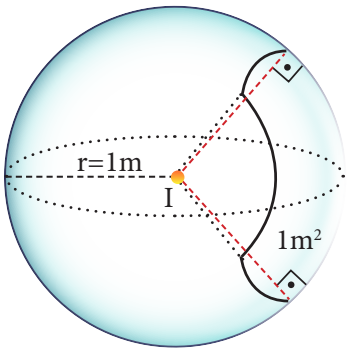
Şimdi çevremizdeki varlıkları görmek için gerekli olan ışıkla ilgili kavramları tanımlayalım.

Işık Şiddeti: Işık bir enerji biçimidir. Bir kaynaktan birim zamanda yayılan ışık enerjisine o kaynağın **ışık şiddeti** denir. Işık şiddeti **I** sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi **candela** (**cd**)'dır.

Işık Akısı: Bir ışık kaynağının karşısına yerleştirilen yüzey üzerine düşen ışık ışını miktarına **ışık akısı** adı verilir. Işık akısı, kaynağın ışık şiddeti ile doğru orantılıdır. Kaynağın ışık şiddeti arttırıldığında yüzeydeki ışık akısı artar. Işık akısı **Φ** (**fi**) sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi **lümen** (**lm**)' dir.

Peki, lümen nedir?

Lümen, yarıçapı 1m olan bir kürenin merkezine konmuş ışık şiddeti 1 cd olan kaynağın, kürenin merkezine konmuş ışık şiddeti 1 cd olan kaynağın, kürenin yüzeyindeki 1 "m^2" 'lik alandaki ışık akısı miktarıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. *Birim yüzeydeki ışık akısı*

Aydınlanma Şiddeti: Birim yüzeye dik olarak düşen ışık akısına aydınlanma şiddeti denir. Aydınlanma şiddeti **E** sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi **lüks** (**lx**)'tür. Yüzey alanı A olan bir yüzeyde meydana gelen aydınlanma şiddeti ile ışık akısı arasında $E = \frac{\Phi}{A}$ ilişkisi vardır. Bu eşitliğe göre ışık kaynağına dik olarak yerleştirilen yüzeyin alanı artarsa aydınlanma şiddetinin değeri azalır.

Peki, aydınlanma şiddeti nelere bağlıdır?

- Dünyamız doğal bir ışık kaynağı olan Güneş'ten gelen ışık ışınları ile aydınlanır. Yıldızlar ise Güneş'e göre Dünya'dan çok uzakta olduğu için dünyayı aydınlatamaz. Yapılan deneyler bir ışık kaynağının yüzeyde meydana getirdiği aydınlanma şiddetinin kaynağın yüzeyden olan uzaklığının karesi ile ters orantılı olduğunu göstermiştir. Buna göre; yüzeyin

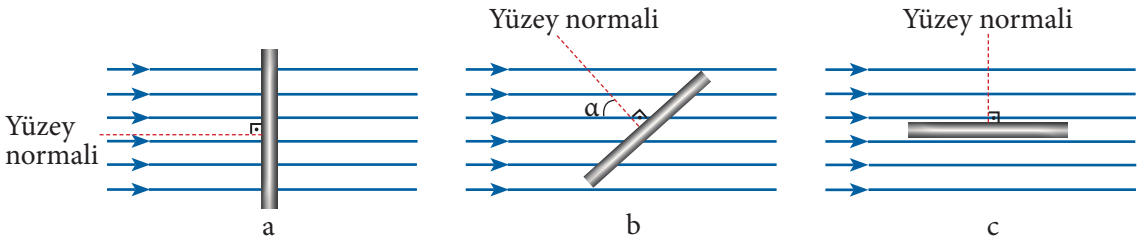
kaynaktan uzaklığı (d) iki kat attırılırsa aydınlanma şiddeti dört kat azalır.

$$E \alpha \frac{1}{d^2}$$

- 75 wattlık ampulün 25 wattlık ampulden daha fazla ışık verdiğini biliyoruz. Işık kaynağı ile yüzey arasındaki uzaklığı sabit tutarak yüzeyi önce 25 wattlık sonra da 75 wattlık ampulle aydınlatırsak hangi durumda yüzey daha aydınlık görülür? 75 wattlık ampulden çıkan ışık miktarı daha fazla olduğu için yüzeyde meydana gelen aydınlanma daha fazla olacaktır. Buna göre dik yerleştirilmiş bir yüzeye gelen ışık ışınlarının şiddeti arttırılırsa yüzeydeki aydınlanma şiddeti artar.

$$E \alpha I$$

- Işık kaynağından çıkan ışık ışınlarının yüzeye dik gelmesi durumunda yüzeydeki aydınlanma şiddeti en büyük değerdedir. Eğer ışık ışınları yüzeye eğik gelirse yüzey üzerinde aydınlanan bölgenin büyüklüğü artar, ancak aydınlanma şiddeti azalır (Şekil 2.2).

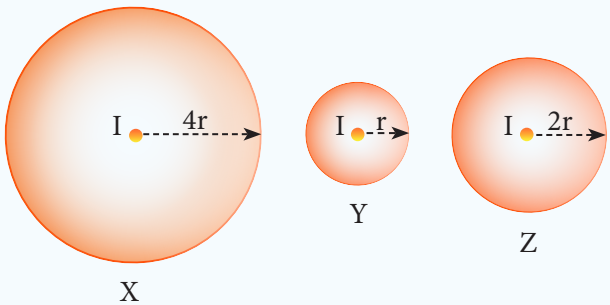


Şekil 2.2. *Yüzeye gele ışık akısının açıya göre değişimi. Yüzey eğildikçe akı miktarı, dolayısıyla aydınlanma şiddeti azalır.*

Yukarıda verilen bilgilere göre bir noktada meydana gelen aydınlanma şiddeti matematiksel olarak $E = \frac{I}{d^2} \cos\alpha$ şeklinde yazılır.

Örnek

Yarıçapları 4r, r ve 2r olan metal kürelerin merkezine her birinin ışık şiddeti I olan ışık kaynakları konulmuştur.



Buna göre kürelerin iç yüzeyindeki,

a) Işık akıları Φ_X, Φ_Y ve Φ_Z arasındaki büyüklük ilişkisi nasıldır?

b) Aydınlanma şiddetleri E_X, E_Y ve E_Z arasındaki büyüklük ilişkisi nasıldır?

Çözüm

a) Kürelerin merkezine konulan ışık kaynaklarının ışık şiddetleri aynı olduğundan kürelerin iç yüzeyine eşit miktarda ışık ışını düşecektir. Bu nedenle ışık akıları eşittir $\Phi_X = \Phi_Y = \Phi_Z$

b) Aydınlanma şiddeti kaynaktan olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğundan aydınlanma şiddetlerinin büyüklük sıralaması $E_Y > E_Z > E_X$ olarak yazılır.

1. UYGULAMA

1. **Işığın ikili doğasını açıklayınız.**
2. **Işık akısı ve aydınlanma şiddeti arasındaki ilişkiyi açıklayınız.**

2. BÖLÜM
GÖLGE

Anahtar Kavramlar
- gölge
- yarı gölge

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,
1. Saydam, yarı saydam ve saydam olmayan maddelerin ışık geçirme özelliklerini,
2. Gölge olayını

öğrenmiş olacaksınız.

2.2.1. Saydam, Yarı Saydam ve Saydam Olmayan Maddelerin Işık Geçirme Özellikleri

Işık bir engelle karşılaştığında nasıl davranır?

Işığın davranışına göre maddeler sınıflandırılabilir mi?

Işık bir engelle karşılaşmadığı sürece doğrular boyunca yayılır. Işığın yayılması sırasında bir engelle karşılaşması maddeleri ışığı geçirme özelliğine göre gruplandırmamızı sağlar. Cisimler, ışığı geçirme özelliğine göre saydam maddeler, yarı saydam maddeler ve saydam olmayan maddeler olmak üzere üçe ayrılır.

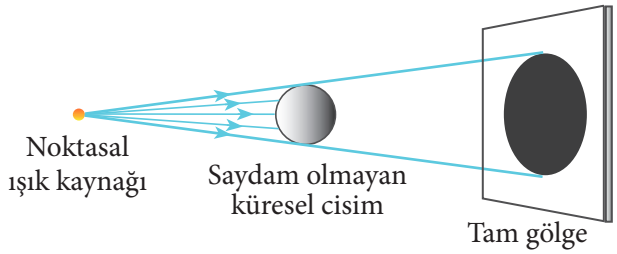
1. Saydam maddeler: Üzerine düşen ışığın tamamını geçiren maddelerdir. Cam, su ve hava saydam maddelere örnek olarak verilebilir.

2. Yarı saydam maddeler: Üzerine düşen ışığın bir kısmını geçiren, bir kısmını tutan ya da yansıtan maddelerdir. Buzlu cam, yağlı kâğıt ve naylon yarı saydam maddelere örnek olarak verilebilir.

3. Saydam olmayan maddeler: Üzerine düşen ışığı geçirmeyen maddelerdir. Bu maddeler üzerine düşen ışığın tamamını tutar ya da yansıtır. Saydam olmayan maddeler **opak** olarak da isimlendirilir. Tahta, beton ve metal levha saydam olmayan maddelere örnek olarak verilebilir.

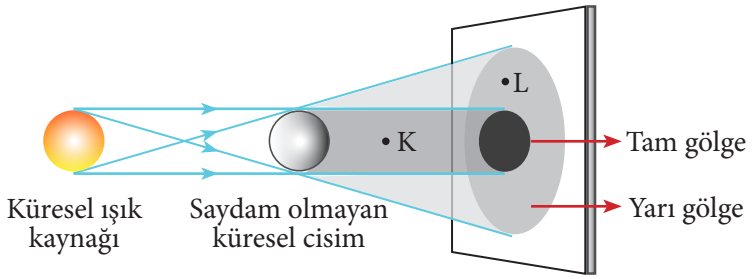
2.2.2. Gölge Olayı

Işık doğrular boyunca yayılırken bir engelle karşılaşması engelin arkasında gölgelerin oluşmasına neden olur. Noktasal bir ışık kaynağının önüne konulan saydam olmayan topun gölgesi, topun şekline benzer. Şekil 2.3'teki gibi perde üzerinde oluşan gölge türüne **tam gölge** adı verilir. Perde üzerinde hiç ışık almayan bölge, tam gölgenin oluştuğu yerdir.



Şekil 2.3. *Tam gölgenin oluşması*

Eğer top, küresel bir ışık kaynağının önüne yerleştirilmişse perde üzerinde hem tam gölge hem de yarı karanlık bölgeler oluşur. Yarı karanlık bu bölgelere **yarı gölge** adı verilir. Şekil 2.4'teki gibi küresel bir ışık kaynağı önüne konulan topun perde üzerinde tam gölgesiyle birlikte yarı gölgesi de oluşmuştur. Yan yana konulmuş iki noktasal ışık kaynağı ile de cismin tam ve yarı gölgesi elde edilebilir. Opak cismin arkasında oluşan karanlık bölgede bulunan gözlemci ışık kaynağını göremez. Yarı gölgenin oluştuğu bölgelerden bakan gözlemci ışık kaynağını görebilir.



Şekil 2.4. *Tam ve yarı gölge*

Tam ve yarı gölgenin büyüklüğü nasıl değişir?

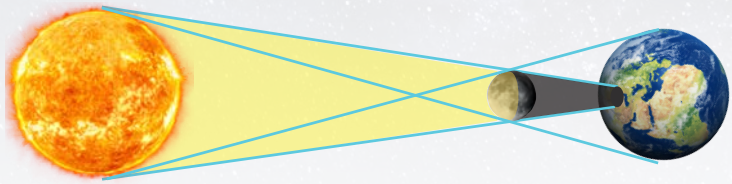
Perde üzerinde oluşan tam ve yarı gölgenin büyüklüğü, kaynak-cisim arasındaki uzaklığa ve perde-cisim arasındaki uzaklığa göre değişir. Işık kaynağı ile cisim arasındaki uzaklık azaldığında tam ve yarı gölgenin büyüklüğü artar. Kaynak ve cisim arasındaki uzaklık arttığında ise tam ve yarı gölgenin büyüklüğü azalır. Cisim ve perde arasındaki uzaklık arttığında tam ve yarı gölge alanları artar. Perde cisme yaklaştırıldığında ise tam ve yarı gölgenin alanı azalır.

Peki, ışık kaynağı cisimden büyük olursa ne olur?

Işık kaynağı engelden büyük olduğunda farklı büyüklüklerde gölgeler oluşur. Bu duruma en iyi örnek Güneş ve Ay tutulması olayıdır. Şekil 2.5'teki gibi Ay' ın gölge konisi Dünya üzerine düşer. Gölge konisi içindeki bir noktadan Güneş'e bakan gözlemci Güneş'i göremez. Bu olaya **Güneş tutulması** denir. Güneş tutulması sırasında Dünya'nın Ay'ın tam gölge bölgesinde kalan kısımlarında tam güneş

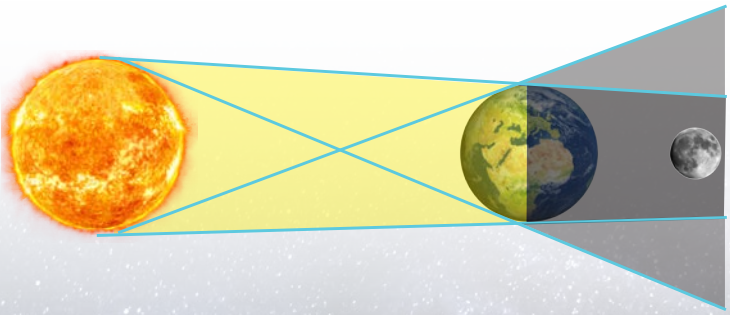
Güneş tutulması

tutulması, yarı gölge bölgesinde kalan kısımlarında ise kısmi güneş tutulması gözlenir.



Şekil 2.5. *Güneş tutulmasının şematik gösterimi*

Dünya'nın gölge konisi Ay'ın üzerine düşerse Ay, Şekil 2.6'daki gibi tam gölge içerisinde kalır. Gölge konisi içerisinden Ay'a bakan gözlemci Ay'ı göremez. Bu olaya **Ay tutulması** denir. Ay tutulması sırasında Ay, Dünya'nın yarı gölge bölgesinde yer alabilir. Güneş'ten kısmen ışık alır ve görüntüsü net olmaz. Bu olay kısmi ay tutulması olarak adlandırılır.

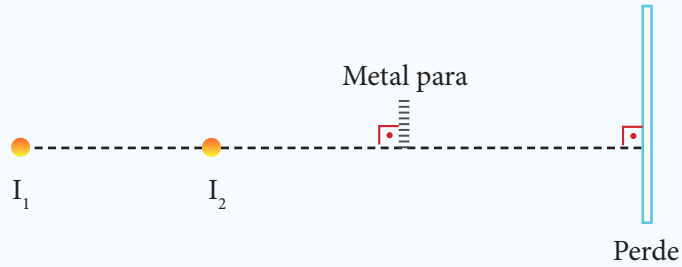


Şekil 2.6. *Ay tutulmasının şematik gösterimi*

Ay tutulması

Örnek

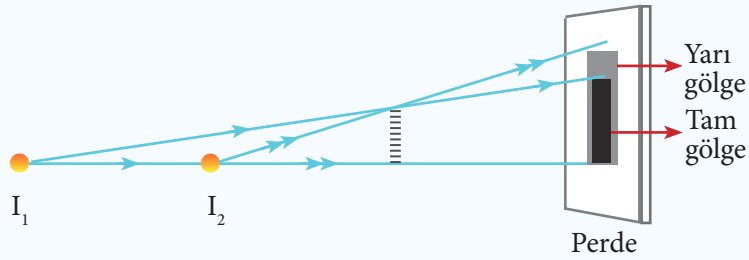
I_1 ve I_2 noktasal ışık kaynakları önüne metal para ve perde şekildeki gibi konulmuştur.



Perde üzerinde oluşan tam ve yarı gölgenin görünümü nasıldır?

Çözüm

Işık kaynaklarından metal paranın üst ve alt kısımlarına çizilen teğet doğrular perdeye kadar çizildiğinde tam ve yarı gölgenin sınırları belirlenmiş olur. I_2 ışık kaynağından ışık almayan bölge I_1 ışık kaynağından ışık aldığından perde üzerinde hem tam gölge hem de yarı gölge oluşur.



2. UYGULAMA

1. **Tam gölgenin oluşması için gerekli şartlar nelerdir?**
2. **Yarı gölgenin oluşması için gerekli şartlar nelerdir? Işık akısı ve aydınlanma şiddeti arasındaki ilişkiyi açıklayınız.**
3. **Işık kaynağı, saydam olmayan cisim ve perde arasındaki uzaklık değişimi perde üzerinde oluşan gölgenin büyüklüğünü nasıl etkiler?**

İBN-İ HEYSEM

İbn-i Heysem 965 yılında Basra'da doğmuştur. Asıl adı Ebu Ali Muhammed b. Hasan b. el-Heysem'dir. Kendisi Batıda "Elhazen" veya "Elhacen" ismiyle bilinir. Alhazen, onun ilk adı olan "El-Hasan"ın Lâtinceye çevrilmiş hâlidir. İbn-i Heysem'in ismi orta çağ metinlerinde ise "Avenetan" veya "Avennathan" diye geçer. İbn-i Heysem öğrenimine Basra'da başlamış, din ve fen ilimlerini burada öğrenmiştir. Tahsilinin bir kısmını Basra'da tamamladıktan sonra, Bağdat'a geçerek matematik, fizik, astronomi gibi ilimlerde ün yapmıştır.

Optik Üzerine Çalışmaları

İbn-i Heysem matematik ve astronomi bilimleriyle daha çok uğraşsa da asıl başarısını optik ilminde vermiştir. Kitâb el-Menâzır adlı yapıtı optik üzerine yazmış olduğu bir eseridir. Bu yapıt 17. yüzyıla kadar otorite kabul edilmiştir. İbn-i Heysem'in optik tezi üzerine tez koyabilen uzun süre çıkmamıştır. Kitâb el-Menâzır 12. yüzyılların sonu ile 13. yüzyılların başında Latinceye çevrilmiştir.

İbn-i Heysem optik alanındaki çalışmalarıyla bu bilimi kökten değiştirmiştir. Matematiksel incelemeye dayanan yaklaşımı ve yaptığı son derece özenli ve ayrıntılı deneylerle modern anlamda bir matematiksel fizik çalışmasını gerçekleştirmiştir. Geleneksel bilimsel çalışma modeli için çok yeni olan bu yaklaşımının sonucunda, optik konusu, kapsamı, ilkeleri ve kuralları belirlenmiş bir bilim haline gelmiştir.

İbn el-Heysem, kendisinden önceki bilgilere dayanarak ve yaptığı yeni deneylerle, ışığın doğrusal yayılımı, gölgelerin özellikleri, karanlık oda, yansıma, kırılma, gökkuşağı ve halenin oluşumu gibi pek çok temel optik olguyu, niceliksel fiziğin bugün yaptığı anlamda matematiğe dayandırarak incelemiş ve yorumlamıştır.

İbn-i Heysem yansımada üç ana hareketin olduğunu söyler. Birincisi, ışığın ayna yüzeyine dik; ikincisi teğet ve üçüncüsü de herhangi bir açıyla gelmesi durumudur. Birinci durumda ışık geldiği gibi geri yansır, ikinci durumda yoluna düz devam eder, üçüncüsünde ise ışık geliş açısına eşit şekilde yansır .

3. BÖLÜM
YANSIMA

Anahtar Kavramlar

- yansıma

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,
Işığın yansımasını ve su dalgalarında yansıma olayıyla ilişkisini öğrenmiş olacaksınız.

2.3.1. Işığın Yansıması

Bir ışık kaynağından çıkan ışık ışınlarının saydam olmayan bir yüzeyle etkileşiminde gölge olayının meydana geldiğini öğrendik. Işığın madde ile etkileşiminin diğer bir sonucu da yansıma olayıdır. Saydam olmayan bir cisimle etkileşen ışık ışınlarının bir kısmı yüzey tarafından tutulurken bir kısmı doğrultu değiştirerek geri döner. Işık kaynağından çıkan ışık ışınlarının bir yüzeye çarpıp doğrultu değiştirerek geldiği ortama geri dönmesi olayına **yansıma** denir. Resim 2.3'teki gibi durgun bir göl yüzeyinde yakınındaki ağaçların meydana gelen görüntüsü ışığın yansımasının sonucudur.

Çevremizdeki cisimleri görmemiz de yansıma olayının sonucudur. Cisimler üzerinden yansıyan ışık ışınları gözümüze gelerek cisimleri görmemizi sağlar. Işığın yansıdığı yüzeye, **yansıtıcı yüzey**; yansıtıcı yüzeye çarpan ışına, **gelen ışın**; yansıtıcı yüzeyden etrafa dağılan ışına da **yansıyan ışın** adı verilir.

Işığın hem tanecik özelliği hem de dalga özelliği gösterdiğini ifade etmiştik. Bu nedenle su dalgalarının doğrusal ve parabolik engellerden yansımaları ışığın aynı tür yüzeylerdeki yansımaları ile benzer özellikler gösterir.

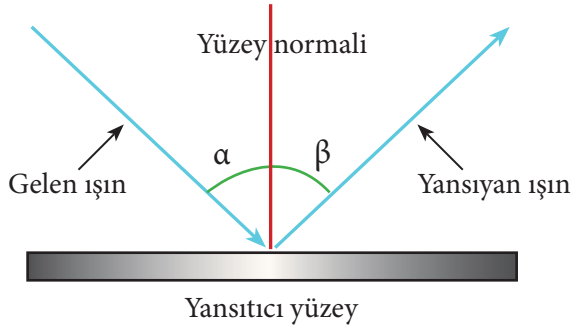
Işık yansıtıcı bir yüzeye çarptığında yansıma yasalarına göre davranır.

Resim 2.3. *Durgun göl yüzeyinde yansıma*

Yansıma Yasaları

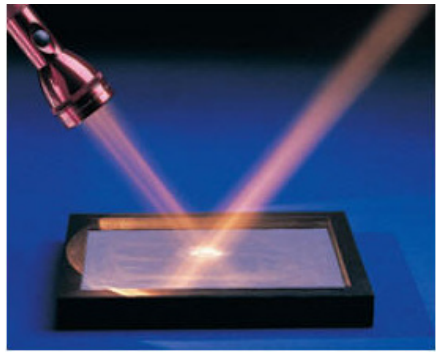
Bilim insanları yaptıkları deneyler sonucunda yansıtıcı bir yüzeye çarpan ışık ışınlarının iki kurala uygun olarak davrandığını ifade etmişlerdir:

1. Gelen ışın, yüzey normali ve yansıyan ışın aynı düzlemdedir.
2. Gelen ışının yüzey normali ile yaptığı açı (α), yansıyan ışının yüzey normali ile yaptığı açıya (β) eşittir (Şekil 2.7).



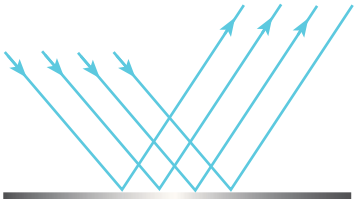
Şekil 2.7. *Işığın yansıması*

Düzgün Yansıma: Birbirine paralel olarak yüzeye çarpan ışınlar yansıdıktan sonra paralellikleri bozulmuyorsa bu tür yansımaya **düzgün yansıma** adı verilir (Şekil 2.8.a). Resim 2.4'teki düzlem ayna yüzeyinde meydana gelen yansıma düzgün yansımadır.

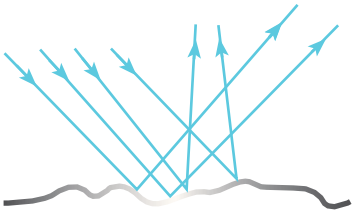


Resim 2.4. *Düzlem aynada ışığın yansıması*

Dağınık Yansıma: Birbirine paralel olarak yüzeye çarpan ışınların yansıdıktan sonra paralellikleri bozuluyorsa bu tür yansımaya **dağınık yansıma** adı verilir (Şekil 2.8.b). Cisimlerin görülebilmesi, şekillerinin ayırt edilebilmesi dağınık yansımanın sonucudur.



Düzgün yansıtıcı yüzey
(a)



Pürüzlü yansıtıcı yüzey
(b)

Şekil 2.8.a. *Düzgün yansıma* **b.** *Dağınık yansıma*

Yansıma ister düzgün ister dağınık olsun yüzeye çarpan ışık yansıma yasalarına göre davranır.

3. UYGULAMA

1. Yansıma kanunları nelerdir?

2. Yansımanın görme olayı ile nasıl bir ilişkisi vardır? Açıklayınız.

3. Düzgün ve dağınık yansıma nedir? Tanımlayınız.

4. BÖLÜM
DÜZLEM AYNA

Anahtar Kavramlar

- yansıma

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,
Düzlem aynada görüntü oluşumunu
öğrenmiş olacaksınız.

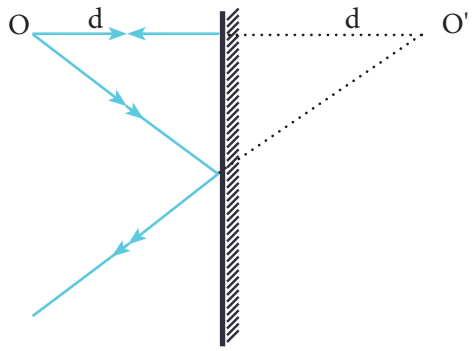
Işık ışınları cilalı ve arkası sırlı cam yüzeyine çarptığında neredeyse tamamı geri yansır. Bu tür yüzeylere **ayna** adı verilir. Yüzeyi düz ve pürüzsüz olan aynalara **düzlem ayna** denir. Bir düzlem aynada görüntünün nasıl oluştuğunu inceleyelim.

2.4.1. Düzlem Aynada Görüntü Oluşumu

Düzlem aynalar düz ve pürüzsüz bir yüzeye sahiptir. Bu nedenle düzlem ayna yüzeyinde düzgün yansıma meydana gelir. Bir düz aynanın karşısında durup aynaya baktığımızda kendimizi ve çevremizdeki bazı varlıkları görebiliriz. Aynada gördüklerimiz, aynanın önünde bulunan cisimlerin görüntüsüdür (Resim 2.5).

Peki, düzlem aynada görüntü nasıl oluşur ve görüntünün özellikleri nelerdir?

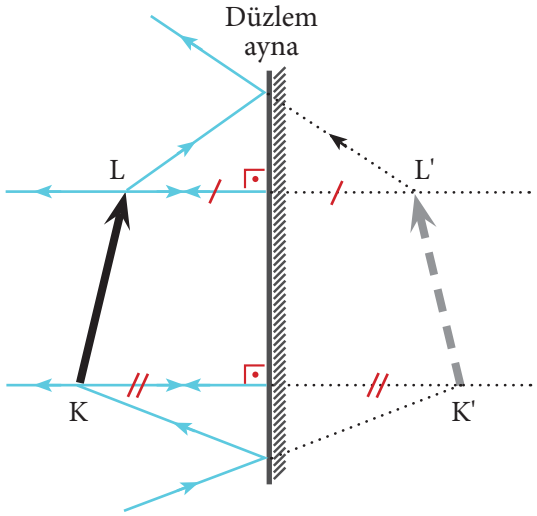
Düzlem aynada bir noktanın görüntüsünü bulmak için o noktadan aynaya en az iki ışının çizilip yansıtılması gerekir. Noktasal cisimden çıkarak düzlem aynadan yansıyan ışınların kendileri değil ayna gerisinde uzantıları çakışır. Bu nedenle noktasal cismin görüntüsü düz aynanın arkasında ve sanal olarak oluşur. Görüntünün boyu cismin boyuna eşittir. Görüntünün aynadan uzaklığı cismin aynadan uzaklığına eşittir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. *Düzlem aynada bir noktanın görüntüsü*

Şekil 2.10'da noktasal olmayan ok şeklindeki KL cisminin görüntüsü yansıma kurallarına uygun olarak çizilmiştir. Görüntüyü oluşturmak için önce cismin üzerinde cismi tam olarak temsil edebilen K ve L noktalarından ikişer ışık ışını çizilir. K ve L noktalarının düzlem aynada oluşan

görüntüleri olan K' ve L' noktaları birleştirilir. Böylece KL cisminin K'L' görüntüsü yansıma kurallarına uygun olarak yapılan çizim ile elde edilmiş olur. Çizimde de görüldüğü gibi cisim ve görüntüsü birbirine göre simetriktir.



Şekil 2.10. *Düzlem aynada cismin görüntüsü*

Resim 2.5. *Düzlem aynada simetrik görüntü*

Bir düzlem aynanın karşısına geçip kendimize baktığımızda aynadaki görüntümüzden çıkan ışık ışınlarını gözümüze geliyormuş gibi algılarız. Düzlem aynada oluşan görüntümüz bize göre simetrik olduğundan sağ elimizi kaldırdığımızda görüntümüzde sol elimizi kaldırdığımızı görürüz (Resim 2.5).

Düzlem aynada bir cismin oluşan görüntüsünün özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Görüntünün boyu cismin boyuna eşittir.
- Görüntü cisme göre düzdür.
- Görüntü sanaldır.
- Görüntünün aynaya uzaklığı cismin aynaya olan uzaklığına eşittir.

Düzlem Aynada Görüş Alanı

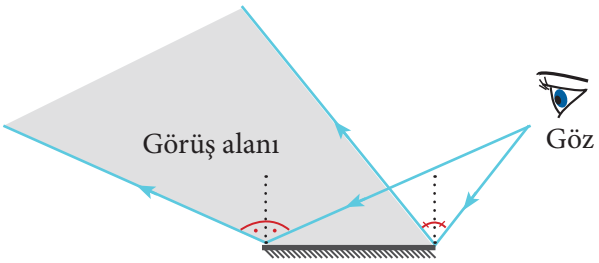
Düzlem aynaya baktığımızda aynada kendi görüntümüzden başka çevremizi de görürüz. Aynada görebildiğimiz alanın büyüklüğü aynanın görüş alanı ile ifade edilir.

Düzlem aynaya bakan bir gözlemcinin, aynada görebildiği bölgeye **görüş alanı** denir. Düzlem aynaya bakıldığında

görülen cisimler, aynanın görüş alanı içindedir. Bir düzlem aynaya bakan bir gözlemci, baktığı noktadan aynanın görüş alanı içinde bulunan cisimlerin görüntülerini görür.

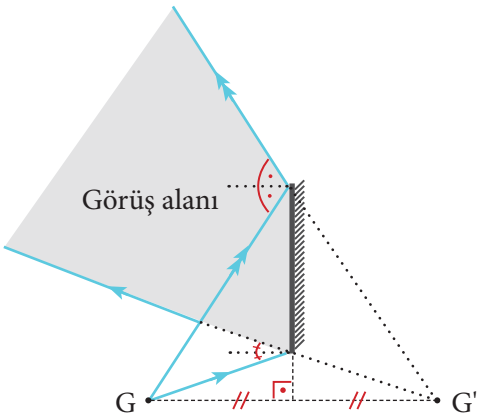
Düzlem aynanın görüş alanı iki farklı yöntemle bulunabilir:

1. Aynanın uçlarından yansıdıktan sonra gözlemcinin gözüne ulaşan ışık ışınları çizilir. Yansıyan bu iki ışık ışını arasında kalan bölge, gözlemcinin o aynada görebileceği görüş alanıdır. Şekil 2.11'de düzlem aynaya bakan gözlemcinin görebildiği görüş alanı taralı olan bölgedir.



Şekil 2.11. *Düzlem aynada görüş alanı*

2. Gözlemcinin bulunduğu G noktasının düzlem aynadaki görüntüsünün (G') yeri belirlenir. Görüntünün bulunduğu yerden aynanın uçlarına ışınlar çizilir. Bu iki ışın arasında kalan bölge, gözlemcinin o aynada görebileceği görüş alanıdır. Şekil 2.12'de G noktasından düzlem aynaya bakan gözlemcinin görebildiği görüş alanı taralı olarak gösterilmiştir.



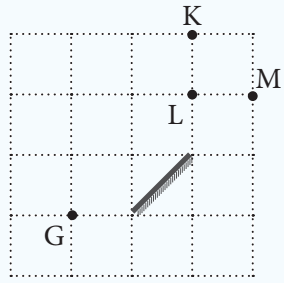
Şekil 2.12. *Düzlem aynada görüş alanının farklı çizimi*

Peki, aynanın görüş alanını etkileyen değişkenler nelerdir?

Yapılan deneyler sonucunda bir gözlemcinin düzlem aynada gördüğü alanın büyüklüğü, gözlemcinin aynaya göre konumuna ve aynanın büyüklüğüne bağlıdır. Gözlemci aynaya yaklaştıkça ve ayna boyutları arttıkça görüş alanı büyür.

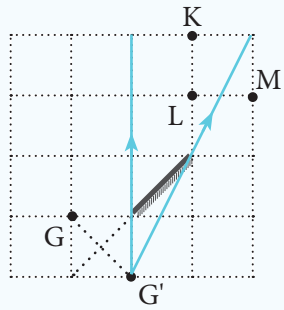
Örnek

Düzlem ayna önündeki G noktasından aynaya bakan gözlemci K, L ve M noktasal cisimlerinden hangilerinin görüntüsünü görebilir?



Çözüm

Görüş alanını bulabilmek için G noktasının şekildeki gibi aynaya göre simetriği alınır. G noktasının görüntüsü olan G' noktasından aynanın uçlarına çizilen doğruların arasında kalan bölgede aynanın görüş alanıdır. Bu bölgede bulunan noktasal cisimleri G noktasından aynaya bakan gözlemci görebilir. Şekilde de görüldüğü gibi M noktası görüş alanının dışında kalmıştır. Buna göre gözlemci K ve L noktasal cisimlerini aynada görürken M noktasal cismini göremez.



4. UYGULAMA

1. **Düzlem aynada görüntü özellikleri nelerdir?**

2. **Düzlem aynanın görüş alanını etkileyen etkenler nelerdir?**

Aynanın Gerçek Rengi Nedir?

Işık bir cisimle etkileştiğinde cisim tarafından soğurulabilir ya da yansıtılabilir. Bir cismin hangi renkte göründüğü cisimden yansıyan ışığın hangi dalga boyunda olduğuyla ilişkilidir. Örneğin yeşil renkte bir yazı tahtası yeşil ışığı yansıtırken diğer dalga boylarındaki ışığı soğurur. Eğer bir cisim yüzeyine çarpan bütün dalga boylarındaki ışığı yansıtıyorsa beyaz görünür. Ancak aynalar için durum biraz daha farklıdır. Karşısına koyulan cisim hangi renkteyse ayna o renkte görünür. Çünkü aynalar yüzeylerine çarpan ışığı aynı şekilde yansıtır, yani aynaya çarpan ışığın gelme ve yansıma açısı aynıdır. Kusursuz bir aynanın yüzeyine çarpan ışığın tamamını yansıtması gerekir. Dolayısıyla aynaların gerçek renginin beyaz olması gerekir.

Günlük hayatta yaygın olarak kullandığımız, bilimsel ya da teknolojik bir amaçla (örneğin; teleskoplarda, güneş enerjisi sistemlerinde) kullanılmayan aynalar düz bir camın arka yüzeyinin gümüş parçacıklarıyla ince bir film şeklinde kaplanmasıyla üretiliyor. Yapılan araştırmalarda bu tür aynaların 510 nanometre dalga boyundaki ışığı diğer dalga boylarına göre daha fazla yansıttığını gösteriyor. Bu nedenle günlük hayatımızda yaygın olarak kullandığımız aynaların soluk yeşil renkte olduğu söylenebilir.

http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/aynanin-gercek-rengi-nedir

5. BÖLÜM
KÜRESEL AYNALAR

Anahtar Kavramlar

- yansıma
- odak noktası
- merkez
- tepe noktası
- asal eksen

Neler Öğreneceğiz?

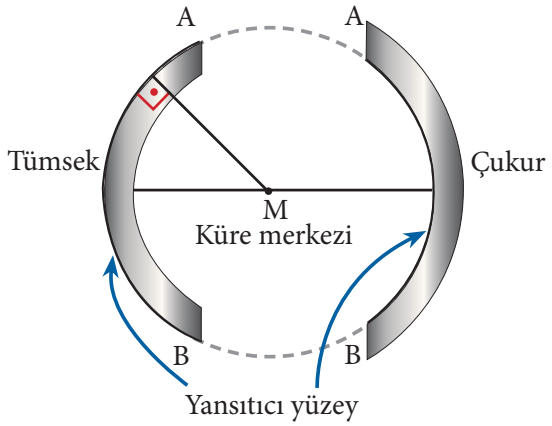
Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Küresel aynalarda odak noktası, merkez, tepe noktası ve asal eksen kavramlarını,
2. Küresel aynalarda görüntü oluşumunu ve özelliklerini

öğrenmiş olacaksınız.

2.5.1. Küresel Aynalarda Odak Noktası, Merkez, Tepe Noktası ve Asal Eksen Kavramları

Yansıtıcı yüzeyi küre şeklinde olan aynalara **küresel ayna** denir. Aynanın yansıtıcı yüzeyi, küre kapağının iç yüzeyi olan aynalara **çukur ayna,** dış yüzeyi olan aynalara da **tümsek ayna** adı verilir (Şekil 2.13). Küresel aynalar üzerine düşen ışık ışınları nasıl yansır? Küresel aynalarda yansıyan ışınların oluşturduğu görüntünün özellikleri nelerdir? Bu sorulara cevap vermek için önce küresel aynalarda asal eksen, tepe noktası, odak noktası ve merkez kavramlarını açıklayalım. Daha sonra küresel aynalarda görüntü oluşumunu ve özelliklerini inceleyelim.



Şekil 2.13. *Çukur ve tümsek ayna*

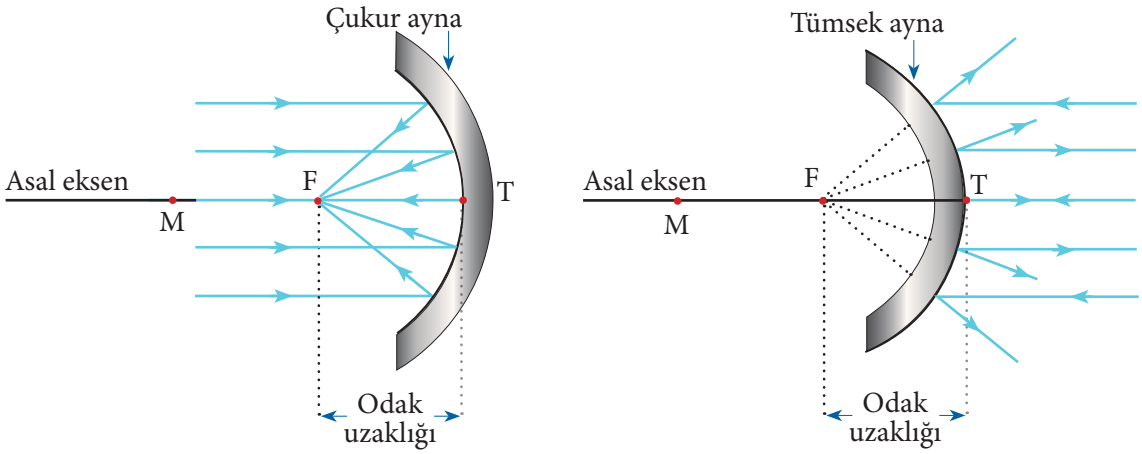
Asal eksen: Küresel aynanın tam ortasından geçtiği düşünülen ve aynayı ikiye bölen doğru parçasına **asal eksen** adı verilir.

Tepe noktası: Asal eksenin aynayı kestiği noktaya **tepe noktası** denir ve **T** sembolü ile gösterilir.

Odak noktası: Küresel aynaların üzerine birbirine paralel gönderilen ışınların, yansıdıktan sonra kendilerinin ya da uzantılarının toplandığı noktaya aynanın **odak noktası** denir ve **F** sembolü ile gösterilir. Küresel aynanın tepe noktası ile odak noktası arasındaki uzaklığa **odak uzaklığı** adı verilir ve **f** sembolü ile gösterilir.

Merkez noktası: Küresel aynalarda küre yüzeyinin merkezi aynı zamanda küresel aynanın da merkezini oluşturur. Merkez noktası **M** sembolü ile gösterilir.

Şekil 2.14'te çukur ve tümsek aynalarda asal eksen, tepe noktası, odak noktası, merkez noktasının yerleri gösterilmiştir.

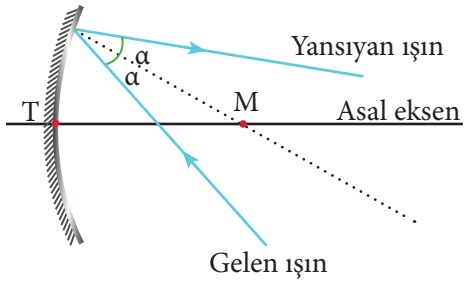


Şekil 2.14. *Tümsek ve çukur aynada asal eksen, tepe noktası, odak noktası ve merkez noktası*

Şimdi sırayla çukur aynada ve tümsek aynada ışınların yansımasını inceleyelim:

Çukur aynada ışınların yansıması

Aynanın şekli ne olursa olsun ayna yüzeyine çarpan ışın yansıma yasalarına uyarak yansır. Küresel yüzeylerde yüzey normalinin merkezden geçtiği bilinmektedir. Çukur ayna yüzeyine çarpan bir ışık ışınının yansımasını çizmek için ışının aynaya değdiği noktadan merkezden geçen bir yüzey normali çizilir. Ayna yüzeyine gelen ışık ışınının gelme açısı yansıma açısına eşit olacak şekilde çizildiğinde, ışının çukur aynadan yansıması çizilmiş olur (Şekil 2.15).



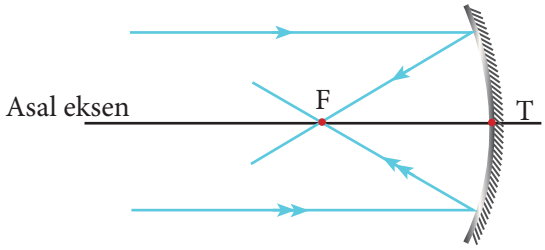
Şekil 2.15. *Çukur aynada yansıma*

Çukur aynada özel ışınlar

Küresel aynanın asal eksenine paralel gelen, odak, merkez ve tepe noktalarından geçen ışık aynanın ışınları, özel ışınlar olarak isimlendirilir. Şimdi bu özel ışınların çukur aynadan yansımalarını çizelim.

1. Asal eksene paralel gelen ışınların yansıması

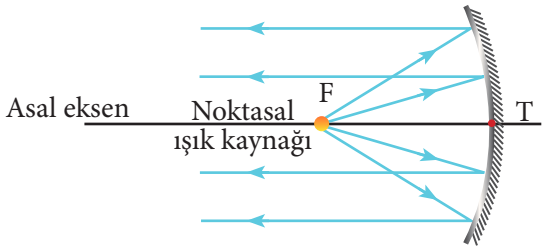
Çukur aynanın asal eksenine paralel gelen ışınlar, yansıdıktan sonra odak noktasından geçer (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. *Asal eksen paralel gelen ışınların yansıması*

2. Odak noktasından gelen ışınların yansıması

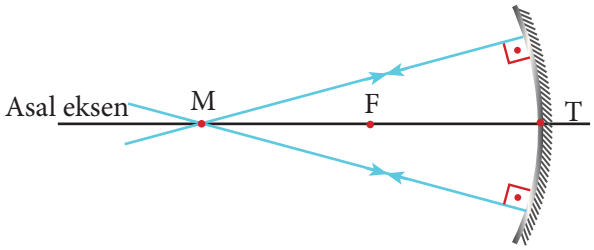
Çukur aynanın odak noktasından gelen ışınlar, asal eksene paralel olacak şekilde yansır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. *Odak noktasından gelen ışınların yansıması*

3. Merkezden gelen ışınların yansıması

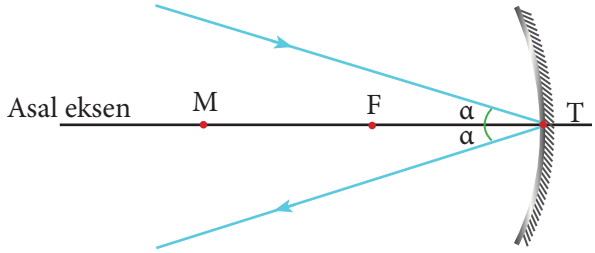
Çukur aynanın merkezinden gelen ışınlar, aynanın yüzey normali üzerinden gelir. Yüzey normali, ayna yüzeyine dik olduğundan merkezden gelen ışınlar yansıdıktan sonra geldiği yoldan geri döner (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. *Merkezden gelen ışınların yansıması*

4. Tepe noktasına gelen ışınların yansıması

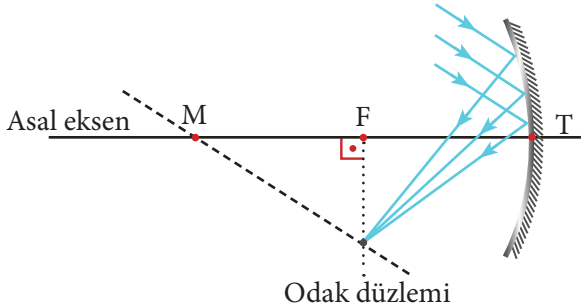
Çukur aynanın tepe noktasına çarpan ışınlar için merkezden çizilen yüzey normali asal eksen ile çakışır. Bu nedenle tepe noktasına gelen ışın ile yansıyan ışın, asal eksen ile eşit açı yaparak yansır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. *Tepe noktasına gelen ışınların yansıması*

5. Herhangi bir ışının yansıması

Çukur aynaya her zaman yukarıda sıralanan özel ışınlar gelmez. Aynaya herhangi bir doğrultuda da ışınlar gelebilir. Böyle bir durumda yansıyan ışınları çizmek için önce gelen ışına paralel olacak şekilde merkezden geçen doğru çizilir. Çukur aynanın odak noktasından dik doğrultuda çizilen ikinci bir doğrunun kestiği nokta ikincil odak noktası olarak adlandırılır. Herhangi bir doğrultuda çukur aynaya gelen ışınlar, yansıdıktan sonra ikincil odaktan geçer (Şekil 2.20).

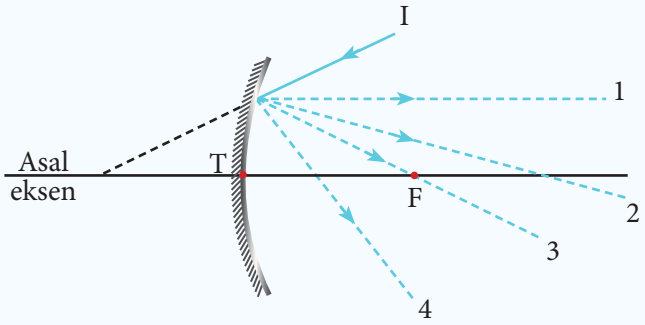


Şekil 2.20. *Herhangi bir doğrultuda gelen ışınların yansıması*

Herhangi bir ışının yansımasını çizmek için yansıma yasalarından da yararlanılabilir.

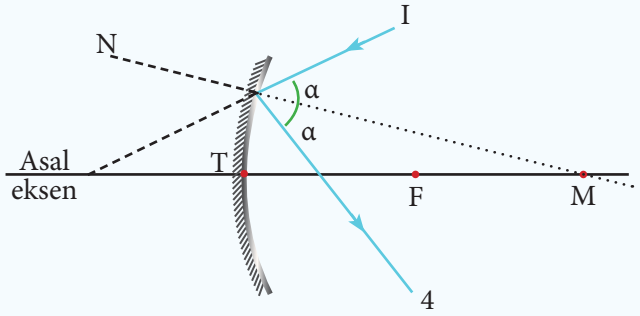
Örnek

Şekildeki gibi bir çukur aynaya gönderilen I ışık ışını yansıdıktan sonra 1, 2, 3 ve 4 numaralı yollardan hangisini izleyebilir?



Çözüm

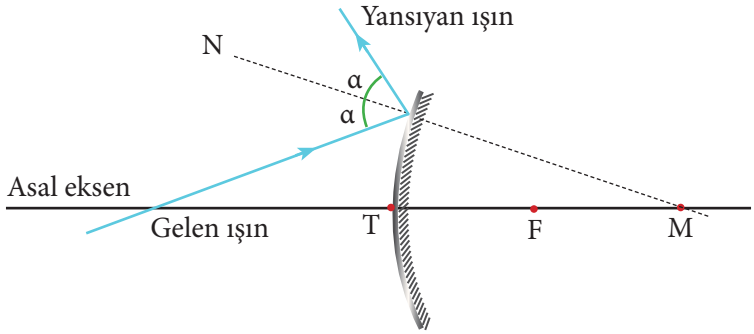
I ışınının nasıl yansıdığını bulmak için yansıma yasalarından yararlanılabilir. Önce aynanın merkez noktasını belirlenir. Daha sonra ışığın aynaya çarptığı noktaya merkezden normal çizilir. Işık ışını gelme açısı yansıma açısına eşit olarak yansıtıldığında ışığın izleyeceği yolu bulmuş oluruz. Bu yolla yansıyan ışık ışını çizildiğinde I ışının çukur aynada yansıması 4 numaralı ışındır.



Tümsek aynada ışınların yansıması

Çukur aynada olduğu gibi tümsek ayna yüzeyine çarpan bir ışık ışınının yansımasını çizmek için ışının aynaya değdiği noktadan merkezden geçen bir yüzey normali çizilir. Ayna yüzeyine gelen ışık ışınının gelme açısı, yansıma

açısına eşit olacak şekilde çizildiğinde, ışının tümsek aynadan yansıması çizilmiş olur (Şekil 2.21).



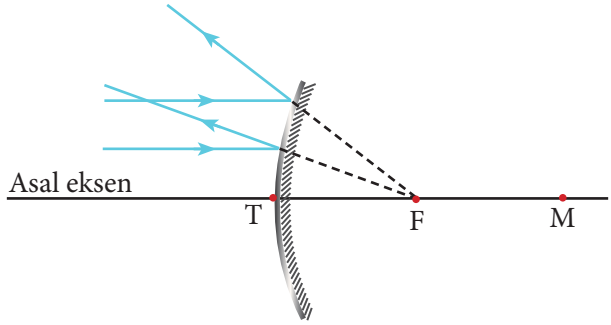
Şekil 2.21. *Tümsek aynada yansıma*

Tümsek aynada özel ışınlar

Tümsek aynanın asal eksenine paralel gelen, uzantısı odak, merkez ve tepe noktalarından geçen ışınlar, tümsek aynanın özel ışınları olarak isimlendirilir. Şimdi bu özel ışınların tümsek aynadan yansımalarını çizelim.

1. Asal eksene paralel gelen ışınların yansıması

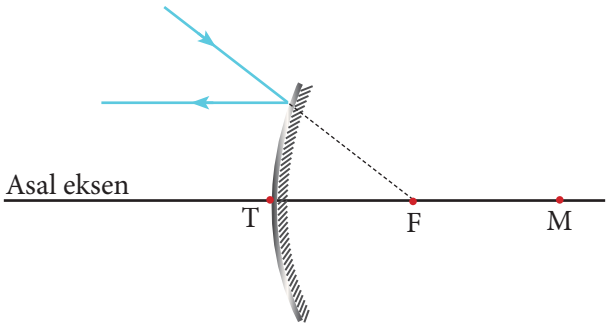
Asal eksenine paralel gelerek tümsek aynaya çarpan ışınlar, uzantıları aynanın odak noktasından geçecek şekilde yansır (Şekil 2.22). Yansıyan ışınların kendilerinin değil uzantıları odak noktasından geçtiği için tümsek aynanın odak noktası sanaldır.



Şekil 2.22. *Asal eksene paralel gelen ışınların yansıması*

2. Uzantısı tümsek aynanın odağından geçecek şekilde gelen ışınların yansıması

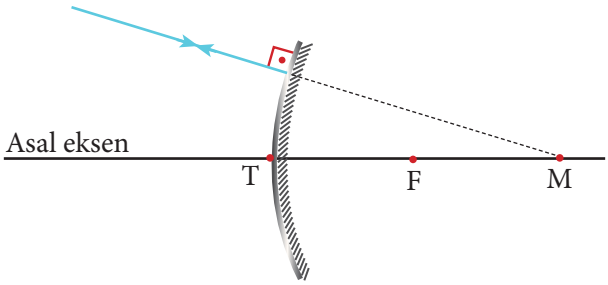
Tümsek aynaya çarpan ışının uzantısı, aynanın odak noktasından geçiyorsa ışın yansıdıktan sonra asal eksene paralel olacak şekilde yansır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. *Uzantısı odak noktasından geçerek gelen ışınların yansıması*

3. Uzantısı tümsek aynanın merkezinden geçecek şekilde gelen ışınların yansıması

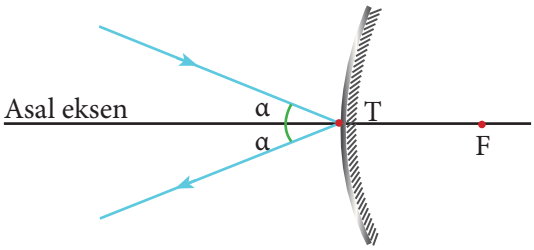
Küresel yüzeylerin yüzey normalinin merkezden geçtiğini ifade etmiştik. Buna göre; tümsek aynaya çarpan ışının uzantısı, aynanın merkez noktasından geçiyorsa ışın geldiği yoldan geri döner (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. *Merkez doğrultusunda gelen ışınların yansıması*

4. Tümsek aynanın tepe noktasına gelen ışınların yansıması

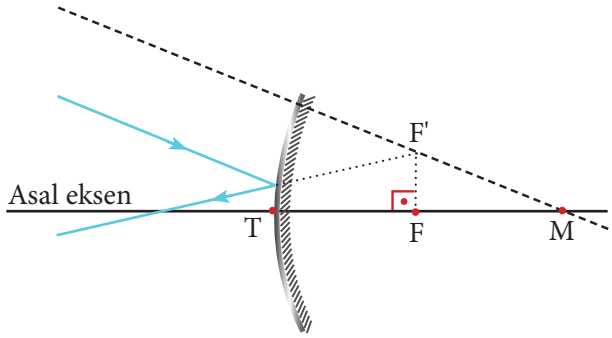
Tümsek aynanın tepe noktasına çarpan ışınlar için merkezden çizilen yüzey normali asal eksen ile çakışır. Bu nedenle tepe noktasına gelen ışın ile yansıyan ışın asal eksen ile eşit açı yaparak yansır (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. *Tepe noktasına gelen ışının yansıması*

5. Herhangi bir ışının yansıması

Tümsek aynaya her zaman yukarıda sıralanan özel ışınlar gelmez. Aynaya herhangi bir doğrultuda da ışınlar gelebilir. Böyle bir durumda yansıyan ışınları çizmek için önce gelen ışına paralel olacak şekilde merkezden geçen doğru çizilir. Tümsek aynanın odak noktasından dik doğrultuda çizilen ikinci bir doğrunun kestiği nokta, aynanın ikincil odak noktasıdır. Herhangi bir doğrultuda tümsek aynaya gelen ışınlar, yansıdıktan sonra ikincil odaktan geçer (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. *Tümsek aynaya herhangi bir doğrultuda gelen ışının yansıması*

2.5.2. Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu

Küresel aynalarda görüntü oluşumu, düzlem aynalarda görüntü oluşumu ile aynıdır. Bir cismin küresel aynada oluşan görüntüsünü çizerken yine cismin herhangi bir noktasından aynaya iki ışın çizilir. Yansıyan ışınların kendilerinin ya da uzantılarının çakıştığı yerde görüntü oluşur. Şimdi çukur ve tümsek aynalarda özel ışınları kullanarak bir cismin aynalarda oluşan görüntüsünün nasıl oluştuğunu inceleyelim.

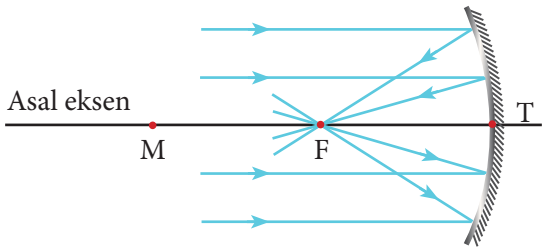
Tümsek aynada herhangi bir ışının yansımasının çizimi için yansıma yasalarından da yararlanılabilir.

Çukur aynada görüntü oluşumu

1. Sonsuzdaki cismin görüntüsü

Çukur aynadan sonsuz uzaklıkta bulunan cisimden gelen ışınlar, yaklaşık olarak aynanın asal eksenine paralel gelir. Çukur aynaya paralel gelen ışınlar, yansıdıktan sonra

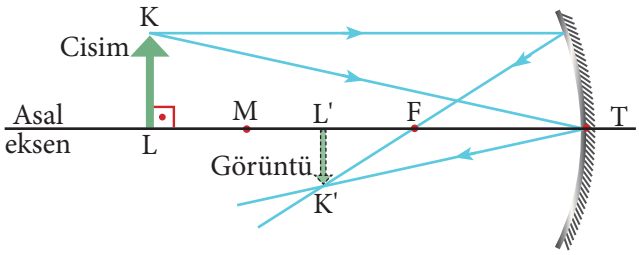
aynanın odağından geçer. Bu durumda çukur aynadan sonsuz uzaklıkta bulunan cismin görüntüsü, odak noktasında nokta şeklinde ve gerçek olarak oluşur (Şekil 2.27).



Şekil 2.27. *Sonsuzdaki cismin görüntüsü*

2. Sonsuz ve merkez noktası arasındaki cismin görüntüsü

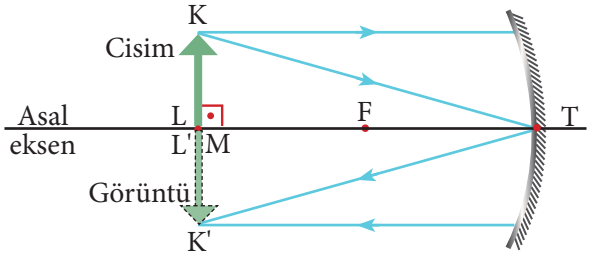
Çukur aynanın merkez noktasının dışında bulunan KL cisminden gönderilen özel ışınlar, aynadan yansıdıktan sonra merkez nokta ile odak noktası arasında kesişir. Oluşan görüntü; ters, gerçek ve boyu cismin boyundan küçüktür (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. *Merkezin dışındaki cismin görüntüsü*

3. Merkezdeki cismin görüntüsü

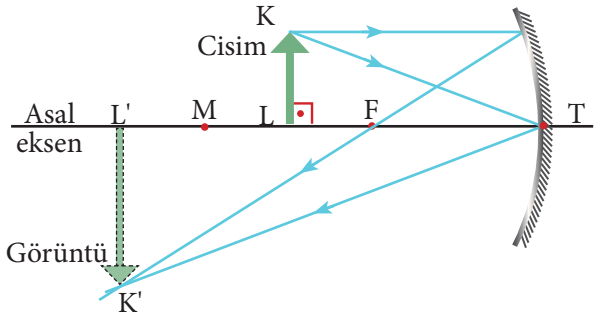
Çukur aynanın merkezinde bulunan KL cisminden gönderilen ışınlar aynadan yansıdıktan sonra geldiği yoldan geri dönerek merkezde kesişir. Oluşan görüntü; ters, gerçek ve boyu cismin boyuna eşittir (Şekil 2.29).



Şekil 2.29. *Merkezdeki cismin görüntüsü*

4. Merkez ve odak noktası arasındaki cismin görüntüsü

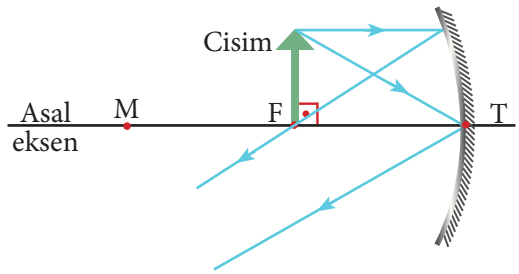
Çukur aynanın merkez ve odak noktası arasında bulunan KL cisminden gönderilen özel ışınlar, aynadan yansıdıktan sonra merkez noktasının dışında kesişir. Oluşan görüntü; ters, gerçek ve boyu cismin boyundan büyüktür (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. *Merkez – odak arasındaki cismin görüntüsü*

5. Odaktaki cismin görüntüsü

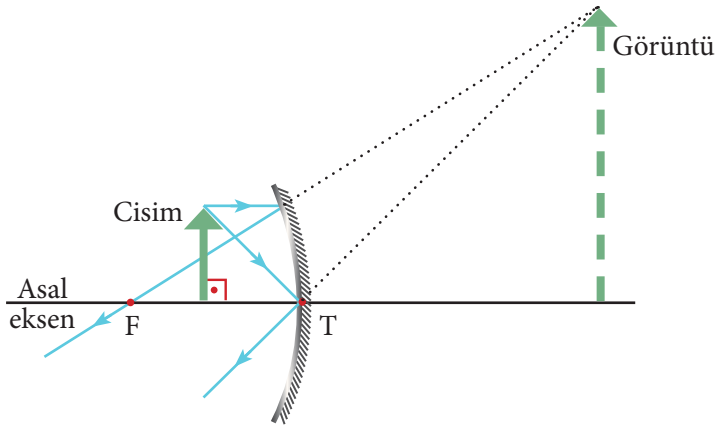
Odak noktasında bulunan bir cisimden aynaya gelen ışınlar, aynadan yansıdığında birbirine paralel olur (Şekil 2.31). Paralel ışınların sonsuzda kesiştiği varsayılır ve görüntüsü sonsuzda oluşur. Aynada gözlemlenen görüntü belirsizdir.



Şekil 2.31. *Odak noktasındaki cismin görüntüsü*

6. Ayna ile odak arasındaki cismin görüntüsü

Ayna ile odak noktası arasındaki cismin görüntüsü, ayna arkasında yansıyan ışınların uzantısı kesişerek oluştuğundan sanaldır. Ayrıca görüntü cisimden büyük ve cisme göre düzdür (Şekil 2.32).



Şekil 2.32. *Odak – ayna arasındaki cismin görüntüsü ayna arkasında oluşur.*

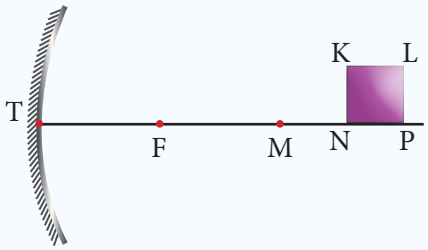
Çukur aynada cismin yerine göre oluşan görüntüsünün özellikleri Tablo 2.1'de özet olarak verilmiştir.

Cismin ayna önündeki yeri	Oluşan görüntünün yeri	Oluşan görüntünün özellikleri
Sonsuzda	Odak noktasında	Gerçek ve noktasal
Sonsuz ve merkez noktası arasında	Merkez – odak noktası arasında	Gerçek, ters ve cisimden küçük
Merkez noktasında	Merkez noktasında	Gerçek, ters ve cisimle aynı boyda
Merkez – odak noktası arasında	Merkez noktası dışında	Gerçek, ters ve cisimden büyük
Odak noktasında	Sonsuzda	Gerçek ve noktasal
Odak noktası – aynanın tepe noktası arasında	Ayna arkasında	Sanal, düz ve cisimden büyük

Tablo 2.1. *Çukur aynada görüntü özellikleri*

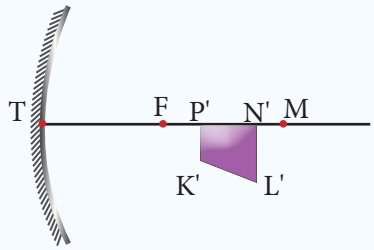
Örnek

Çukur ayna önüne konulan KLNP opak cisminin, aynada oluşan görüntüsü nasıldır?



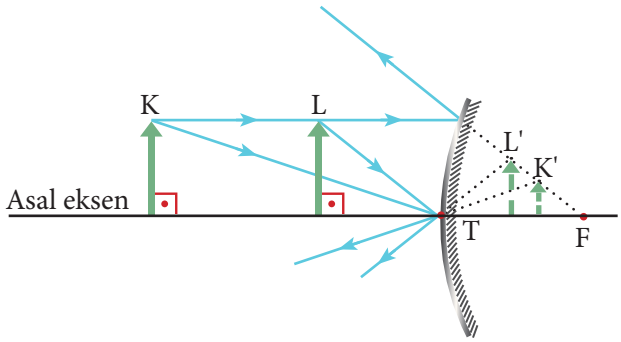
Çözüm

Çukur ayna önüne, merkez noktasının dışına konulan cismin görüntüsü; ayna önünde odak noktası ile merkez noktası arasında, boyu cismin boyundan küçüktür. Cisme göre ters ve merkez noktasına yaklaştıkça görüntü boyu büyür. KN ve LP kenarlarını farklı iki cisim gibi düşünürsek bu cisimlerin boyları eşit ancak KN, LP'den merkez noktasına daha yakındır. Merkez noktasına yakın olan kenarın görüntüsü, merkez noktasına daha yakın ve daha büyük olacağından K'N' kenarı, L'P' boyundan daha büyüktür. Bu durumda çukur aynadaki görüntü şekildeki gibi olur.



Tümsek Aynada Görüntü Oluşumu

Eşit boydaki K ve L cisimlerinin uçlarından çıkıp asal eksene paralel ışın ile tepe noktasına gelen ışınların aynadan yansımasıyla, yansıyan ışınların uzantılarının ayna gerisinde kesiştiği noktada cisimlerin görüntüsü oluşur (Şekil 2.33).



Şekil 2.33. *Tümsek aynada görüntü oluşumu*

Tümsek aynada yansıyan ışınların uzantıları ayna gerisinde kesiştiği için ayna önündeki gerçek cisimlerin görüntüleri sanaldır. Tümsek ayna önüne konulan bir cisim

nerede olursa olsun, görüntü ayna arkasında ve cisme göre düzdür. Cisim aynaya yaklaştıkça görüntü de aynaya yaklaşarak büyür. Cisim aynadan uzaklaştıkça görüntüsü de aynanın odak noktasına yaklaşarak küçülür. Cisim sonsuz uzaklığa gittiğinde görüntüsü odak noktasında sanal ve noktasal oluşur.

Günlük yaşantımızda küresel aynalarla oldukça sık karşılaşırız. Örneğin; keskin virajlı yollarda karşıdan geleni görmek için köşelerde tümsek ayna kullanılır (Resim 2.6). Bu şekildeki dik kavşakta tümsek ayna kullanılmasının nedeni, tümsek aynanın görüş alanının diğer aynalardan daha büyük olmasındandır.

Resim 2.6. *Tümsek aynalar geniş bir görüş alanı sağlar.*

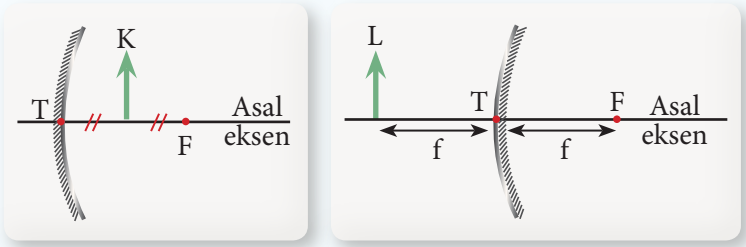
Yemek yerken kullandığımız kaşıkların dış yüzeyi tümsek, iç yüzeyi çukur ayna gibidir (Resim 2.7).

Resim 2.7. *Kaşığın dış yüzeyi tümsek ayna, iç yüzeyi çukur ayna gibi davranır.*

Yine günlük yaşamda kullandığımız metal çaydanlık, tencere ve tabakların da tümsek olan yüzeyleri tümsek ayna, çukur olan yüzeyleri ise çukur ayna gibidir.

Örnek

Çukur aynanın önüne K cismi, Tümsek aynanın önüne L cismi şekildeki gibi konulmuştur.



Buna göre aynalarda oluşan görüntünün özellikleri ile ilgili,

I. K ve L cisimlerinin görüntüleri sanaldır.
II. K cisminin görüntüsünün boyu kendi boyundan büyüktür.
III. L cisminin görüntüsünün boyu aynaya yaklaştıkça büyür.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

Çözüm

K cismi çukur aynanın önünde tepe noktası ve odak noktası arasında olduğundan görüntüsü sanaldır. L cisminin ise çukur ayna önündeki görüntüsü her zaman sanaldır (I. doğru).

K cisminden çıkan ışık ışınları aynadan yansıdıktan sonra uzantıları ayna arkasında kesişir. Çukur aynada oluşan görüntü sanal ve cisimden büyüktür (II. doğru).

L cisminin tümsek ayna önündeki görüntüsü cisimden küçüktür ancak aynaya yaklaştıkça görüntü büyür ve ayna üzerine geldiğinde cisim ve görüntünün boyları eşit olur (III. doğru).

5. UYGULAMA

1. **Çukur ve tümsek aynaların özellikleri nelerdir?**
2. **Günlük yaşamda küresel ayna gibi davranan cisimlere örnekler veriniz.**

Bayburt Taşı'ndan Güneş Fırını Ürettiler

Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğrencileri, hafifliğiyle bilinen Bayburt taşını kullanarak kutu tipi güneş fırını geliştirdi. Bu teknoloji sayesinde Türkiye için avantajının tamamen yüzde 100 yerli üretimle gerçekleşebilecek olmasının yanında hemen hemen kapsama dahilindeki bütün sektörlere hizmet verebilecek bir alan olacağı düşünülmektedir.

Bayburt taşı kullanılarak üretilen güneş fırını, uluslararası literatürde "solar cookers" diye bilinen güneş pişiricilerinin özel bir alt sınıfı olan kutu tipi güneş fırınlarındandır. Çalışmanın yenilikçi tarafının ilk kez ulusal ve uluslararası literatürde Bayburt taşının, bir güneş enerji uygulamasında termal enerji depolama ortamı olarak kullanılmasıdır. Bayburt taşı entegreli geliştirilen güneş fırınında yapılan ilk ölçümler neticesinde, entegreli güneş fırınının yutucu yüzey sıcaklığının 200 dereceye ulaştığı gözlemlenmiştir.

Güneş fırınları başta yiyecek ısıtılması, pişirilmesi, tarımsal ürün kurutulması, pastörizasyon, damıtık su eldesi gibi çeşitli ihtiyaçlar kapsamında dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Çevre dostu olan bu teknoloji çok ucuz maliyetle üretilebilmektedir. Temiz enerji olan güneş enerjisi merkezli olması sürdürülebilir bir teknoloji olduğunu göstermektedir. Bu durum üretim maliyetini ihmal edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Taş esaslı bir malzeme olduğu için pişirme doğrudan taş temas eden bir yüzeyde gerçekleştiği için normal taş fırınlardan alınan lezzet ve tadı bu teknoloji kapsamında da alınacağı ifade edilmektedir.

Bayburt taşı hafif, özgül ısıl kapasitesi yüksek bir malzemedir. Bu nedenle ısı depolamaya oldukça elverişli olması mevcut enerji depolama malzemelerine kıyaslamalı bir alternatif oluşturabilecektir. Bunun yanında yöresel bir karakteristik değerin böyle bir güneş enerjisi uygulamasında kullanılabilir olması ülkemiz adına büyük bir başarıdır.

https://www.haberler.com/bayburt-tasi-ndan-gunes-firini-urettiler-9801070-haberi/

6. BÖLÜM
KIRILMA

Anahtar Kavramlar

- kırılma
- kırıcılık indisi
- Snell Yasası
- tam yansıma
- sınır açısı

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Işığın kırılmasını ve kırılmanın su dalgalarında kırılma olayı ile ilişkisini,
2. Işığın tam yansıma olayını ve sınır açısını,
3. Farklı ortamda bulunan bir cismin görünür uzaklığını etkileyen sebepleri

öğrenmiş olacaksınız.

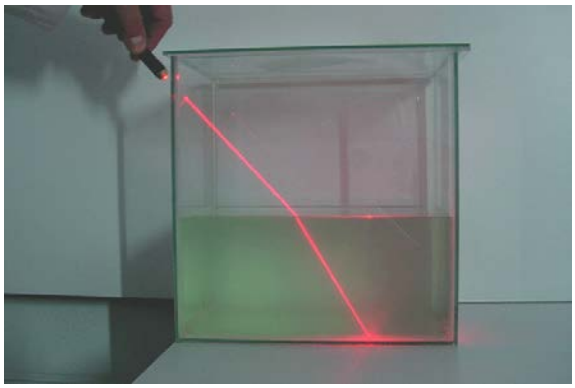
İçinde su bulunan bir bardaktaki kaşığa baktığımızda kaşığı kırılmış gibi gözlemleriz. Kaşığın su içerisinde kırılmış gibi görülmesinin nedeni ne olabilir (Resim 2.8)?

Su dolu bardaktaki kaşığın kırılmış gibi görülmesinin nedeni ışığın kırılmasıdır. Şimdi ışığın kırılmasını su dalgalarındaki kırılma ile ilişkilendirerek inceleyelim.

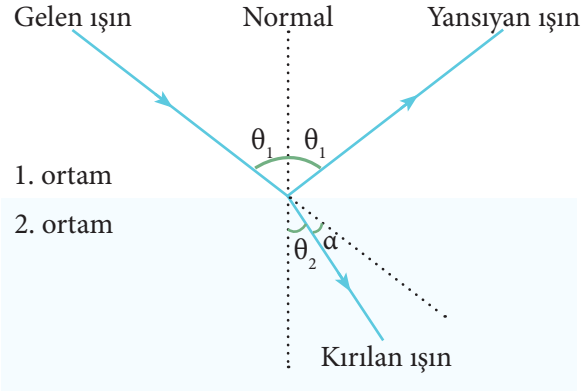
Resim 2.8. *Su içerisinde bulunan kaşık kırılmış gibi gözlemlenir.*

2.6.1. Işığın Kırılması

Işığın, bir saydam ortamdan başka bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirmesine **ışığın kırılması** denir (Resim 2.9). Işık farklı iki saydam ortamın ayırıcı yüzeyine geldiğinde ikinci ortama geçerken hepsi ikinci ortama geçmez, bir kısmı yansıyarak geldiği ortama geri dönerken, bir kısmı soğurulur. İkinci ortama geçen ışık ilk geldiği doğrultudan farklı bir yönde hareket eder (Şekil 2.34). Işığın bu davranışı, dalgalar ünitesinde işlediğimiz su dalgalarının farklı derinlikteki ortamlardan geçişi sırasında dalgaların kırılma olayı ile benzerdir.



Resim 2.9. *Işık saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirir.*



Şekil 2.34. *Farklı saydam ortamlardan geçen ışığın bir kısmı geri yansırken bir kısmı kırılır ve soğrulur.*

Doğrusal su dalgalarının derin ortamdan sığ ortama geçerken hızı ve dalga boyu değişir. Işığın hava ortamından su ortamına geçişi de aynı özellikleri gösterir. Işığın kırılması olayında ışığın geldiği ortama 1. ortam, iletildiği ortama da 2. ortam adı verilir.

Şekil 2.34'te gösterilen kırılma olayındaki terimler aşağıdaki gibi isimlendirilir:

θ_1: Gelme açısı, gelen ışının yüzey normali ile yaptığı açıdır.

θ_2: Kırılma açısı, kırılan ışının yüzey normali ile yaptığı açıdır.

α: Sapma açısı, gelen ışının doğrultusu ile kırılan ışının doğrultusu arasında kalan açıdır.

Aşağıda verilen genel ağ adresindeki simülasyonu yaparak ortam değiştiren ışığın ilerleme doğrultusundan sapma miktarının bağlı olduğu değişkenleri inceleyiniz.
https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/bending-light

Yapılan deneyler sonucunda ışığın saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçerken davranışı, kırılma yasaları başlığı altında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Kırılma Yasaları

1. Yasa: Işık kırılırken gelen ışın, yüzey normali ve kırılan ışın aynı düzlem üzerinde kalır.

2. Yasa: Gelme açısının sinüsünün kırılma açısının sinüsüne oranı sabittir. Bu ifadeye **Snell Yasası** ya da **Kırılma Yasası** denir ve aşağıdaki gibi yazılır:

$$\text{Sin}\ \theta_1 / \text{Sin}\ \theta_2 = \text{sabit}$$

Yukarıda genel ağ adresi verilen simülasyonda görüldüğü gibi kırılma, ortamın türüne bağlıdır. Farklı ortamlardan aynı açıyla gelen ışık farklı kırılma açılarıyla kırılıyordu. Işığın bu davranışının nedeni, ortamların farklı kırıcılık indislerine sahip olmasıdır. Kırıcılık indisi, saydam ortamın özellikleriyle birlikte ışığın rengine de bağlıdır. Ayrıca kırılma, ışığın yayılma hızıyla da yakından ilişkilidir. Saydam ortam, ışığı ne kadar çok kırıyorsa ışık o ortamda o kadar yavaşlıyor demektir. Bütün bunların sonucunda ortamın kırıcılık indisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

Işığın boşluktaki hızının saydam ortamdaki hızına oranına, o ortamın **mutlak kırıcılık indisi** denir.

Mutlak kırıcılık indisi "n" sembolü ile gösterilir ve matematiksel olarak;

$$n = \frac{c}{v}$$

şeklinde yazılır. Burada c ışığın boşluktaki hızı (c= 3.108m /s), v de ışığın saydam ortamdaki hızıdır.

Mutlak kırıcılık indisi saydam maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Işığın herhangi bir saydam ortamdaki hızı boşluktakine eşit olamaz. Bu nedenle bir ortamın kırıcılık indisi, daima 1'den büyüktür.

Tablo 2.2'de bazı saydam maddelerin mutlak kırıcılık indisleri verilmiştir.

Madde	Mutlak kırıcılık indisi
Su	1,33
Cam	1,50 – 1,90
Hava	1,00029
Boşluk	1,00
Elmas	2,42
Kuartz kristali	1,54
Pencere camı	1,52

Tablo 2.2. *Bazı saydam maddelerin mutlak kırıcılık indisi*

Bir ortamın, hava ortamı dışında başka bir saydam ortama göre kırıcılık indisine **bağıl kırılma indisi** adı verilir. Işık ışınları birinci ortamdan ikinci ortama geçerken bağıl kırılma indisi n_{12} ile gösterilir ve 2. ortamın 1. ortama göre bağıl kırılma indisi olarak ifade edilir. Bağıl kırılma indisi matematiksel olarak;

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

şeklinde yazılır. Buradaki $\frac{n_2}{n_1}$ oranına ikinci ortamın birinci ortama göre bağıl kırıcılık indisidir.

Elde edilen bağıntıda $n = \frac{c}{v}$ ifadesi yerine yazıldığında

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

eşitliği elde edilir. Elde edilen bu bağıntıya göre Kırılma Yasası'ndaki sabit oran, ışığın geldiği ortamdaki (1. ortam) hızının, geçtiği ortamdaki (2. ortam) hızına oranıdır.

Doğrusal bir su dalgası, sığ ortamdan derin ortama ya da derin ortamdan sığ ortama geçerken atmanın bir ucunun diğer ucundan farklı hızda ilerlediği için doğrultu değiştirdiğini ifade etmiştik. Işığın saydam bir ortamdan diğer bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirmesinin nedeni de budur. Işık farklı ortamlarda farklı hızda yayılır. Işık iki saydam ortamı ayıran yüzeye 90°den küçük bir açı ile geldiğinde ışık atmasının bir ucu diğerinden farklı hızla ilerler ve böylece ışığın ilerleme doğrultusu değişir. Tablo 2.3'te ışığın bazı saydam ortamlardaki yayılma hızları yaklaşık olarak verilmiştir.

Ortam	Işığın hızı (m/s)
Boşluk	3×10^8
Hava	$\sim 3 \times 10^8$
Su	$2{,}25 \times 10^8$
Pencere camı	$1{,}97 \times 10^8$
Mercek camı	$1{,}82 \times 10^8$
Elmas	$1{,}24 \times 10^8$

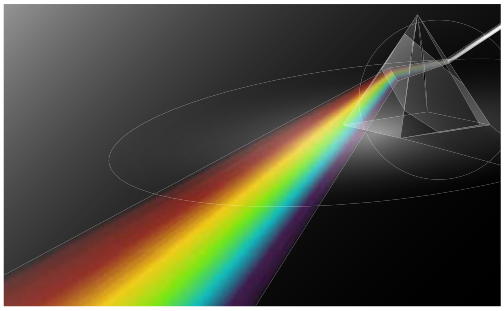
Tablo 2.3. *Işığın bazı saydam ortamlardaki yayılma hızı*

Tablo2.3'te verilen değerlere göre ışık dalgalarının su ortamındaki hızının, hava ortamına göre daha küçük olduğu görülmektedir. Bundan da hangi ortamın kırıcılığı daha fazlaysa ışığın o ortamda daha yavaş ilerlediği sonucu çıkar.

Bir ortamın ışık dalgalarını yavaşlatma miktarı, ortamın cinsine bağlıdır ve **optik yoğunluk** adı verilen bir nicelik ile ifade edilir. Işığı çok kıran ortamlar çok yoğun, az kıran ortamlar az yoğun ortam olarak ifade edilir.

Bu ifadedeki yoğunluk sözcüğü ile tanımlanan özellik, maddenin öz kütlesinden farklıdır.

Ortamın kırıcılığı maddenin cinsine bağlı olmasının yanında, ışığın rengine de bağlıdır. Resim 2.10'daki gibi farklı renklerdeki ışıklar saydam bir yüzeye geldiğinde kırılma açıları arasında çok az da olsa farklılık olduğu görülür. Kırmızı ışık ikinci ortama geçtiğinde daha az kırılırken mor ışık daha fazla kırılmıştır. Farklı renkteki ışıkların hızları aynı olduğu hâlde madde içerisindeki hızları farklıdır. Bu durum bir ışığın ortamdaki yayılma hızının ortamın kırıcılık indisine bağlı olduğunu gösterir.

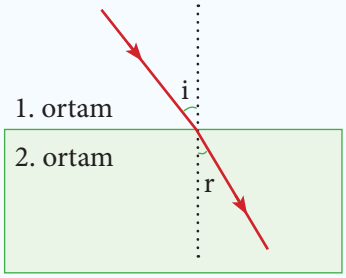


Resim 2.10. *Farklı renkteki ışıklar farklı miktarda kırılır.*

Maddenin sıcaklığı, yoğunluğu ve üzerine uygulanan basınç da kırıcılık indisini etkiler; ancak saf katı ve sıvılarda bu büyüklüklerin etkisi yok denecek kadar azdır. Gaz maddelerde ise basınç, sıcaklık ve yoğunluğun değişmesi kırıcılık indisini önemli ölçüde etkiler. Gaz maddenin sıcaklığı artığında kırıcılık indisi azalır. Yoğunluk arttığında ise basınç artar ve kırıcılık indisi büyür.

Örnek

Şekilde görüldüğü gibi tek renkli bir I ışını 1. ortamdan i açısı ile gelip r açısı ile kırılarak 2. ortama geçiyor.



1. ortamın kırıcılık indisi n_1, 2. ortamın kırıcılık indisi n_2, bu ortamlardaki hızları sırasıyla v_1 ve v_2 olduğuna göre,

a) Ortamların kırıcılık indisleri arasındaki ilişki nasıldır?

b) Işığın ortamlardaki hızları arasındaki ilişki nasıldır?

Çözüm

a) I ışını geliş doğrultusundan ayrılarak yüzey normaline yaklaşarak kırılmıştır ve kırılma açısı (r) gelme açısından küçüktür ($r < i$). Bu durum I ışınının az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçtiğinde meydana geldiğinden ortamların kırıcılık indisleri arasında $n_2 > n_1$ ilişkisi vardır.

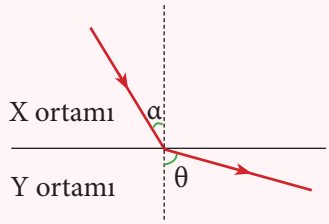
b) Snell Yasası (Kırılma Yasası) matematiksel olarak;

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

şeklinde yazılır. Bu eşitliğe göre ortamın kırıcılık indisi ışığın ortamdaki hızı ile ters orantılıdır. Buna göre $n_2 > n_1$ olduğundan ışığın ortamlardaki hızı arasındaki büyüklük ilişkisi $v_1 > v_2$ şeklindedir.

6. UYGULAMA

1. Şekilde X saydam ortamından Y saydam ortamına geçen tek renkli ışık ışının izlediği yol verilmiştir.



Buna göre;

I. X ortamının kırıcılık indisi Y ortamının kırıcılık indisinden küçüktür.

II. α açısı artarsa θ açısı da artar.

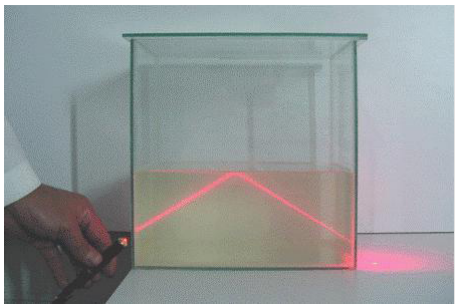
III. Işık ışınının en hızlı yayıldığı ortam Y ortamıdır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

2. Saydam ortamların kırıcılık indisleri nelere bağlıdır? Açıklayınız.

2.6.2. Tam Yansıma Olayı ve Sınır Açısı

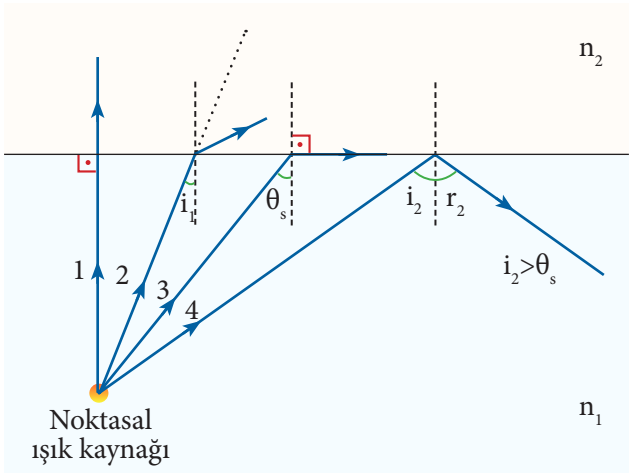
Bir kaynaktan çıkan ışık ışınları ayırıcı yüzeye hangi açıyla gelirse gelsin, kırıcılık indisi küçük ortamdan kırıcılık indisi büyük ortama geçebilir. Bunun tersine ışık ışınları kırıcılık indisi büyük ortamdan kırıcılık indisi küçük olan ortama her zaman geçemez; ancak belli bir açıdan küçük açıyla geldiğinde geçebilir. Resim 2.11'de görüldüğü gibi kabın içerisindeki sıvıya tek renkli ışık üreten kaynaktan çıkan ışık ışınları yönlendirildiğinde ışınların hava ortamına çıkamadığı, sıvı yüzeyinden geri yansıdığı görülüyor.



Resim 2.11. *Sıvıdan havaya çıkan ışık ışınının tam yansıması*

Bu durum her zaman gözlemlenmez. Sadece belirli gelme açısından büyük gelme açılarında ışık ışınları çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçemez, yansıyarak geldiği ortama geri döner. Bu olaya **tam yansıma olayı** denir. Işık ışınının çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçerken kırılma açısının 90° olduğu gelme açısına **sınır açısı** denir. Sınır açısından büyük gelme açılarında ışık ışınları tam yansıma yapar. Farklı ortamlar için **sınır açısı** değeri farklıdır.

Işığın çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçişindeki davranışını Şekil 2.35 üzerinde irdeleyelim:

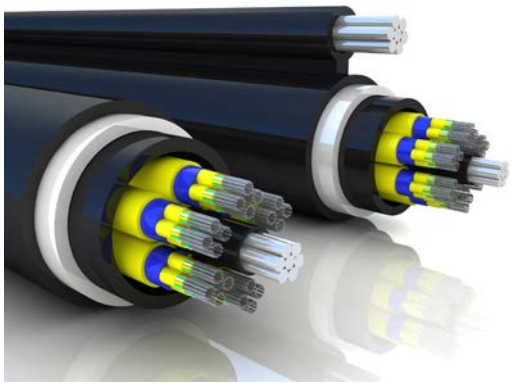


Şekil 2.35. *Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçen ışığın davranışı.*

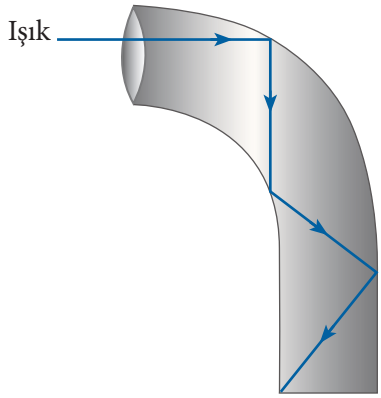
Şekil 2.35'te çok yoğun ortam içerisinde bulunan noktasal kaynaktan çıkan dört adet ışık ışınının davranışı gösterilmiştir. 1 numaralı ışın ayırıcı yüzeye dik geldiğinden

kırılmaz, doğrultusunu değiştirmeden yoluna devam eder. 2 numaralı ışık çok yoğun ortamdan (n_1) az yoğun ortama (n_2) çıkarken bir kısmı yansırken bir kısmı da normalden uzaklaşarak kırılmıştır. 3 numaralı ışık çok yoğun ortamdan (n_1) az yoğun ortama (n_2) sınır açısıyla (θ_s) geldiği için bir kısmı yansırken bir kısmı da kırılarak ayırıcı yüzey üzerinden gider. Yani kırılma açısı 90° olur. Işık 4 numaralı yolu izleyerek ayırıcı yüzeye geldiğinde normalle yaptığı gelme açısı (i_2) sınır açısından büyük olur. Işık bu durumda tam yansıyarak geldiği ortama geri döner ($i_2 = r_2$).

Günlük yaşamda tam yansıma olayının sonuçlarından; sağlık sektörü, haberleşme, eğlence merkezlerinin süslenmesi ve havuz ışıklandırılması gibi birçok alanda yararlanılmaktadır. Fiber optik teknolojide kullanılan fiber optik kablolar (Resim 2.12) yardımıyla bilgi, ışık hızına yakın hızlarda iletilebilmektedir. Fiber optik kablolarda ışık saydam bir ortamın içinden tam yansıyarak ilerlemektedir (Şekil 2.36). Fiber optik teknoloji sayesinde tıpta endoskopi adı verilen işlem yapılarak iç organlar dışarıdan görülebilmekte ve hastalıklara tanı konulabilmektedir.



Resim 2.12. *Fiber optik kablo*



Şekil 2.36. *Fiber optik kabloda ışığın yansıması*

Tam yansıma, ışığın atmosferde farklı sıcaklıklardaki hava katmanlarında kırılarak cisimlerin gerçek konumlarına göre yer değiştirmiş gibi görünmesi (serap) olayına neden olur. Serap daha çok sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde görülür. Yeryüzü ısınınca, yeryüzüne yakın kısımdaki

havanın sıcaklığı artar. Sıcaklığı artan havanın kırıcılık indisi küçülür. Yer kabuğundan daha yüksekteki soğuk havadan gelen ışık, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama gelmiş olduğundan tam yansımaya uğrar ve geldiği ortama yani yeryüzünün yukarısına doğru geri döner. Bu olayın sonucunda cisimler yüzeyin altındaymış gibi görünür. Genellikle yazın sıcak günlerinde Güneş'ten gelen ışınlar nedeniyle asfalt yolların yüzeyi ile yola temas eden hava iyice ısınır. Hava, kötü bir ısı iletkeni olduğundan sadece yola yakın bölgede ince bir katman şeklinde sıcak hava bulunur. Sıcak hava katmanının üzerinde daha soğuk bir hava tabakası bulunur. Işık önce soğuk havadan geçerek sıcak hava katmanına gelir. Işık burada tam yansımaya uğrar ve yukarıya doğru kırılarak gözümüze ulaşır. Biz de yolun yüzeyini ıslakmış gibi görürüz (Resim 2.13).

Resim 2.13. *Sıcak günlerde kara yolunda gözlemlenen serap olayı*

7. UYGULAMA

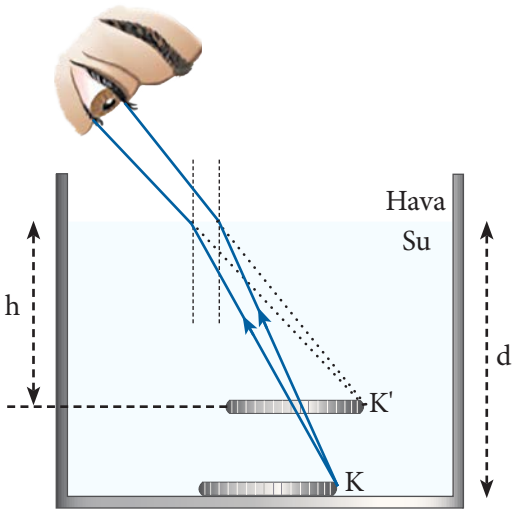
1. **İki saydam ortam arasında geçiş yapan ışık ışınları hangi şartlarda tam yansıma yapabilir? Açıklayınız.**
2. **Günlük yaşamda tam yansıma olayının yararlanıldığı alanlara örnekler veriniz.**

Aşağıda Genel Ağ adresi verilen simülasyonu yaparak tam yansıma ve sınır açısını inceleyiniz.

https:// phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/lastest/bending-light_tr.html

2.6.3. Görünür Uzaklık

Bir cam bardakta su içerisindeki metal paraya baktığımızda onu olduğu yerden daha yukarıda görürüz (Şekil 2.37). Bunun nedeni bulunduğumuz yer ile paranın farklı saydam ortamlarda bulunmasından dolayı ışığın kırılmasıdır. Gözlemci ile cisim farklı saydam ortamlarda bulunuyorsa ışığın kırılması nedeniyle gözlemci, cismi bulunduğu yerden daha farklı bir yerde görür. İçinde sıvı bulunan kapların tabanlarının olduğundan daha az derin görünmesi, içinde su bulunan havuzların sığ görünmesi bu yüzdendir.



Şekil 2.37. *Cisimden gelen ışınlar kırılarak göze geldiği için cisim olduğundan farklı yerde görülür.*

Şekil 2.37'de bardaktaki su içerisinde bulunan metal paradan çıkan ışınlar kırılarak göze gelmiş ve metal para görülmüştür. Ancak metal para göze ulaşan ışınların uzantısında görüldüğü için metal paranın kendisi değil görüntüsü görülür. Metal para olduğu yerden daha yukarıda ve biraz yana kaymış görünür. Eğer bakış doğrultusu su yüzeyine dik olursa yana kayma oluşmaz. Metal parayı sadece olduğundan daha yakın görünür. Bir çay bardağına daldırılan çay kaşığının su içinde kalan kısmının küçük ve kısalmış görünmesinin nedeni de ışığın kırılması ile ilgilidir.

Gözlemci ve cisim farklı saydam ortamlarda bulunduğunda, cismin gözlemciden olan uzaklığı gerçek uzaklık, görüntünün gözlemciden uzaklığı ise görünen uzaklık ya da görünen derinliktir. Görünen derinlik (görünen uzaklık), gözün bakış açısına (α), saydam ortamın derinliğine yani gözlemci ile cisim arasındaki saydam ortamın kalınlığına ve saydam ortamın kırıcılık indisine bağlıdır.

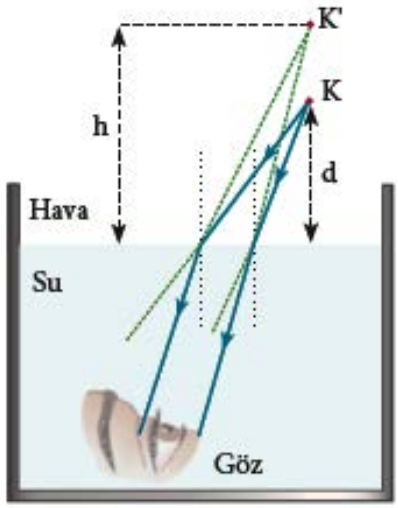
Cisim saydam ortamda, gözlemci hava ortamında bulunuyorsa;

- Saydam ortamın yüzeyine daha yatık bakılırsa (α açısı büyük olursa) göze gelen ışınların uzantısı daha yukarıda kesişeceğinden görünen derinlik azalır yani cisim daha yukarıda görünür. Bir başka deyişle bakış açısı büyüdükçe görünen derinlik (h) küçülür.
- Saydam ortamın kalınlığı (d) ve gözlemcinin saydam ortamdan uzaklığı artarsa ışınlar cisimden daha uzakta kırılacağından görüntü daha yukarıda oluşur. Diğer bir deyişle, gözlemci ile cisim arasındaki saydam ortamların kalınlığı artarsa görünen derinlik (h) azalır yani cisim daha yakın görünür.
- Cisimle gözlemci arasındaki saydam ortamın kırıcılık indisi büyük olursa ışınların havaya çıkış açısı (α) daha büyük olacağından cisim daha yukarda görülür. Yani görünen uzaklık (görünen derinlik) azalır.

Cismin bulunduğu saydam ortamın yüzeyi her zaman düz olmayabilir. Görünen derinlik saydam ortam yüzeyinin eğriliğine de bağlıdır. Cisim küre yüzeyli bir saydam ortamda bulunuyorsa ve cisim eğrisel yüzeyin merkezindeyse cisimden çıkan ışınlar küresel yüzeye dik olacağından kırılmaya uğramaz. Bu nedenle cisim bulunduğu yerde görünür. Eğer cisim eğrisel yüzeyin merkezinde değilse gözlemciye yakın olan cisim daha yakın, gözlemciden uzak cisim daha uzak görünür.

Gözlemci saydam ortamda, cisim hava ortamında bulunuyorsa cismin görüntüsü nasıl görünür?

Cisimden çıkarak göze gelen ışık ışınları hava ortamından saydam ortama girdiği için normale yaklaşarak kırılır. Gözlemcinin gözüne ulaşan ışınların uzantısı cisimden yukarıda bir noktada kesiştiği için, cisim bulunduğu yerden daha yukarıda görülür. Buna göre çok yoğun ortamda bulunan gözlemci, az yoğun ortamdaki cisme baktığında onu kendinden uzaklaşmış görür. Şekil 2.38'de su içerisinde bulunan bir gözlemci, hava ortamındaki K noktasını bulunduğu yerden daha yukarıda görür.



Şekil 2.38. *Çok yoğun ortamdan az yoğun ortamdaki cisme bakıldığında cisim uzaklaşmış görünür.*

Örnek

Şekilde hava ortamında bir balıkçı ve su içerisinde bir balık gösterilmiştir.

Buna göre;

I. Balıkçı balığı daha yakın görür.
II. Balık balıkçıyı daha yakın görür.
III. Balık ve balıkçının birbirini görme uzaklığı suyun kırıcılık indisine bağlıdır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

Çözüm

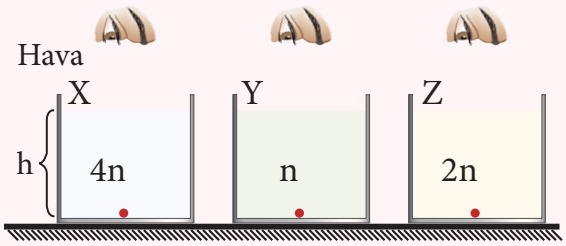
Balıkçı az yoğun ortamda balık çok yoğun ortamda olduğundan balıktan balıkçıya gelen ışınlar yüzey normalinden uzaklaşarak kırılır ve kırılan ışınların uzantısı su yüzeyine yakın yerde kesişir. Bu nedenle balıkçı balığı kendisine daha akın görür (I doğru).

Balıkçıdan balığa gelen ışınlar yüzey normaline yaklaşarak kırıldığı için, kırılan ışınların uzantıları balıkçıdan daha yukarıda kesişir. Bu nedenle balık balıkçıyı bulunduğu yerden yukarıda görür (II yanlış).

Balık ve balıkçının birbirini görme uzaklığı suyun kırıcılık indisi artarsa balıkçı balığı daha yakın, balık ise balıkçıyı daha uzak görür (III doğru).

8. UYGULAMA

1. Yandaki şekilde görülen kaplardan X kabında 4n, Y kabında n ve Z kabında 2n kırıcılık indisine sahip sıvılar bulunmaktadır. Kapların tabanında bulunan özdeş cisimlere sıvı yüzeyinden eşit uzaklıklarda dik doğrultuda bakıldığında cisimlerin görünür derinliklerinin sıralaması nasıl olur? Yazınız.



7. BÖLÜM
MERCEKLER

Anahtar Kavramlar

- odak noktası
- merkez
- tepe noktası
- asal eksen
- kırılma
- kırıcılık indisi

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,

1. Merceklerin özelliklerini ve mercek çeşitlerini,
2. Merceklerin oluşturduğu görüntünün özelliklerini,

öğrenmiş olacaksınız.

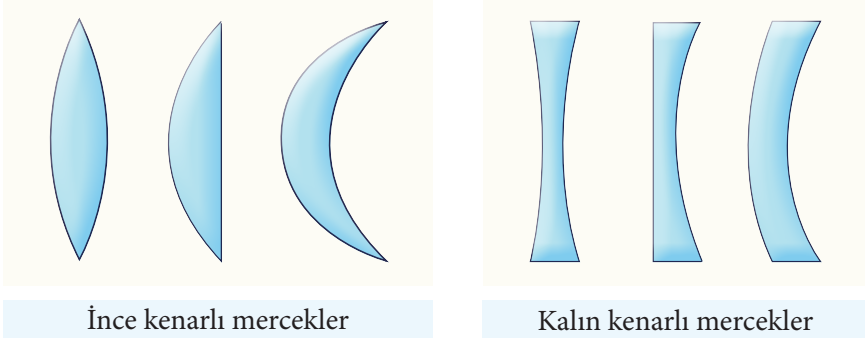
Hemen hemen hepimiz yaşamımızın belirli dönemlerinde görme problemlerinin giderilmesinde mercekten yapılmış gözlük ya da lens kullanırız. Bundan başka fotoğraf makinesinde, teleskopta, büyüteç ve mikroskopta da mercek vardır. Yaşamımızın önemli bir yeri olan merceklerin özelliklerini ve çeşitlerinin neler olduğunu inceleyelim.

2.7.1. Merceklerin Çeşitleri ve Özellikleri

En az bir yüzeyi küresel şekilde olan ve ışığın farklı saydam ortamlardan geçerken yön ve doğrultu değiştirmesinden yararlanmak amacıyla yapılan araçlara **mercek** adı verilir. Bir başka deyişle mercekler ışığın kırılması yoluyla görüntü oluşturmak amacıyla kullanılan saydam cisimlerdir. Bir yüzey üzerine damlamış su damlacıkları, kırılmış cam parçaları, su dolu pet şişeler mercek gibi davranır (Resim 2.14).

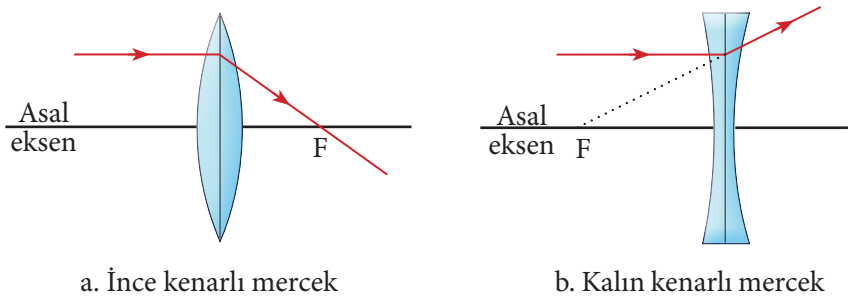
Resim 2.14. *Su damlası mercek gibi davranır.*

Mercekler, şekil ve ışığın mercekteki kırılma biçimine göre iki çeşittir. Kenarları orta bölgelerine göre ince olan merceklere **ince kenarlı mercekler** denir. İnce kenarlı merceğin arkasından cisimlere bakıldığında cisimlerin daha büyük bir görüntüsü göründüğünden için bu merceklere **yakınsak mercekler** de denir. Kenarları orta noktasına göre kalın olan merceklere **kalın kenarlı mercekler** denir. Kalın kenarlı merceğin arkasından bakıldığında cisimlerin görüntüsünü küçülttüğü için bunlar **ıraksak mercek** olarak da adlandırılır. İnce kenarlı ve kalın kenarlı mercekler farklı şekillerde olabilir (Şekil 2.39).



Şekil 2.39. *İnce ve kalın kenarlı mercekler*

İnce ve kalın kenarlı merceklerde merceğin ortasından geçen doğrultuya **asal eksen** denir. Asal eksene paralel gelen ışık ışınlarını ince kenarlı mercekler bir noktada toplarken, kalın kenarlı mercekler sanki bir noktadan geliyormuş gibi dağıtır. Başka bir deyişle ince kenarlı mercekler ışığı bir noktada toplanacak şekilde kırarken, kalın kenarlı mercekler ışığı dağıtarak kırar (Şekil 2.40).



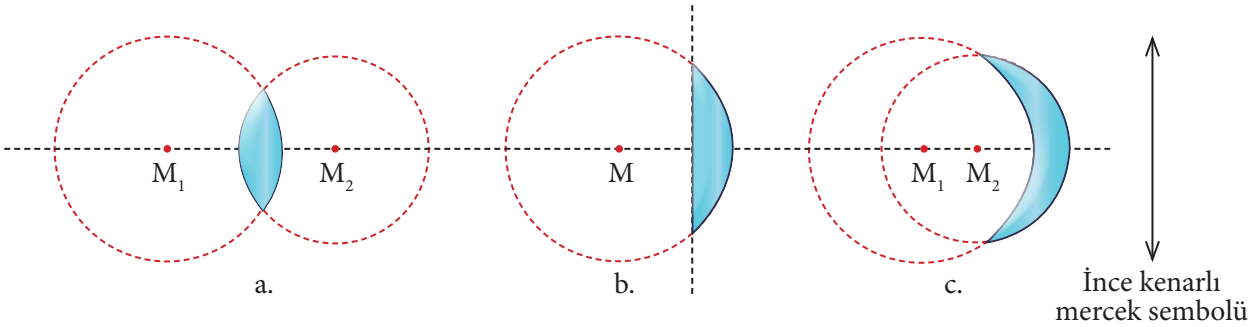
Şekil 2.40. *İnce kenarlı ve kalın kenarlı mercekte ışığın kırılması*

İnce kenarlı mercekte kırılan ışıkların toplandığı, kalın kenarlı mercekte kırılarak dağılan ışıkların uzantılarının kesiştiği noktaya **odak noktası** adı verilir ve **F** sembolü ile gösterilir. İnce kenarlı merceklerin kırılan ışıkları bir noktada toplama özelliği, ışık enerjisinin bir noktada toplanmasına ve sıcaklığın artmasına neden olur. İnce kenarlı bir mercek kullanarak kâğıt ve tahta gibi cisimler yakılabilir. Eğer bu durum doğada kendiliğinden oluşursa orman yangınına sebep olabilir. Ormanlık alana bırakılan cam şişeler ve cam parçaları ya da içinde su bulunan pet şişeler, ince kenarlı bir mercek gibi davranarak etraftaki kuru yaprak ve otların tutuşmasına sebep olur. Bu nedenle ormanlık bölgelerde piknik yapıldıktan sonra cam şişe ve kırıklarının bırakılmamasına dikkat edilmelidir. Alınabilecek bu çok basit önlemle hem çevre temizliği sağlanacak hem de doğal hayatın korunmasına katkıda bulunulacaktır.

Merceğin odak uzaklığının bağlı olduğu faktörler nelerdir?

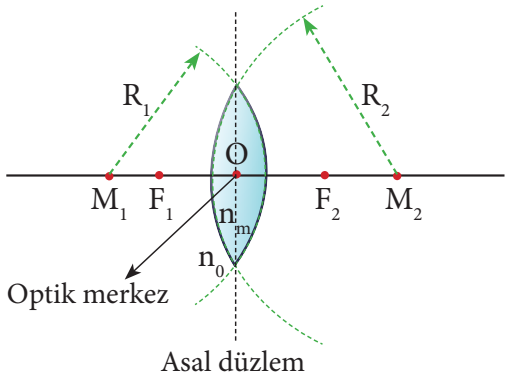
Mercekler, küresel yüzeylerin kesiştiği ya da küresel yüzeylerin arasında kalan saydam ortamlardır. Bir merceğin odak uzaklığını değiştiren faktörlerin neler olduğunu irdelemeden önce mercek terimlerini tanımlayalım.

İnce kenarlı mercekler, Şekil 2.41'deki gibi küresel yüzeylerin kesişim bölgesinde kalan saydam ortamlardır. Bu nedenle iki merkezi ve iki odak noktası vardır.



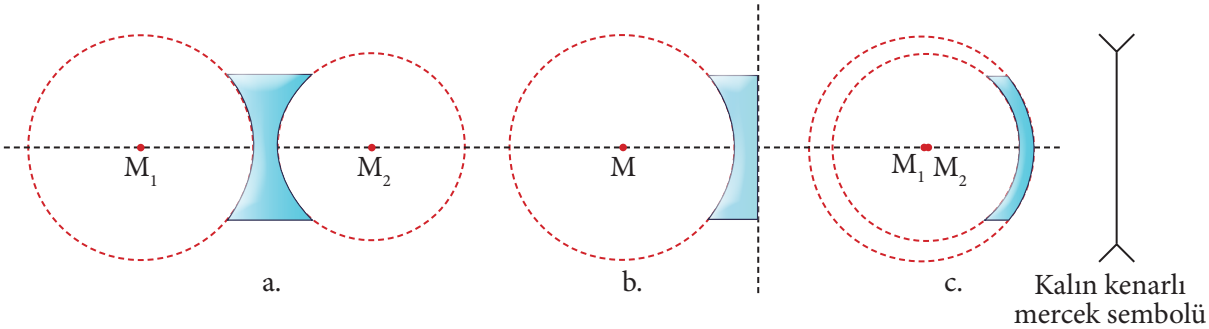
Şekil 2.41. *İnce kenarlı mercek*

Şekil 2.42'deki ince kenarlı merceğin M_1 ve M_2 ile gösterilen noktaları, merceği oluşturan küresel yüzeylerin merkezleridir ve merceğin **eğrilik merkezleri** olarak isimlendirilir. Küresel yüzeylerin R_1 ve R_2 yarıçaplarına da merceğin **eğrilik yarıçapı** denir. Odak noktası eğrilik yarıçapı üzerindedir ve optik merkez ile odak noktası arasındaki uzaklığa **odak uzaklığı** adı verilir. Odak uzaklığı f sembolü ile gösterilir ($F_1O = f$ ve $OF_2 = f$).



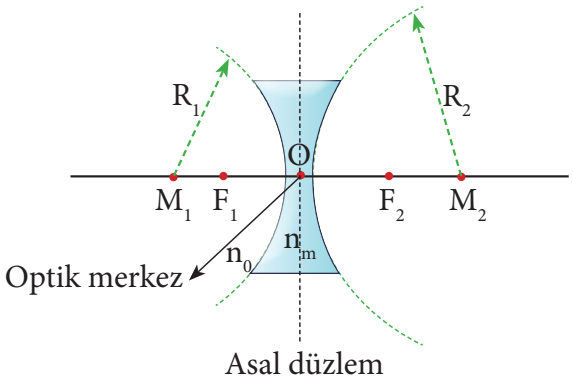
Şekil 2.42. *İnce kenarlı mercekte odak ve merkez noktaları*

Kalın kenarlı mercekler iki küresel yüzeyin arasında kalan saydam ortamdır. Kalın kenarlı merceğin de iki merkezi ve iki odak noktası vardır (Şekil 2.43).



Şekil 2.43. *Kalın kenarlı mercek*

Şekil 2.44'teki kalın kenarlı merceğin M_1 ve M_2 noktaları küresel yüzeylerin merkezleri ve aynı zamanda merceğin eğrilik merkezleridir. Küresel yüzeylerin R_1 ve R_2 yarıçapları da kalın kenarlı merceğin eğrilik yarıçaplarıdır. İnce kenarlı mercekte olduğu gibi odak noktası eğrilik yarıçapının üzerindedir ($F_1O = f$ ve $OF_2 = f$).



Şekil 2.44. *Kalın kenarlı mercekte odak ve merkez noktaları*

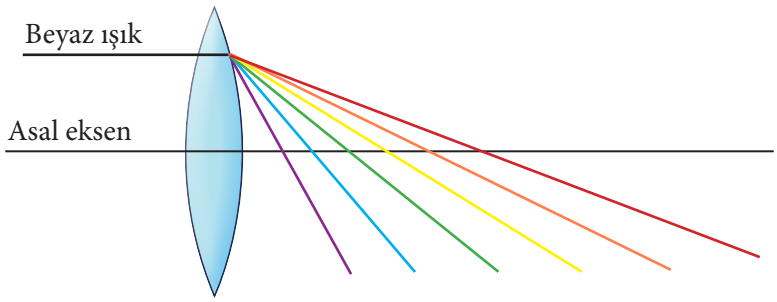
İnce kenarlı mercekte ışık ışınlarının kırıldıktan sonra toplandığı noktaya ve kalın kenarlı mercekte kırılan ışınların uzantısının kesiştiği noktaya odak noktası adı verildiğini ifade etmiştik. Şimdi yukarıdaki bilgilerle bir merceğin odak uzaklığını etkileyen faktörleri irdeleyelim:

- Bir mercek yüzeyine gelen ışın merceği oluşturan birinci küresel yüzeyin merkezinden geçen yüzey normaline yaklaşarak kırılır. Mercekten çıkarken ise ikinci küresel yüzeyin merkezinden geçen yüzey normalinden uzaklaşarak kırılır. Yapılan deneylerde mercek yüzeyinin eğrilik yarıçapı büyütüldüğünde, küresel yüzeyin M merkez noktası mercekten uzaklaştığı için, ışık ışınlarının asal ekseni daha uzak bir noktada kestiği gözlemlenmiştir. Bu durum; "Mercek yüzeyinin eğrilik yarıçapının büyümesi odak uzaklığının (f) büyümesine neden olur." şeklinde ifade edilebilir.
- Merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık indisi de odak uzaklığını etkiler. Yapılan deneylerde mercek maddesinin kırıcılık indisinin artması kırılan ışığın doğrultusundan daha çok sapmasına dolayısıyla f' nin küçülmesine neden olduğunu göstermiştir. Bu durum "Merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık indisinin büyümesi odak uzaklığını küçültür." şeklinde ifade edilebilir.

Bilgi notu

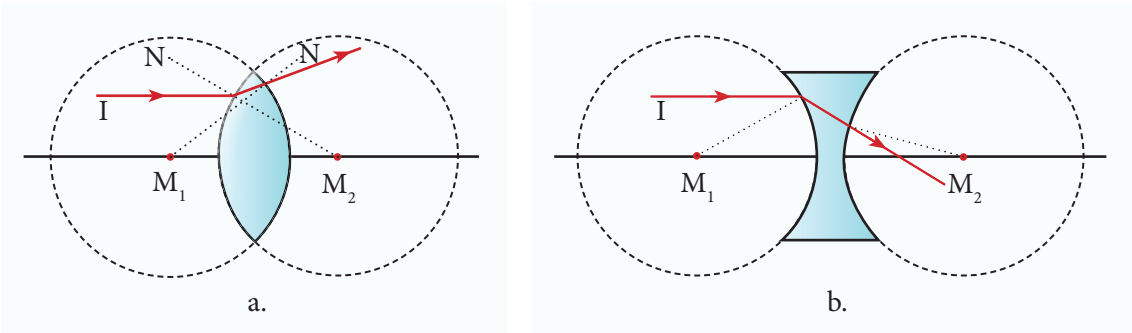
Merceklerde odak uzaklığının eğrilik yarıçapının yarısına eşit olması özelliği yoktur; çünkü merceklerdeki 2 tane eğrilik yarıçapı birbirine eşit ya da farklı olabilir. Ayrıca mercekteki ışık olayı ışığın kırılmasıdır. İşte bu nedenlerle odak uzaklığı, eğrilik yarıçaplarından birinin yarısına eşit olabileceği gibi yarıçaplardan büyük olabilir.

- Merceğin odak noktasını etkileyen faktörlerden bir diğeri de mercek yüzeyine gelen ışığın rengidir. Yapılan deneylerde bir merceğe gönderilen farklı renkteki ışık ışınlarının mercekte kırıldıktan sonra farklı noktalarda asal ekseni kestiği gözlemlenmiştir. Bu durum "Merceğin odak uzaklığı merceği geçen ışığın rengine bağlıdır." şeklinde ifade edilebilir (Şekil 2.45).



Şekil 2.45. *Işığın rengi merceğin odak uzaklığını değiştirir.*

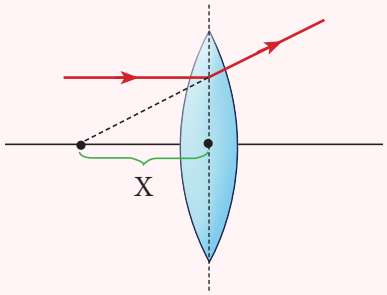
- Merceğin içerisinde bulunduğu ortam da odak uzaklığını etkiler. Yapılan deneylerde bir mercek havadan daha yoğun kırıcılık indisine sahip bir saydam ortama konulduğunda mercekten kırılarak çıkan ışının asal ekseni hava ortamındakinden daha uzak bir noktada kestiği gözlemlenmiştir. Bu durum; "Mercek havadan daha yoğun bir ortama konulduğunda odak uzaklığı büyür." şeklinde ifade edilebilir. Dış ortamın kırıcılık indisi merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık insine eşit olduğunda odak uzaklığı sonsuz olur; yani odak noktası olmaz. Eğer dış ortamın kırıcılık indisi, merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık indisinden büyük olursa merceğin davranışı tersine döner (Şekil 2.46). Yani ince kenarlı mercek kalın kenarlı gibi, kalın kenarlı mercek ince kenarlı gibi davranır. Bu durum "Bir mercek kendisinin yapıldığı maddenin kırıcılık indisinden daha büyük bir ortama konulduğunda mercek yakınsak ise ıraksak mercek, ıraksak ise yakınsak mercek olur." şeklinde ifade edilebilir.



Şekil 2.46. *Kendi kırıcılık indisinden büyük kırıcılık indisi içinde bulunan merceklerin davranışı*

9. UYGULAMA

1. Şekilde ince kenarlı bir merceğin asal eksenine paralel gönderilen ışık ışınının izlediği yol gösterilmiştir.



Buna göre x uzaklığı,

I. Merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık indisine

II. Mercek yüzeylerinin eğrilik yarıçapına

III. Merceğin bulunduğu ortamın kırıcılık indisine

niceliklerinden hangilerine bağlıdır? Açıklayınız.

2.7.2. Merceklerin Oluşturduğu Görüntünün Özellikleri

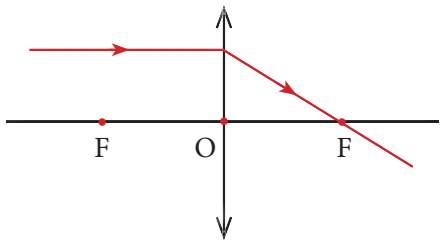
Merceklerde oluşan görüntülerin özelliklerini açıklayabilmek için merceklerde özel ışınların nasıl çizildiğini incelememiz gerekir.

Merceklerdeki özel ışınlar ile küresel aynalardaki özel ışınlar ve görüntü oluşumu birbirlerine oldukça benzerdir. Çukur aynadaki ışınların karşılığı ince kenarlı mercektekilere, tümsek aynadakiler ise kalın kenarlı mercektekilere denktir. Küresel aynalarda ışık geriye yansırken merceklerde kırılarak merceği terk eder.

Merceklerde özel ışınları önce ince kenarlı merceklerde daha sonra kalın kenarlı merceklerde çizelim:

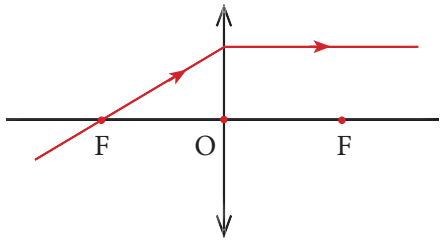
İnce kenarlı mercekte özel ışınlar ve görüntü oluşumu

1. Asal eksene paralel olarak merceğe gelen ışınlar, odak noktasından geçecek şekilde kırılır (Şekil 2.47).



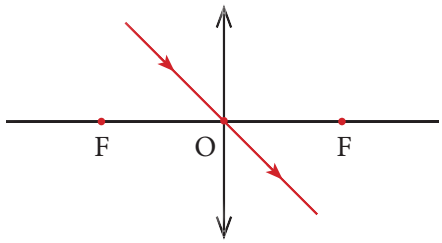
Şekil 2.47. *Asal eksen paralel gelen ışının kırılması*

2. Odak noktasından geçerek merceğe gelen ışınlar, kırılarak asal eksene paralel olarak gider (Şekil 2.48).



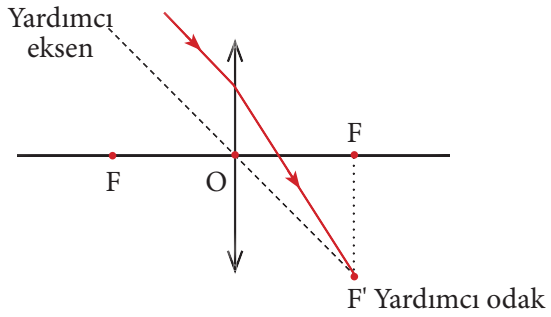
Şekil 2.48. *Odak noktasından geçerek gelen ışın*

3. Optik merkezden geçerek merceğe gelen ışınlar kırılmaya uğramaz (Şekil 2.49).



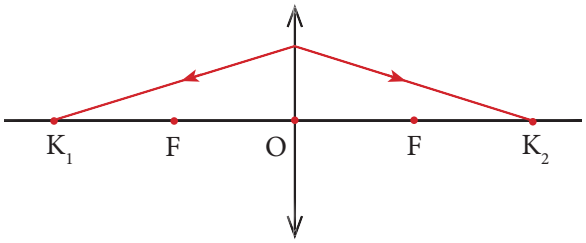
Şekil 2.49. *Optik merkezden geçerek gelen ışın*

4. İnce kenarlı merceğe gelen herhangi bir ışın, mercekte kırıldıktan sonra ikincil odak noktasından geçer (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. *Herhangi bir ışının kırılması*

5. İnce kenarlı merceğe asal eksen üzerindeki optik merkezden 2f uzaklıktaki K_1 noktasından gelen ışın, kırıldıktan sonra diğer tarafta asal eksen üzerindeki optik merkezden 2f uzaklıktaki K_2 noktasından geçer (Şekil 2.51).



Şekil 2.51. *2f uzaklığından geçerek gelen ışın*

Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak ince kenarlı mercekte cismin görüntü özelliklerini inceleyiniz.
https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics tr.html

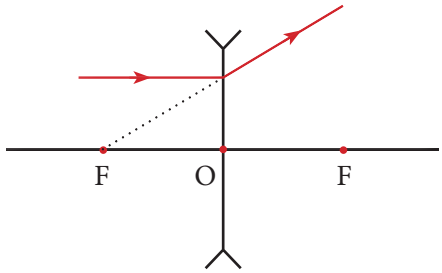
İnce kenarlı mercekte görüntü oluşumu çukur aynada görüntü oluşumu ile benzerdir. Tek farkı mercekte ışığın kırılarak diğer tarafında görüntünün oluşmasıdır. Yukarıda genel ağ adresi verilen simülasyonda (benzetim) ince kenarlı mercek önünde bulunan cismin görüntü özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Sonsuzda bulunan cismin görüntüsü, odak noktasında noktasal ve gerçek olarak oluşur.
- Merkeze yakın ve merkezin dışında bulunan cismin görüntüsü; merceğin diğer tarafında ikinci merkez – ikinci odak noktası arasında cisimden küçük, ters ve gerçek olarak oluşur.

- Merkezdeki cismin görüntüsü; ikinci merkez noktasında, ters, cisimle aynı boyda ve gerçek olarak oluşur.
- Merkez ve odak noktası arasında bulunan cismin görüntüsü; ikinci merkez noktasının dışında, ters, cisimden büyük ve gerçek olarak oluşur.
- Odak noktasındaki cismin görüntüsü; odaktan geçerek gelen ışınlar kırıldıktan sonra asal eksene paralel olduğu için cismin görüntüsü sonsuzda, ters, gerçek ve noktasaldır.
- Odak noktası–optik merkez arasında bulunan cismin görüntüsü; cismin bulunduğu tarafta, cismin arkasında, cisimden büyük, düz ve sanal olarak oluşur.

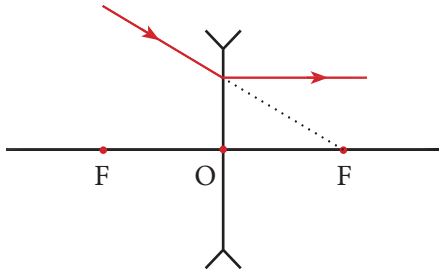
Kalın kenarlı mercekte özel ışınlar ve görüntü oluşumu

1. Merceğin asal eksenine paralel olarak gelen ışın, kırılarak uzantısı odak noktasından geçecek biçimde gider (Şekil 2.52).



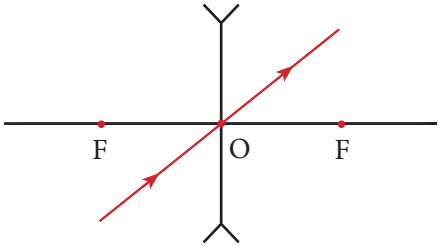
Şekil 2.52. *Asal eksene paralel gelen ışın*

2. Odak noktasına doğru gelen ışın; mercekte kırıldıktan sonra asal eksene paralel olarak gider (Şekil 2.53).



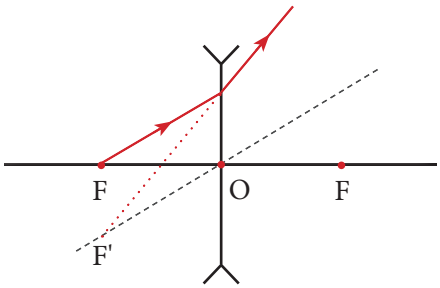
Şekil 2.53. *Uzantısı odaktan geçerek gelen ışın*

3. Optik merkez ışını: Merceğin optik merkezine doğru gelen tek renkli ışın, kırılmaya uğramadan devam eder (Şekil 2.54).



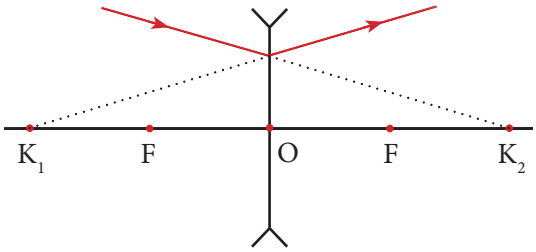
Şekil 2.54. *Optik merkeze gelen ışın*

4. Herhangi bir ışın: Merceğe gelen tek renkli herhangi bir ışın, mercekten geçerken uzantısı ikincil odak noktasından geliyormuş gibi kırılır (Şekil 2.55).



Şekil 2.55. *Herhangi bir ışın*

5. Uzantısı asal eksen üzerindeki optik merkezden 2f uzaklıktaki K_1 noktasından geçecek şekilde gelen ışın, kırıldıktan sonra uzantısı merceğin diğer tarafında yine optik merkezden 2f uzaklıktaki K_2 noktasından geçer (Şekil 2.56).



Şekil 2.56. *Uzantısı 2f'ten geçerek gelen ışın*

Kalın kenarlı mercekte görüntü oluşumu çukur aynada görüntü oluşumu ile benzerdir. Yukarıda genel ağ adresi verilen simülasyonda (benzetim) kalın kenarlı mercek önünde bulunan cismin görüntü özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Cisim sonsuzda ise görüntü cismin bulunduğu tarafta, sanal ve noktasal olarak oluşur.
- Cisim sonsuz ile optik merkez arasında hangi noktaya konulursa konulsun görüntü optik merkez- odak noktası arasında, sanal, düz ve cisimden küçük olarak oluşur.

Günlük hayatımızda merceklerin en önemli işlevi, hiç kuşkusuz gözümüzde görme olayını sağlamasıdır. Cisimden çıkan ışınlar korneada kırılarak göz merceğine gelir. Göz merceğinde de kırılan bu ışınlar öyle ayarlanır ki görüntü retinada sarı benek üzerinde oluşur.

Merceklerden göz kusurlarının tedavisinde kullanılan gözlük ve lenslerde, fotoğraf makinesi kameralarında, büyüteç, teleskop ve optik mikroskop yapımında yararlanılır.

10. UYGULAMA

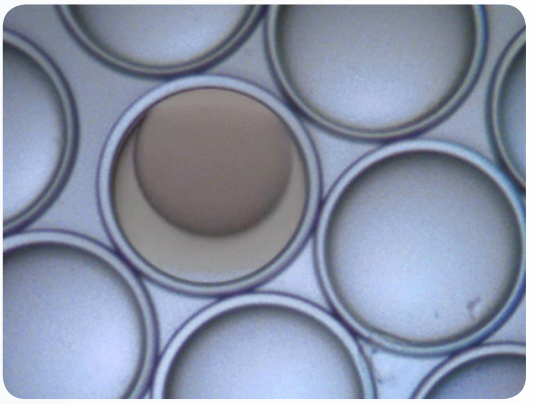
1. **İnce kenarlı mercekte cismin bulunduğu yere göre görüntü özellikleri nelerdir?**
2. **Kalın kenarlı mercekte cismin bulunduğu yere göre görüntü özellikleri nelerdir?**

Sıvı Damlacıklarından Mikroskop

Uluslararası bir araştırma grubu sıvı damlacıklarından mikro ölçekte (insan saçının kalınlığıyla karşılaştırılabilir boyutta) mercek üretmeyi başardı.

Cep telefonunun kamerası üzerine damlatılan su damlacığı sayesinde, cep telefonunuzu basit bir mikroskoba dönüştürebileceğiniz "tasarla ve yap" etkinlikleri ile karşılaşmış olabilirsiniz. Çünkü sıvı damlacıkları küresel şekilleri ve kırılma indislerinin havadan farklı olması nedeniyle, büyüteçler gibi, nesneleri daha büyük ve yakın gösterebilir.

Bilim insanları farklı kimyasal maddelerden oluşan sıvı damlacıklarından mikro ölçekte mercekler üretti. Araştırmacılar ilk olarak birbiri içinde çözünmeyen ve kırılma indisleri farklı olan iki sıvıyı karıştırdı ve ısıttı. Böylece emülsiyon şeklinde damlacıklar elde edildi. Damlacıklar soğutulduğunda karışım halindeki iki sıvı birbirinden ayrıldı. Böylece damlacık içinde damlacık oluştu.



Emülsiyon, birbiri içinde çözünmeyen iki sıvıdan oluşan karışımlardır. Emülsiyonu oluşturan sıvılardan biri diğer sıvı içinde mikroskobik ölçekte dağılmış durumdadır. Örneğin birbiri içinde çözünmeyen sıvılar olan su ve yağ karıştırıldığında birbirinden ayrılır. Karışım çalkalandığında ise çok küçük damlacıklar şeklinde birbiri içinde dağılabilir ve emülsiyon oluşturabilirler. Ancak bir süre bekletildiğinde su ve yağın tekrar birbirinden ayrıldığını görebilirsiniz. Bu tür emülsiyonlar kararsız emülsiyonlar olarak isimlendirilir. Süt ise kararlı bir emülsiyondur. İki damlacık arasındaki kavisli ara yüzey sayesinde elde edilen mikro mercekler, iki mercekten oluşan birleşik merceklerdekine benzer özelliklere sahip olabiliyor.

Araştırmacılar morötesi dalga boyunda ışınlar ve farklı kimyasal maddeler kullanarak iki sıvı arasındaki yüzeyin gerilimini değiştirerek ara yüzeyin ne kadar kavisli olacağını belirleyebiliyorlar. Böylece mikroskoplarda odak ayarlamasının yapılmasına benzer şekilde mikro merceklerin odak uzaklığı yani odaklama özellikleri değiştirilebiliyor.

Geliştirilen yeni yöntem çok küçük boyutta optik cihazların geliştirilmesine imkân sağlayabilir. Ayrıca odaklama gücü dinamik olarak değiştirilebilen sıvı damlacıklarından oluşan mikro mercekler üç boyutlu görüntülerin oluşturulmasında kullanılabilir.

http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/sivi-damlaciklarindan-mikroskop

8. BÖLÜM
PRİZMALAR

Anahtar Kavramlar

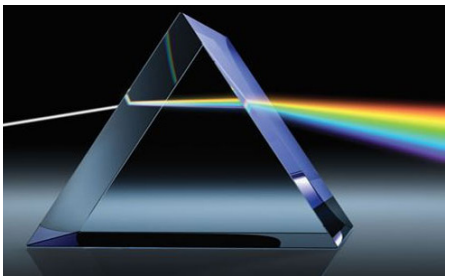
- kırılma
- kırıcılık indisi
- Snell Yasası
- tam yansıma
- sınır açısı

Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda, Işık prizmalarının özelliklerini öğrenmiş olacaksınız.

2.8.1. Işık Prizmalarının Özellikleri

Kırıcılık indisi büyük ortamdan küçük ortama gönderilen ışık ışınının, sınır açısından büyük açı ile geldiğinde tam yansımaya uğrayacağını biliyoruz. Işığın tam yansıma yapma özelliğinden yararlanarak sistemden çıkan ışınların doğrultularını değiştirmek mümkün olur. Bu şekilde; birbirine paralel olmayan iki düzlem arasında kalan saydam ortama ışık prizması denir (Resim 2.15).



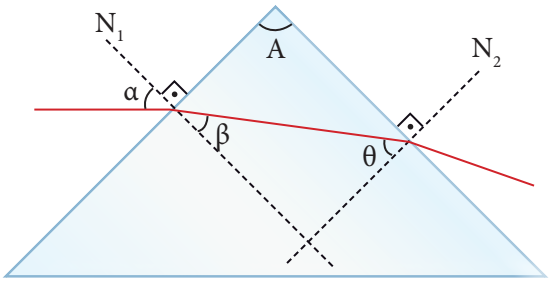
Resim 2.15. *Işık prizması*

Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak tek renkli ışığın prizmada izlediği yolu inceleyiniz.

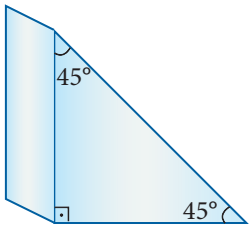
https:// phet.colorado.edu/tr/simulation/legcy/bending-light

Yukarıda Genel Ağ adresi verilen simülasyonda gözlemlediğiniz oluşumu çizimle açıklamaya çalışalım:

Tek renkli ışık ışınının prizma yüzeyine Şekil 2.57'deki gibi α açısıyla geldiğini varsayalım. Işık ışını prizma yüzeyinde kırılma yasalarına göre kırılır ve β açısıyla prizmaya girer. Işık havadan daha kırıcı ortama girdiği için $\alpha > \beta$'dır. Prizmanın tepe açısı (A) kıran açı olarak isimlendirilir. Işığın prizmaya girdiği ve prizmadan çıktığı yüzeylerdeki N_1 ve N_2 yüzey normalleri kıran açının (A) kollarına diktir. Bu nedenle A açısı, $A = \theta + \beta$'dır. Işık prizmaya girdiğinde Snell Yasası ile β açısı hesaplanırsa ve A açısı da biliniyorsa θ açısı hesaplanabilir. Yine Snell Yasası ile ışığın prizmadan çıkış açısı γ hesaplanabilir.



Şekil 2.57. *Tek renkli ışığın prizmada izlediği yol*

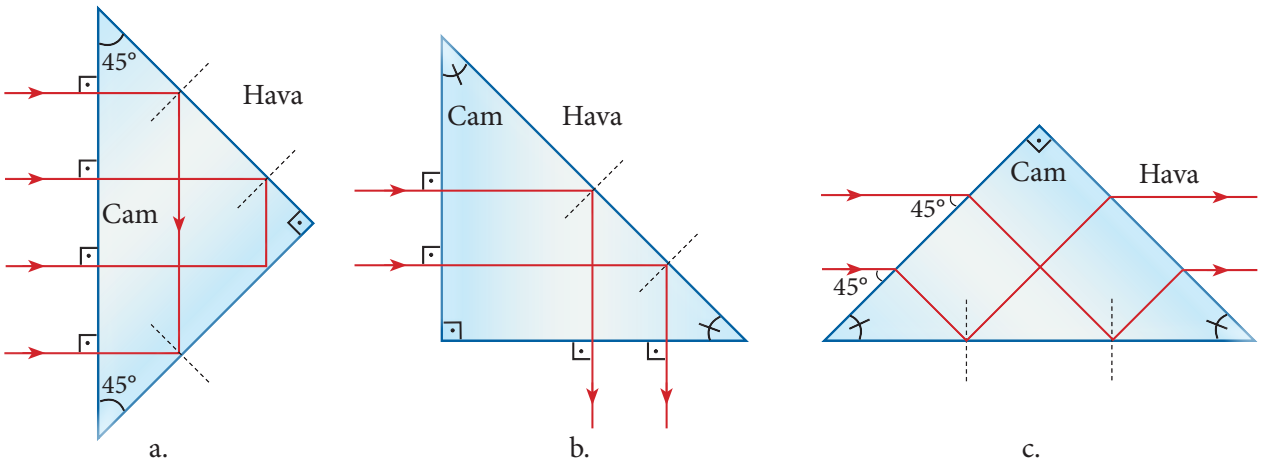


Şekil 2.58. *Tam yansımalı prizma*

a) Tam yansımalı prizma

Prizmalar genellikle kırıcılık indisi 1,5 civarında olan saydam maddelerden yapılmıştır. Bu kırıcılık indisine sahip saydam maddelerden geçen ışık için sınır açısı yaklaşık 42°'dir. Bu durumu göz önüne alarak kesiti ikizkenar dik üçgen olan ve **tam yansımalı prizma** olarak da adlandırılan prizmada (Şekil 2. 58) ışığın izlediği yolu inceleyelim:

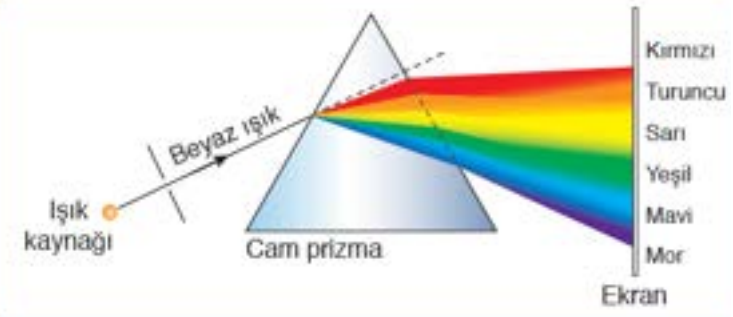
Kesiti ikizkenar dik üçgen şeklinde olan prizmanın dar açılarından biri 45°'dir. Bu nedenle ikizkenar üçgen şeklindeki prizmanın yüzeylerinden birine dik gelen ışın, Şekil 2.59'daki gibi karşı yüzeye 45°lik açı ile ulaşır. Bu gelme açısı sınır açısından (42°) büyük olduğu için ışın havaya çıkamaz, tam yansıma yaparak prizma içine geri döner.



Şekil 2.59. *Tam yansımalı prizmada ışının izlediği yol*

b) Prizmadan Geçen Işığın Renklerine Ayrılması

Işık prizmasına gönderilen beyaz ışık renklerine ayrılır. Işığın kırıldıktan sonra renklerine ayrılmasının nedeni prizmanın her renge farklı kırılma indisi etkisi göstermesindendir. Farklı kırılma indisleri için ışık renklerinin hızları da farklıdır. Hızı en büyük olan ışık kırmızı, en az olan da mordur. Bunun sonucu olarak en az kırılan kırmızı renkli ışık, en çok kırılan da mor renkli ışıktır (Şekil 2.60).



Şekil 2.60. *Beyaz ışığın renklerine ayrılması*

Beyaz ışığın renklerine ayrılmasının doğada görülen en güzel örneği gökkuşağıdır. Yağmur yağarken ya da yağmurdan hemen sonra Güneş çıktığında gökyüzünde gökkuşağı oluşur. Güneş ışınları yağmur damlalarının içine girdiğinde hızı azalır. Güneş ışığını oluşturan renkli ışınlar en az kırmızı, en çok mor ışık olmak üzere kırılmaya uğrar. Renkli ışınların bir kısmı damlanın içinde tam yansımaya uğrarken bazı ışık ışınları da diğerlerinden farklı bükülerek farklı bir açıyla damlayı terk eder. Bu açı, gelen Güneş ışınları ile kırmızı ışık arasında 42°, mor ışık ışınları arasında da 40° olur. Yağmur damlasını terk eden ışık bir ucunda kırmızı diğer uçta da mor olacak şekilde renklerine ayrılır ve gökkuşağı bu şekilde oluşur (Resim 2.16). Gökkuşağı sadece yağmur yağarken değil yüksek çağlayanlardan dökülen suyun yakınlarında ve hortumdan fışkıran suyun yakınında da gözlemlenir.

Resim 2.16. *Gökkuşağı*

Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak beyaz ışığın renklerine ayrılması olayını inceleyiniz.

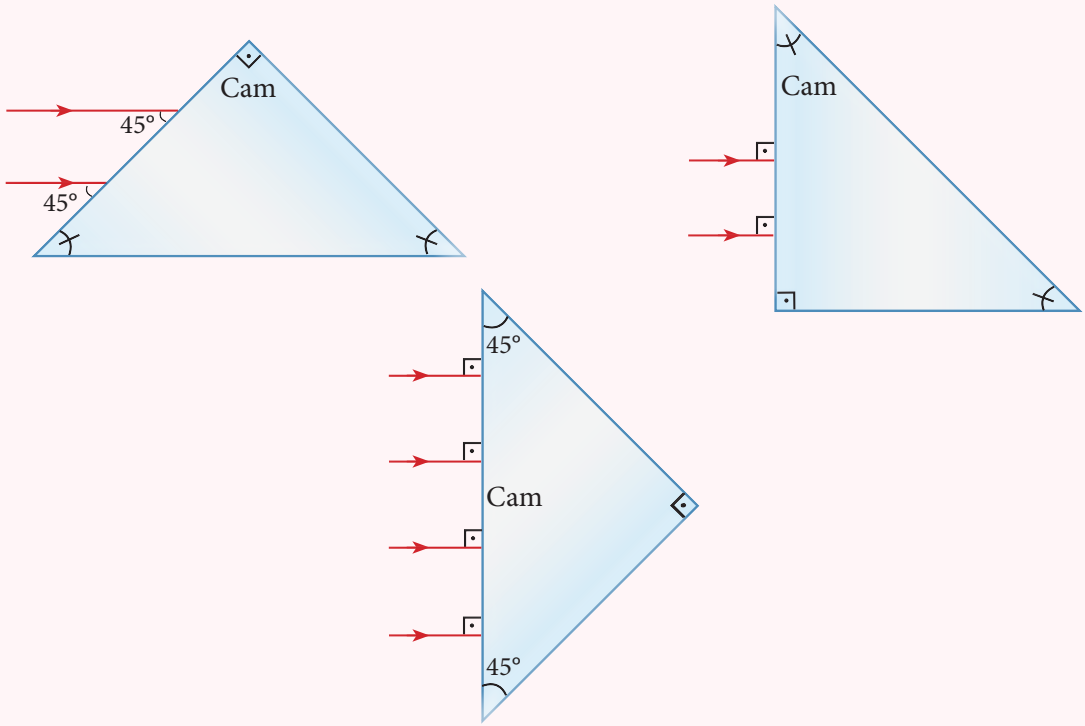
https:// phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/bending-light

c) Işık Prizmasının Bazı Kullanım Alanları

Fotoğraf ve projeksiyon makinelerinde, periskop (Resim 2.19), yer dürbünü, tepegöz, mikroskop gibi birçok alette ışık prizması bulunur. Özellikle tam yansımalı prizmalar, optik araçların ana parçaları arasında yer alır. Tam yansımalı prizmalar, önlerine konulan cisimlerin görüntülerini çevirerek ya da saptırarak oluşturduklarından; fotoğraf makinelerinde, projeksiyon makinelerinde, dürbün, mikroskop gibi daha birçok optik alette çevirici ve saptırıcı olarak kullanılır.

11. UYGULAMA

1. **Beyaz ışığın saydam prizmadan geçerken renklerine ayrılmasının nedeni nedir?**
2. **Kesiti ikizkenar dik üçgen şeklinde olan saydam prizmalardan tek renkli ışığın geçiş yollarını çiziniz.**



Metamalzeme Prizma

Işık ışınlarının iki ortamı birbirinden ayıran yüzeye geliş açısı ile gidiş açısı birbirinden farklıdır; çünkü ışınlar bir ortamdan diğerine geçerken kırılır. Kırılma açısı, ışınların dalga boyuna bağlı olarak değişir. Dalga boyu kısaldıkça kırılma açısı büyür. Örneğin; daha kısa dalga boylu olan mavi ışığın kırılma açısı, daha uzun dalga boylu olan kırmızı ışığın kırılma açısından büyüktür. Bu nedenle bir prizmanın içinden geçen beyaz ışık kendini oluşturan renklere ayrışır.

Yağmur yağarken gökkuşağı görülmesinin sebebi farklı renklerin farklı açılarla kırılmasıdır. Güneş ışınları yağmur damlalarının içinden geçerken iki kez kırılmaya uğrar: bir kez damlaya girerken, bir kez de damladan çıkarken. Ayrıca güneş ışınları damlanın içindeyken bir ya da birkaç kez yansır. Işınların damlaların içinde bir kez yansıdığı durumda renklerin dıştan içe doğru kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert, mor olarak sıralandığı gökkuşağı oluşur. Işınlar damlanın içinde iki kez yansıdığı zamansa renklerin sıralaması tersine döner. Bu iki ayrı tip gökkuşağı da daha kısa dalga boylu ışınların daha büyük açılarla kırılmasının sonucudur.

Portekiz'deki Coimbra ve Lizbon üniversitelerinde çalışan bir grup araştırmacı uzun dalga boylu ışınları daha büyük açı ile kıran bir malzeme geliştirdi. Özellikleri hiçbir doğal maddeye benzemeyen bu gibi insan yapımı malzemelere metamalzemeler deniyor. Geliştirilen malzemenin doğal maddelerde örneği olmayan bir biçimde ışığı kırmasının nedeninin, malzemenin yapısındaki atomların dizilişiyle ilgili olduğu belirtiliyor. Bu olgu şimdilik ışık tayfının sadece mikrodalga kısmındaki ışınlarla gözlemlenebiliyor. Ancak gelecekte görünür ışık için de benzer malzemelerin geliştirilebileceği düşünülüyor.

Geliştirilen malzemenin teknolojik cihazlarda farklı renklerin farklı açılarla kırılmasından kaynaklanan sorunları gidermek için kullanılabileceği belirtiliyor. Örneğin; ışığı odaklamak için kullanılan mercekler aynı zamanda görüntünün bulanmasına da neden oluyor. Farklı renklerin farklı açılarla kırılması, aynı kaynaktan yayılan ışınların aynı noktada odaklanmasını imkânsızlaştırıyor. Ancak geliştirilen metamalzeme sayesinde bu sorun giderilebilir. Hem normal cam hem de yeni metamalzeme katmanları içeren bir malzeme aynı kaynaktan yayılan farklı renkleri aynı noktaya odaklayabilir.

http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/metamalzeme-prizma

9. BÖLÜM
RENK

Anahtar Kavramlar

- yansıma

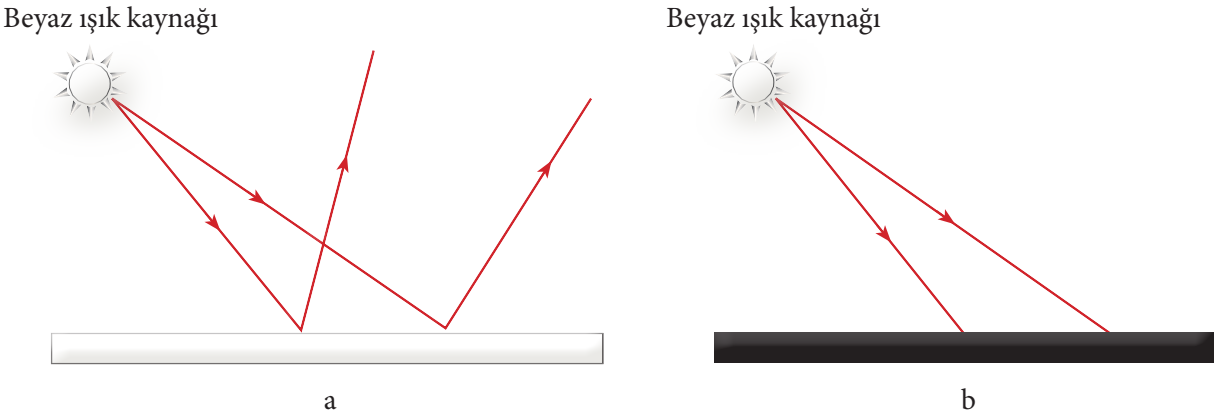
Neler Öğreneceğiz?

Bu bölümü tamamladığınızda,
Cisimlerin renkli görülmesinin sebeplerini öğrenmiş olacaksınız.

Cisimleri renkleriyle birlikte görebilmek için Güneş ışığına ihtiyaç vardır. Güneş ışığı beyaz olduğu hâlde nasıl oluyor da cisimleri renkli görebiliyoruz? Bu sorunun cevabına ulaşmak için ışık renklerinin nasıl oluştuğunu, ışık ve boya renkleri arasındaki farkı inceleyelim.

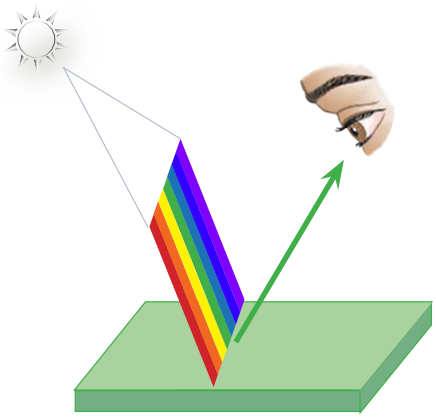
2.9.1. Cisimlerin Renkli Görünmesinin Nedeni Nedir?

Güneş ışığı (beyaz ışık) altında cisimlerin kendi renginde görülür. Güneş ışığı altında ya da beyaz ışıkla aydınlatılan bir cisim, üzerine düşen ışığın tamamını yansıtıyorsa bu cisim beyaz, üzerine düşen ışığın tamamını soğuruyorsa siyah görülür (Şekil 2.61).



Şekil 2.61. *Beyaz ışık altında cisimlerin beyaz ve siyah görülmesi*

Renkli cisimler beyaz ışık ve Güneş ışığı altında kendi rengindeki ışığı ve bu renge en yakın renkteki ışınları yansıtır. Şekil 2.62'de üzerine beyaz ışık düşürülen yeşil renkteki cisimden yeşil ışık ve ondan daha az miktarda da sarı ve mavi ışık yansır. Yansıyan ışınlar arasında güçlü olan renk yeşil olduğundan cisim yeşil görünür. Aynı cisim üzerine mavi ışık düşürüldüğünde yeşil renkli cisim mavi ışığı tamamen soğurur. Bu nedenle yeşil cisim mavi ışık altında siyah görünür.



Şekil 2.62. *Yeşil renkteki cisim beyaz ışık altında yeşil görünür.*

Renkli bir cisim üzerine beyaz ışık düşürüldüğünde, cisim yansıttığı ışığın renginde görünür. Örneğin; mavi renkteki bir cisim üzerine beyaz ışık düşürüldüğünde cisimden mavi ışık ile birlikte ona en yakın olan yeşil ve

mor renk ışıklar da az miktarda yansır. Güçlü olan renk mavi olduğundan cismi mavi görürüz. Aynı durum öteki renkler için de geçerlidir.

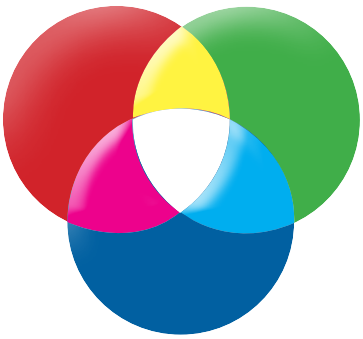
Yapılan deneylerde beyaz bir perde üzerine kırmızı, yeşil ve mavi ışık kaynağından çıkan ışınlar düşürüldüğünde bu renkler dışında farklı renkler de elde edilir. Doğada görülen her türlü renk kırmızı, yeşil ve mavi ışıkların değişik oranda karışımıyla oluşur. İşte bu nedenle kırmızı, yeşil ve mavi **ışığın ana renkleri**dir. Kırmızı ışık, yeşil ışık ve mavi ışık ile yapılan deneylerde Şekil 2.63'te görüldüğü gibi;

Kırmızı ışık + yeşil ışık = Sarı ışık

Yeşil ışık + mavi ışık = Cyan (siyan, yeşilimsi mavi) ışık

Kırmızı ışık + mavi ışık = Magenta ışık (pembemsi kırmızı)

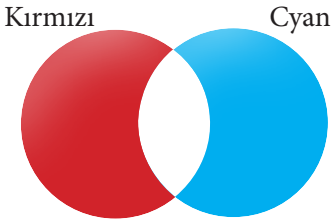
Kırmızı ışık+ mavi ışık+ yeşil ışık = Beyaz ışık



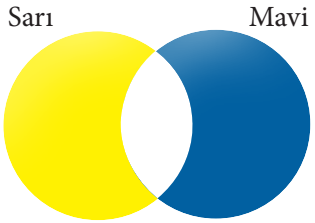
Şekil 2.63. *Ara renklerin oluşumu*

Ana renklerin ikişerli birleşmesinden oluşan, sarı ışık, magenta ışık ve cyan ışık **ışığın ara renkleri**dir. Ara renklerden sarı ışık, kırmızı ve yeşil ışıkların karışımından elde edildiği gibi beyaz ışığın içinde saf sarı ışık da bulunur.

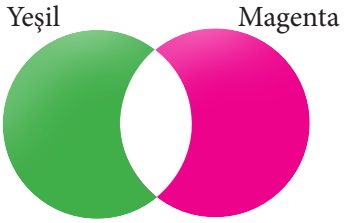
Birleştikleri zaman beyaz ışık veren ana renkli ışık ile ara renkli ışık birbirlerinin tamamlayıcısıdır. Cyan ışığın tamamlayıcısı kırmızı ışıktır (Şekil 2.64). Mavi ışık ile sarı ışık (Şekil 2.65), yeşil ışık ile magenta ışık (Şekil 2.66) birbirlerinin tamamlayıcısıdır.



Şekil 2.64. *Kırmızı ve cyan ışık beyaz ışığı oluşturur.*



Şekil 2.65. *Mavi ve sarı ışık beyaz ışığı oluşturur.*



Şekil 2.66. *Yeşil ve magenta ışık beyaz ışığı oluşturur.*

Boya Renkleri

Boya maddeleri (pigmentler) saydam olmayan katı maddelerdir. Bu maddelerin sıvı içerisinde çözünmeleriyle boya adı verilen çözelti oluşur. Boya çözeltisi, üzerine düşen beyaz ışığı oluşturan ana renklerin bazılarını

soğurup kalanını geri yansıtır. Diğer bir deyişle boyaların rengi ışığın madde ile etkileşiminin sonucudur.

Boya yansıttığı ışığın renginde görülür. Magenta boyalı yüzey, kırmızı ve mavi ışığı yansıtırken yeşil ışığı soğurur. Sarı boyalı yüzey, kırmızı ve yeşil ışığı yansıtırken mavi ışığı soğurur. Cyan boyalı yüzey yeşil ve mavi ışığı yansıtırken kırmızı ışığı soğurur. Bu ifadelerden "Bir boya maddesinin hangi rengi soğuracağı hangi rengi yansıtacağı molekül yapısına bağlıdır." sonucuna ulaşılır. Kısaca bir maddenin rengi onun madde yapısının bir özelliğidir.

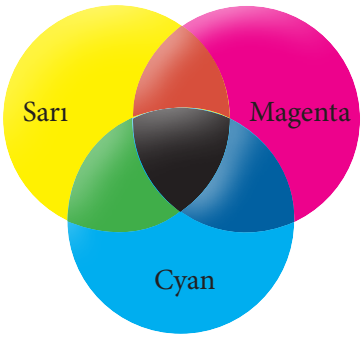
Yapılan deneyler ışıktaki ara renklerin, boyadaki ana renkleri oluşturduğunu ortaya çıkarmıştır (Şekil 2.67). Buna göre boya renklerinin karışımıyla elde edilen renkler aşağıdaki gibidir:

Sarı boya + magenta boya = Kırmızı boya

Sarı boya + cyan boya = Yeşil boya

Magenta boya + cyan boya = Mavi boya

Sarı boya + magenta boya + cyan boya = Siyah boya



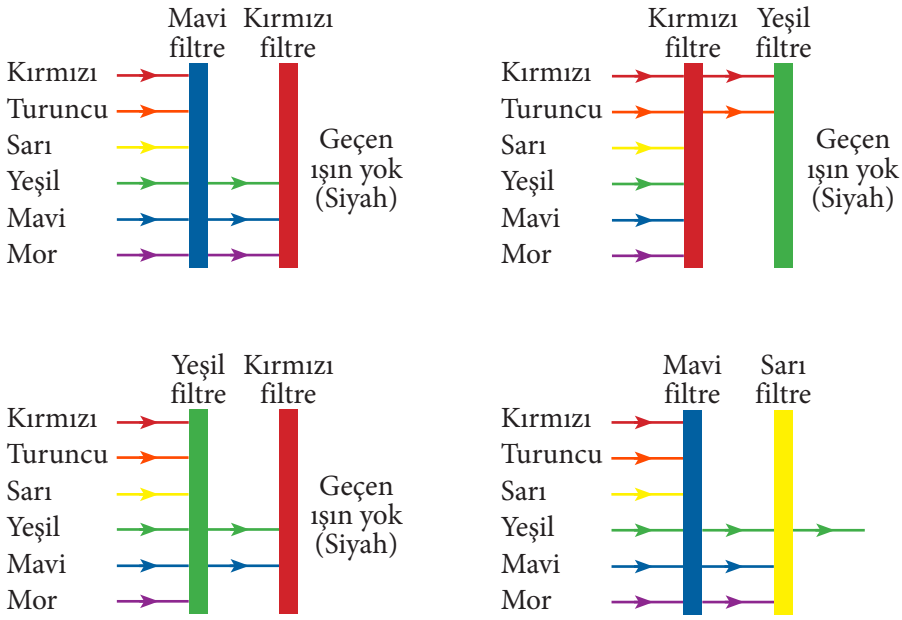
Şekil 2.67. *Boyada ana ve ara renklerin gösterilişi*

Işıktaki temel renkleri birbirine karıştırarak beyaz renk elde edildiğini ifade etmiştik. Aynı renkteki boyaları birbiri ile karıştırırsak beyaz oluşmaz. Örneğin; kırmızı boya ile yeşil boyayı karıştırırsak siyaha yakın bir kahverengi elde edilir. Mavi boya ile kırmızı boyayı karıştırırsak yine siyaha yakın kahverengi oluşur. Yeşil boya ile mavi boyayı karıştırırsak siyaha yakın bir renk elde edilir. Mavi boya, kırmızı boya ve yeşil boya birbirine karıştırılırsa tam siyah denilebilecek bir renk elde edilir. Işıkta ve boyada bu durumun farklı olmasının nedeni ışıkta renklerin oluşumu ile boya renklerinin farklı olmasıdır. Sonuç olarak boyaların renkli görülmesi gözümüzün renk algısı ve ışığın ana renkleri ile gerçekleşir.

Işık Filtreleri

Renksiz saydam bir maddeye beyaz ışık düştüğünde, maddeden beyaz ışığın tamamı geçer ancak beyaz ışık önüne konulan mavi saydam maddeden mavi ışık ve az miktarda da yeşil ışık ve mor ışık geçer. Saydam cisimden geçen en kuvvetli ışık mavi ışık olduğundan saydam cisim mavi görünür.

Üzerine düşen ışığın bir kısmını geçirip bir kısmını soğuran saydam levhalara **ışık filtresi** adı verilir. Ana renkteki bir cisimden başka bir ana rengin yansımayıp soğurulduğunu biliyoruz. Işık filtrelerinde de benzer bir durum gözlemlenir. Ana renkteki bir ışık filtresi başka bir ana renkteki ışığı geçirmez, soğurur. Şekil 2.68'de farklı renkteki ışık filtrelerinden beyaz ışığı oluşturan farklı renkteki ışıkların geçişi ve soğrulması gösterilmiştir.



Şekil 2.68. *Farklı renkteki ışık filtrelerinden beyaz ışığı oluşturan farklı renkteki ışıkların geçişi ve soğrulması*

Örnek

Beyaz ışık altında yeşil görülen bir kitaba sarı ışık altında bakıldığında hangi renkte görülür?

Çözüm

Sarı ışık yeşil ve kırmızı ışık karışımından oluşur. Yeşil renkteki kitap üzerine sarı ışık düşürüldüğünde kırmızı ışık soğrulur ve kitap yeşil renkte görülür.

Örnek

Karanlık bir odada beyaz bir A4 kâğıdına mavi ışık altında kırmızı gözlükle bakıldığında A4 kağıdı ne renk görülür?

Çözüm

Beyaz A4 kağıdı üzerine mavi ışık düşürülüp çıplak gözle bakıldığında mavi renkte görülür. Göze kırmızı renkli gözlük takıldığında ise görülmez çünkü kırmızı renkli gözlük mavi ışığı geçirmez. Ortam da karanlık olduğundan kâğıt siyah görünür ve göz kâğıdı algılamaz.

12. UYGULAMA

1. **Güneş ışığı altında cyan – kırmızı görülen bir formaya mavi renkli gözlük ile bakıldığında, forma hangi renkte görülür?**
2. **Işık ve boya renklerinin birbirinden farklı olmasının nedenini yazınız.**
3. **Beyaz ışığın ve farklı renklerdeki ışığın ışık filtrelerinden geçişine örnekler veriniz.**

2. ÜNİTE ÖZET

OPTİK

Işığın davranış modelleri

18. yüzyılın sonlarında ışığın cisim tarafından yayılan ya da gözlemcinin gözünden çıkan parçacıklar olarak tanımlanmaktaydı. Newton ışığın parçacıklar hâlinde yayılarak gözde görme duyusu uyandırdığını ifade etmiş ve bu teorisi uzun yıllar kabul görmüştür. Newton bu teorisiyle ışığın kırılma ve yansıma yaptığını açıklayabiliyordu.

1678 yılında Christian Huygens dalga teorisini ortaya atarak ışığın bir tür dalga hareketi olduğunu ifade etti. Bu teori günümüzde deneyler sonucunda ışığın kırınım yapması yani cisimlerin kenarlarında büküldüğünün gözlemlenmesi ile doğrulanmaktadır.

1801 yılında Thomas Young tıpkı su dalgaları gibi ışık ışınlarının birbirleriyle girişim yaptığını göstererek ışığın bir dalga gibi davrandığını ispatladı. İki ya da daha fazla parçacık bir araya gelerek birbirini yok edemeyeceğinden ışık ışınlarının girişimi tanecik modeli ile açıklanamamaktadır.

1873 yılında James Clerk Maxwell ışığın elektromanyetik dalga şeklinde yayıldığını matematiksel olarak açıkladıktan sonra Gustav Ludwing Hertz elektromanyetik dalgaları oluşturup deneysel olarak ispatladı.

Işığın dalga modeli fotoelektrik olayı gibi bazı olayları açıklamakta yetersiz kalmaktaydı. Bu nedenle bilim insanları ışığın ikili doğaya sahip olduğunu, bazı durumlarda tanecik gibi bazı durumlarda dalga gibi davrandığını ifade etmektedirler.

Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma şiddeti

Işık bir enerji biçimidir. Bir kaynaktan birim zamanda yayılan ışık enerjisine o kaynağın **ışık şiddeti** denir. Işık şiddeti I sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi candela (cd)'dır.

Bir ışık kaynağının karşısına yerleştirilen yüzey üzerine düşen ışık ışını miktarına **ışık akısı** denir. Işık akısı Φ sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi lümen (lm)'dir. Işık akısı kaynağın ışık şiddeti ile doğru orantılıdır.

Işık akısının matematiksel modeli $\Phi = 4\pi.I$ şeklinde yazılır.

Birim yüzeye dik olarak düşen ışık akısına **aydınlanma şiddeti** denir. Aydınlanma şiddeti E sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi lüks (lx)'tür. Aydınlanma şiddetinin mate-matiksel modeli $E = \Phi/A$ olarak yazılır. Aydınlanma şid-deti,

- Yüzeyin ışık kaynağına olan uzaklığının karesi ile ters orantılıdır.
- Kaynağın ışık şiddeti ile doğru orantılıdır.
- Yüzeye gelen ışığın yüzey normali ile yaptığı açının kosinüsü (cosα)ile doğru orantılıdır.

Buna göre aydınlanma şiddeti matematiksel olarak

$E = \frac{I}{d^2}\cos\alpha$ şeklinde yazılır.

Saydam, yarı saydam ve saydam olmayan maddelerin ışık geçirme özellikleri

Maddeler ışığı geçirmelerine göre üçe ayrılır:

Saydam maddeler: Cam, su, hava gibi üzerine düşen ışığı tamamen geçiren maddelerdir.

Yarı saydam maddeler: Buzlu cam, yağlı kâğıt ve naylon gibi üzerine düşen ışığın bir kısmını geçirip bir kısmını soğuran yansıtan maddelerdir.

Saydam olmayan maddeler: Tahta, beton ve metal levha gibi üzerine düşen ışığı hiç geçirmeyen (opak) maddelerdir.

Işık doğrular boyunca yayılırken bir engelle karşılaşırsa engelin arkasında gölgesi oluşur.

- Işık kaynağı noktasal ve engel opak madde ise oluşan gölge tam karanlıktır ve bu gölgeye **tam gölge** adı verilir.
- Küresel bir ışık kaynağından ya da iki noktasal kaynaktan çıkan ışınlar ve opak cisim üzerine geldiğinde hem tam gölge hem de yarı karanlık bölge oluşur. Bu yarı karanlık bölgeye **yarı gölge** adı verilir.

- Cismin tam ve yarı gölgesinin büyüklüğü kaynak- cisim arasındaki uzaklık azalırsa artar, perde ile cisim arasındaki uzaklık artarsa azalır. Tersine, kaynak – cisim arasındaki uzaklık artarsa azalır, perde ile cisim arasındaki uzaklık azalırsa artar.
- Işık kaynağı engelden büyük olduğunda; perde tam gölge bölgesinde bulunuyorsa perdede hem tam hem de yarı gölge oluşur. Eğer perde tam gölge bölgesinin dışındaysa perdede tam gölge oluşmaz sadece yarı gölgeler oluşur.

Işığın yansıması

Işık ışınlarının saydam olmayan yüzeye geldiğinde doğrultusunu değiştirerek geldiği ortama geri dönmesine **yansıma** denir. Yüzeye çarpan ışınlar yansıma kanunlarına göre davranır:

1. Gelen ışın, yüzey normali ve yansıyan ışın aynı düzlemdedir.
2. Gelen ışının yüzey normali ile yaptığı açı, yansıyan ışının yüzey normali ile yaptığı açıya eşittir.

Işık ışınları etkileştikleri yüzeye göre düzgün yansıma ya da dağınık yansıma yapar. Paralel ışık ışınları yüzeye çarptıktan sonra paralellikleri bozulmuyorsa **düzgün yansıma**, yansıdıktan sonra paralellikleri bozuluyorsa **dağınık yansıma** yapmış olurlar. Cisimlerin şeklinin görülebilmesi dağınık yansımanın sonucudur. Her iki yansımada yansıma kanunlarına göre gerçekleşir.

Düzlem aynada görüntü oluşumu

Işık ışınlarının çarptıktan sonra neredeyse tamamının geri yansıdığı yüzeye **ayna** adı verilir. Yüzeyi düz ve pürüzsüz olan aynalara **düzlem ayna** denir.

Düzlem aynada bir noktanın görüntüsünü oluşturmak için aynaya gönderilen ışınlar aynada yansıdıktan sonra uzantıları ayna gerisinde çakışır. Bu nedenle düzlem ayna önünde bulunan bir cismin görüntüsü düz aynanın arkasında, sanal, cisimle aynı boyda, düz ve aynaya olan uzaklığı cismin aynaya uzaklığına eşittir.

Düzlem aynaya bakan gözlemcinin aynada görebildiği bölgeye **görüş alanı** denir. Düzlem aynaya bakan bir gözlemcinin düzlem aynada gördüğü alanın büyüklüğü, gözlemcinin aynaya göre konumuna ve aynanın büyüklüğüne bağlıdır. Gözlemci aynaya yaklaştıkça ve ayna boyutları büyüdükçe görüş alanı büyür.

Küresel aynalarda odak noktası, merkez, tepe noktası ve asal eksen kavramları

Yansıtıcı yüzeyi küre şeklinde olan aynalara **küresel ayna, yansıtıcı** denir. Yansıtıcı yüzeyi küre kapağının içi şeklinde olan aynalara **çukur ayna**, küre kapağının dışı şeklinde olan aynalara **tümsek ayna** adı verilir.

Küresel aynanın tam ortasından geçtiği düşünülen ve aynayı ikiye bölen doğru parçasına asal eksen, asal eksenin aynayı kestiği noktaya **tepe noktası** adı verilir. Asal eksene paralel gelen ışınların yansıdıktan sonra kendilerinin ya da uzantılarının toplandığı noktaya **odak noktası** denir. Küresel aynalarda küre yüzeyinin merkezi küresel aynanın da merkezidir.

Küresel aynalarda görüntü oluşumunu ve özellikleri

a) Çukur aynada görüntü oluşumu

- Sonsuzdaki cismin görüntüsü odak noktasında noktasal ve gerçek olarak oluşur.
- Merkez noktasının dışındaki cismin görüntüsü odak-merkez noktası arasında ters, gerçek ve cisimden büyüktür.
- Merkez noktasında bulunan cismin görüntüsü yine merkez noktasında, ters, gerçek ve cisimle aynı boydadır.
- Merkez–odak noktası arasındaki cismin görüntüsü merkezin dışında, ters, gerçek ve cisimden büyüktür.
- Odak noktasında bulunan cismin görüntüsü sonsuzda, ters, gerçek ve noktasaldır.
- Odak – tepe noktası arasındaki cismin görüntüsü ayna arkasında, sanal, düz ve cisimden büyüktür.

b) Tümsek aynada görüntü oluşumu

- Tümsek ayna önüne konulan cisim nerede olursa olsun, görüntüsü ayna arkasında, sanal, düz ve cisimden küçüktür.
- Cisim aynadan uzaklaştıkça görüntüsü odak noktasına yaklaşır. Sonsuzdaki cismin görüntüsü odakta, noktasal ve sanaldır.
- Cisim aynaya yaklaştıkça görüntüsü de aynaya yaklaşarak büyür.

Işığın kırılması

Işığın saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirmesine **kırılma olayı** adı verilir. Işık iki saydam ortamın ayırıcı yüzeyine geldiğinde tümü ikinci ortama geçemez. Bir kısmı yansıyarak geldiği ortama geri dönerken bir kısmı soğrulur. İkinci ortama geçen ışık ilk doğrultusundan farklı yönde hareket eder. Işığın bu davranışı su dalgalarının farklı derinlikteki ortamlardan geçişi sırasındaki davranışı ile benzerdir.

Su dalgaları derin ortamdan sığ ortama geçerken hızı ve dalga boyu değişir. Işığın havadan suya geçişinde de hızı değişir. Havadan suya geçen ışığın hızı azalır. Işığın bu davranışı Snell Yasası ile matematiksel olarak;

$\mathbf{Sin\theta_1 / Sin\theta_2 = n_1 2 = n_2 / n_1 = v_1 / v_2}$ şeklinde yazılır.

Işığın tam yansıma olayı ve sınır açısı

Bir ışık kaynağından çıkan ışık ışınları az yoğun ortamdan çok yoğun ortama hangi açıyla gelirse gelsin geçerken, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama belirli bir değerdeki açı değeri üzerindeki gelme açısında az yoğun ortama geçemez. Işık ışınlarının tamamının geldiği ortama geri döndüğü bu olaya **tam yansıma** denir. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçen ışığın en büyük gelme açısına **sınır açısı** denir. Sınır açısı ile gelen ışık ışınları için kırılma açısı 90°'dir.

Görünür uzaklık

Gözlemci ve cisim farklı ortamlarda bulunuyorsa cismin gözlemciden olan uzaklığı gerçek uzaklığından farklıdır. Gözlemci ve cismin farklı ortamlarda bulunduğu durumlarda cismin gözlemciden olan uzaklığına **gerçek uzaklık**, görüntünün gözlemciden olan uzaklığına ise **görünen uzaklık** ya da **görünen derinlik** denir.

Cisim saydam ortamda gözlemci hava ortamında bulunuyorsa gözlemci cismi kendisine yaklaşmış olarak görür.

Görünür derinlik (görünür uzaklık) gözün bakış açısına, sadam ortamın derinliğine ve saydam ortamın kırıcılık indisine bağlıdır.

Merceklerin çeşitleri ve mercek özellikleri

En az bir yüzeyi küresel olan ve ışığın farklı saydam ortamlardan geçerken yön ve doğrultu değiştirmesini sağlayan saydam cisimlere **mercek** adı verilir. Işığın kırılma içimine ve şekline göre mercekler iki çeşittir. Kenarları ortasına göre ince olan ve arkasından cisme bakıldığında cismin büyük görüntüsünün elde edildiği merceğe **ince kenarlı mercek** ya da **yakınsak mercek** denir. Kenarları ortasına göre kalın olan ve arkasından cisme bakıldığında cismin küçük görüntüsünün elde edildiği merceğe **kalın kenarlı** ya da **ıraksak mercek** denir.

İnce kenarlı mercekte kırılan ışının, kalın kenarlı mercekte kırılan ışının uzantısının toplandığı noktaya **odak noktası** denir. Merceğin optik merkezi ile odak noktası arasındaki uzaklık olan odak uzaklığını etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Mercek yüzeyinin eğrilik yarıçapı büyürse odak uzaklığı büyür.
- Mercek yüzeyine gelen ışığın renginin değişmesi odak uzaklığını değiştirir. Kırmızı ışık için odak uzaklığı büyük iken mor ışık için küçüktür.
- Merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık indisi büyürse odak uzaklığı küçülür.

- Mercek havadan daha yoğun bir saydam ortama konulduğunda odak uzaklığı büyür.
- Mercek kendisinin yapıldığı maddenin kırıcılık indisinden daha büyük bir ortama konulduğunda yakınsak mercek ıraksak, ıraksak mercek yakınsak mercek gibi davranır.

Merceklerin oluşturduğu görüntünün özellikleri

Merceklerdeki özel ışınlar ve görüntü oluşumu ile küresel aynalardaki özel ışınlar ve görüntü oluşumu birbirine benzerdir. Küresel aynalarda ışınlar geriye yansırken merceklerde kırılarak merceği terk eder. Bu nedenle mercekleri iki odak noktası ve iki merkezi vardır.

İnce kenarlı mercekte görüntü oluşumu çukur aynadaki görüntü oluşumu ile benzerdir. Tek farkı ışığın kırılarak görüntünün merceğin diğer tarafında oluşmasıdır.

- Sonsuzda bulunan cismin görüntüsü odak noktasında, noktasal ve gerçek olarak oluşur.
- Merkeze yakın ve merkezin dışında bulunan cismin görüntüsü; merceğin diğer tarafında ikinci merkez- ikinci odak noktası arasında cisimden küçük, ters ve gerçek olarak oluşur.
- Merkezdeki cismin görüntüsü; ikinci merkez noktasında, ters, cisimle aynı boyda ve gerçek olarak oluşur.
- Merkez ve odak noktası arasında bulunan cismin görüntüsü; ikinci merkez noktasının dışında, ters, cisimden büyük ve gerçek olarak oluşur.
- Odak noktasındaki cismin görüntüsü; odaktan geçerek gelen ışınlar kırıldıktan sonra asal eksene paralel olduğu için, cismin görüntüsü sonsuzda, ters, gerçek ve noktasaldır.
- Odak noktası-optik merkez arasında bulunan cismin görüntüsü; cismin bulunduğu tarafta cismin arkasında, cisimden büyük, düz ve sanal olarak oluşur.

Kalın kenarlı mercekte görüntü oluşumu çukur aynada görüntü oluşumu ile benzerdir.

- Cisim sonsuzda ise görüntü cismin bulunduğu tarafta, sanal ve noktasal olarak oluşur.
- Cisim sonsuz ile optik merkez arasında hangi noktaya konulursa konulsun görüntü optik merkez – odak noktası arasında, sanal, düz ve cisimden küçük olarak oluşur.

Günlük hayatta merceklerden göz kusurlarının tedavisinde kullanılan gözlük ve lenslerde, fotoğraf makinesi kameralarında, büyüteç, teleskop ve optik mikroskop yapımında yararlanılır.

Işık prizmaları

Işığı tam yansıma yapma özelliğinden faydalanarak ışığın doğrultularını değiştirmek amacıyla kullanılan ve birbirine paralel olmayan yüzeylere sahip saydam ortama **ışık prizması** denir.

a) Tam yansımalı prizma

Prizmalar kırıcılık indisi yaklaşık 1,5 olan camdan yapılmıştır. Bu maddeler için sınır açısı yaklaşık 42°dir. Kesiti ikizkenar dik üçgen şeklinde olan prizmaların dar açılarından biri 45°dir. Bu nedenle ikizkenar dik üçgen şeklindeki prizmanın yüzeylerinden birine dik gelen ışın tam yansımaya yaparak havaya çıkamaz, tam yansıma yaparak prizma içine geri döner.

b) Prizmadan geçen ışığın renklerine ayrılması

Işık prizmasına gönderilen beyaz ışık renklerine ayrılır. Işığın kırıldıktan sonra renklerine ayrılmasının nedeni prizmanın her renge farklı kırılma indisi etkisi göstermesindendir. Farklı kırılma indisleri için ışık renklerinin hızları da farklıdır. Işık prizmasında kırılan ışıklardan hızı en büyük olan kırmızı ışık olduğundan daha az kırılırken, hızı en az olan mor ışık en fazla kırılır.

c) Işık prizmasının kullanım alanı

Işık prizması; fotoğraf ve projeksiyon makinelerinde, periskop, dürbün, tepegöz, mikroskop gibi birçok optik alette kullanılır.

Cisimlerin renkli görülmesinin sebepleri

Renkli cisimler beyaz ışık ve Güneş ışığı altında kendi rengindeki ışığı ve bu renge en yakın renkteki ışınları yansıtır. Doğada görülen her türlü renk kırmızı, yeşil ve mavi ışıkların değişik oranda karışmasıyla oluşur. Bu nedenle kırmızı ışık, mavi ışık ve yeşil ışık, ışığın ana renkleridir.

Yapılan deneylerde, ışıkların ikişerli birleşmesinden

Kırmızı ışık + yeşil ışık = Sarı ışık

Yeşil ışık + mavi ışık = Cyan (siyan, yeşilimsi mavi) ışık Kırmızı ışık + mavi ışık = Magenta ışık (pembemsi kırmızı) elde edilmiştir. Üç renkteki ışığın birleşmesinden ise beyaz ışık elde edilmiştir (Kırmızı ışık+ mavi ışık+ yeşil ışık = Beyaz ışık).

Ana renklerin birleşmesi ile oluşan sarı, magenta ve cyan renkler ışığın ara renkleridir. Birleştikleri zaman beyaz ışık veren ana renkli ışık ile ara renkli ışık birbirinin tamamlayıcısıdır.

a) Boya renkleri

Saydam olmayan katı boya maddelerinin sıvı içerisinde çözünmeleriyle boya çözeltisi oluşur. Boya çözeltisi, üzerine düşen beyaz ışığın ana renklerinin bazılarını soğururken kalanını geri yansıtır.

Boya, yansıttığı ışığın renginde görülür. Yapılan deneyler ışıktaki ara renklerin, boyadaki ana renkleri oluşturduğunu göstermiştir. Boya renklerinin birleşmesiyle oluşan renkler aşağıdaki gibidir:

Sarı boya + magenta boya = Kırmızı boya

Sarı boya + cyan boya = Yeşil boya

Magenta boya + cyan boya = Mavi boya

Sarı boya + magenta boya + cyan boya = Siyah boya

Boyaların renkli görülmesi gözümüzün renk algısı ve ışığın ana renkleri ile gerçekleşir.

b) Işık filtreleri

Üzerine düşen ışığın bir kısmını geçirip bir kısmını soğuran saydam maddelere **ışık filtresi** adı verilir. Ana renkteki bir ışık filtresi başka bir ana rengi geçirmez soğurur. Mavi renkli bir ışık filtresine beyaz ışık düşürüldüğünde, mavi filtre mavi ışığı geçirirken mavi renge komşu olan yeşil ve mor ışıkları az miktarda geçir. Filtreden geçen en kuvvetli ışık mavi ışık olduğundan göz sadece mavi ışığı algılar.

1. Işığın dalga şeklindeki davranışını matematiksel olarak açıklayan bilim insanı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Newton B) Maxwell
C) Huygens D) Young

2. Işığa ait;

I. girişim yapma,
II. yansıma yapma,
III. kırılmaya uğrama

özelliklerinden hangileri ışığın tanecik davranışı ile açıklanabilir?

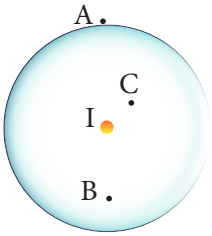
A) I ve II B) I ve III
C) II ve III D) I, II ve III

3. Işık şiddeti I olan bir kaynaktan çıkan ışık ışınlarının d kadar uzaktaki yüzeyde meydana getirdiği aydınlanma şiddeti E kadardır.

Buna göre, aynı kaynak yüzeyden 2d uzaklığa konulduğunda yüzeyde meydana gelen aydınlanma şiddeti kaç E olur?

A) 2E B) E
C) E/ 2 D) E/ 4

4. Işık şiddeti I kadar olan noktasal kaynak bir kürenin merkezine şekildeki gibi yerleştirilmiştir.



Küre yüzeyindeki A noktasında, kürenin içerisindeki B ve C noktasındaki ışık akısı ve aydınlanma şiddeti için,

I. Her üç noktada ölçülen ışık akısı miktarı eşittir.
II. Aydınlanma şiddetinin en büyük olduğu nokta C noktasıdır.
III. A, B ve C noktalarındaki aydınlanma şiddetlerinin büyüklükleri arasında EC > EB> EA ilişkisi vardır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

5. Bir kaynaktan çıkan ışıkla ilgili,

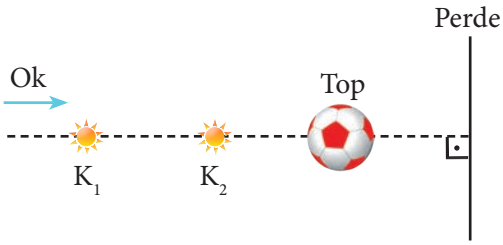
I. Havada yayılma hızı 3.10^8 m/s'dir.
II. Kaynaktan birim zamanda çıkan ışık miktarı kaynağın ışık şiddetini ifade eder.
III. Işık bir elektromanyetik dalgadır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

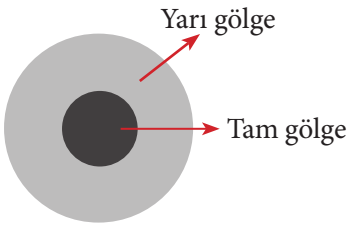
A) Yalnız II B) I ve II
C) II ve III D) I, II ve III

Hayat Boyu Öğrenme

6. Karanlık bir odada opak bir top ile K_1 ve K_2 noktasal ışık kaynakları perde önüne Şekil-1'deki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 1

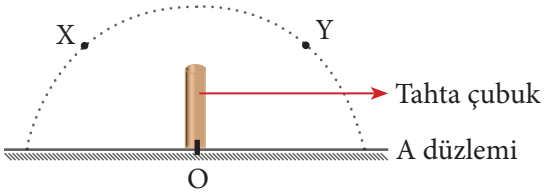


Şekil 2

Perdede oluşan tam ve yarı gölge Şekil–2'deki gibi olduğuna göre K_1 kaynağı ok yönünde hareket ettirilirse tam ve yarı gölge alanları için ne söylenebilir?

	Tam gölge alanı	Yarı gölge alanı
A)	Büyür	Değişmez
B)	Büyür	Büyür
C)	Büyür	Küçülür
D)	Küçülür	Büyür

7. Şekildeki O merkezli yarım çember sayfa düzleminde A düzlemi sayfa düzlemine diktir.



O noktasında bulunan tahta çubuğun gölgesinin büyüklüğü, noktasal bir ışık kaynağı çember üzerindeki X noktasından Y noktasına giderken nasıl değişir?

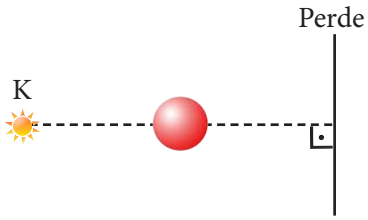
A) Önce azalır, sonra artar.

B) Önce artar, sonra azalır.

C) Sürekli azalır.

D) Değişmez.

8. Karanlık bir ortamda noktasal ışık kaynağı ve saydam olmayan cisim perde önüne şekildeki gibi yerleştiriliyor.



Buna göre,

I. Kaynak cisimden uzaklaştırılırsa gölge küçülür.

II. Perde cisme yaklaştırılırsa gölge küçülür.

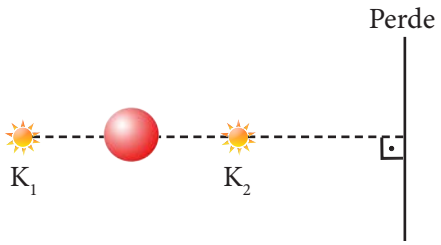
III. Kaynak saat yönünde hareket ettirilirse gölgenin yeri değişmez.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) Yalnız III

C) I ve II D) I, II ve III

9. Noktasal K_1 ve K_2 ışık kaynakları ile r yarıçaplı saydam olmayan X küresi şekildeki gibi yerleştirilmiştir.



Buna göre perde üzerinde,

I. Sadece yarı gölge oluşur.

II. Hem tam hem de yarı gölge oluşur.

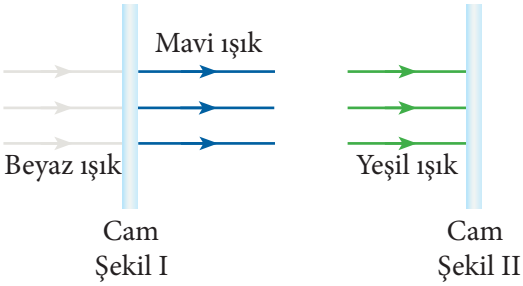
III. Oluşan yarı gölge alanı cisimden büyüktür.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) I ve III D) II ve III

10. Şekil I deki gibi cama beyaz ışık düşürüldüğünde sadece mavi ışık geçiyor.

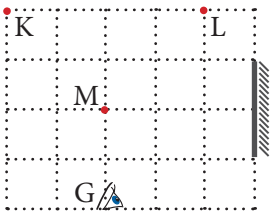


Şekil II deki gibi aynı cama yeşil ışık düşürüldüğünde hangi renkte ışık göz tarafından algılanır?

A) Yeşil B) Mavi

C) Kırmızı D) Işık görülmez

11. Noktasal K, L, M cisimleri şekildeki gibi düzlem ayna önüne yerleştirilmiştir.



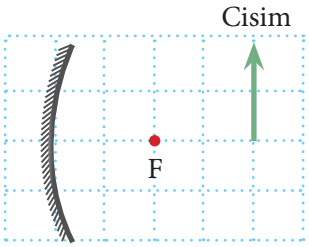
G noktasından düzlem aynaya bakan bir gözlemci hangi noktaların görüntülerini görür?

A) K, L ve M B) K ve L

C) K ve M D) L ve M

12. Şekildeki gibi çukur ayna önüne konulmuş cismin görüntüsü nasıl oluşur?

(F: Çukur aynanın odak noktası)



A) Düz, cisimden küçük

B) Düz, cisimle aynı boyda

C) Ters, cisimle aynı boyda

D) Ters, cisimden küçük

Hayat Boyu Öğrenme

13. Küresel bir ayna önüne yerleştirilen bir kalemin kendisinden iki kat büyüklükte ters görüntüsü oluşuyor.

Buna göre ayna ve cismin görüntüsü ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

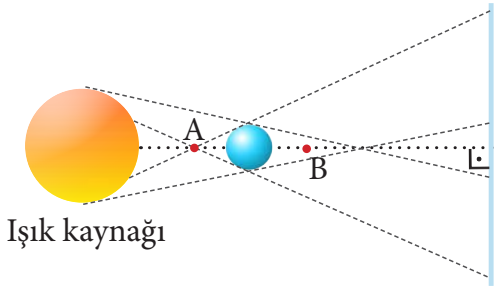
A) Çukur ve sanal

B) Tümsek ve sanal

C) Çukur ve gerçek

D) Düzlem ve sanal

14. Şekildeki gibi kaynağın önüne bir engel konulduğunda perde üzerinde farklı tonlarda gölgeler meydana geliyor.



Perde üzerinde sadece tam gölgenin oluşması için,

I. Perde B noktasına taşınmalıdır.

II. B noktasına noktasal bir ışık kaynağı konulmalı

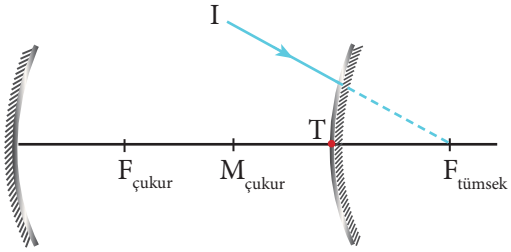
III. Işık kaynağı kaldırılıp yerine noktasal bir ışık kaynağı konulmalı.

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

A) Yalnız III B) I ve III

C) II ve III D) I, II ve III

15. Çukur ve tümsek aynadan oluşturulmuş sisteme bir I ışını şekildeki gibi gönderiliyor.



Buna göre I ışını çukur aynadan yansıdıktan sonra nereden geçer?

A) $F_{çukur}$'dan

B) $F_{tümsek}$'ten

C) $M_{çukur}$'dan

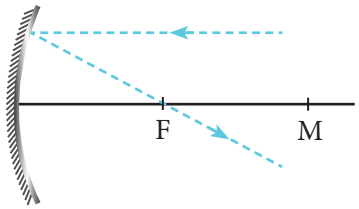
D) $F_{çukur}$–$M_{çukur}$ arasından

16. Bir küresel ayna tepe noktası O noktasında olacak şekilde K–R doğrusu üzerine yerleştiriliyor. L noktası üzerine konan bir cismin görüntüsü kendisinden küçük olarak N noktasında oluşuyor.

Buna göre aynanın cinsi ve odak noktasının yeri için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

	Aynanın cinsi	Odak noktasının yeri
A)	Çukur	P
B)	Düzlem	Sonsuz
C)	Çukur	N–O arası
D)	Tümsek	X–P arası

17.



Şekilde verilen çukur aynayla ilgili,

I. Cisim M noktasının dışındayken görünütüsü M'de oluşur.

II. Cisim F'de iken, görüntüsü sonsuzda oluşur.

III. Cisim F–M noktaları arasındayken görüntüsü M noktasının dışında oluşur.

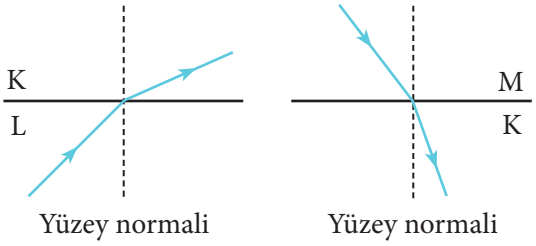
ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) II ve III D) I, II ve III

18. • Işık ışını, az kırıcı ortamdan çok kırıcı ortama geçerken normale yaklaşarak kırılır.

• Işık ışını, çok kırıcı ortamdan az kırıcı ortama geçerken normalden uzaklaşarak kırılır.

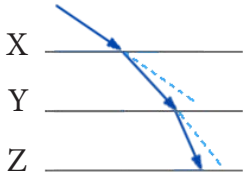


Yukarıda verilen bilgi ve çizilen şekillere göre K, L, M ortamlarının kırıcılıkları (n) aşağıdakilerden hangisi gibi sıralanır?

A) $n_K > n_L > n_M$ B) $n_K > n_M > n_L$

C) $n_L > n_K > n_M$ D) $n_L > n_K = n_M$

19. X, Y, Z ortamlarından gelip havaya geçen ışık ışınının davranışı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

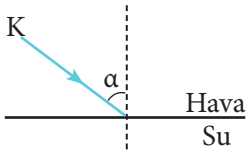


Buna göre, ışık ışınının izlediği yollara bakarak X, Y ve Z ortamlarının kırıcılıklarının sıralaması hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

A) $n_X > n_Y > n_Z$ B) $n_Y > n_X > n_Z$

C) $n_Z > n_Y > n_X$ D) $n_Z > n_X = n_Y$

20. Şekilde havadan suya gönderilen bir ışık demeti görülmektedir.



Buna göre, ışık ışını için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Işık demetindeki ışınların bir kısmı yansır bir kısmı α açısından küçük bir açıyla kırılarak suya geçer.

B) Işık demetindeki ışınların bir kısmı yansır bir kısmı α açısından büyük bir açıyla suya geçer.

C) Işık demetindeki ışınların tümü α açısından küçük bir açıyla kırılarak suya geçer.

D) Işık demetindeki ışınların tümü α açısından büyük bir açıyla kırılarak suya geçer.

Hayat Boyu Öğrenme

21. Bir mercekte oluşan görüntü,

I. Ters ve cisimden büyük ise mercek ıraksaktır.
II. Düz ve cisimden küçük ise mercek ıraksaktır.
III. Ters ve cisimden büyük ise mercek yakınsaktır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

22. Ailesi ile birlikte konsere giden Emre sahnedeki sanatçının elbisesinin önce kırmızı, sonra siyah sonra da sarı olduğunu gözlemliyor.

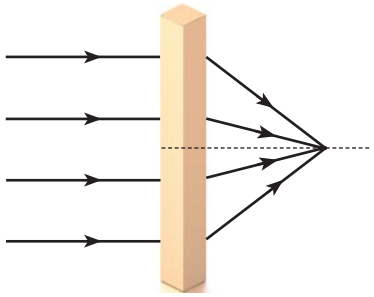
Buna göre; sanatçının elbisesi hangi ışıklarla aydınlatılmış olabilir?

	I. durum	II. durum	III. durum
A)	Kırımızı	Beyaz	Yeşil
B)	Kırmızı	Mavi	Sarı
C)	Yeşil	Siyah	Sarı
D)	Beyaz	Mavi	Kırmızı

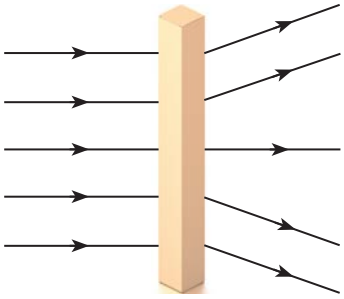
23. Güneş ışığı altında kırmızı – beyaz formalı bir futbolcuya mavi ışık altında bakılırsa formasının rengi nasıl görünür?

A) Kırmızı – beyaz
B) Siyah – kırmızı
C) Mavi - beyaz
D) Siyah – mavi

24. I ve II kutularında bulunan hangi optik aletler ışığın şekillerdeki gibi yol izlemesine neden olur?



(I)



(II)

	I kutusu	II kutusu
A)	Kalın kenarlı mercek	Prizma
B)	İnce kenarlı mercek	Çukur ayna
C)	İnce kenarlı mercek	Kalın kenarlı mercek
D)	Kalın kenarlı mercek	İnce kenarlı mercek

25. Bir X cisminin ince kenarlı mercek sistemindeki görüntüsü için,

I. Ters ve gerçektir.
II. Düz ve sanaldır.
III. Boyu cismin boyundan büyüktür.

ifadelerinden hangileri söylenebilir?

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

SÖZLÜK

A

akışkan: Akma özelliği olan.

aydınlanma şiddeti: Bir yüzeyin birim alanı üzerine düşen ışık akısı miktarı.

B

büyüteç: Odak uzaklığı birkaç santimetre olan, küçük cisimleri daha büyük bir görünüm açısı altında incelemeye elverişli yakınsak (ince kenarlı) mercek.

D

doğrusal: Bir doğru ile ilgili olan; bir doğruyu izleyen.

dürbün: Uzaktaki cisimlerin görüntülerini büyütmeye veya yaklaştırmaya yarayan, objektif ve oküler adlı iki mercekten oluşan optik alet.

F

frekans: Periyodik bir olayın birim zamanda tekrarlama sayısı

G

gölge: Saydam olmayan bir cisim tarafından ışığın engellenmesiyle ışıklı yerde oluşan karanlık.

görüntü: Kendinden ışıklı veya bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılan bir cisimden gelen veya yansıyan ve bir optik sistemi geçen ışık tarafından oluşturulan, cismin optik kopyası.

görüş alanı: Bir noktadan bakan gözün ayna içinde görebildiği alan.

K

kırılma: Işık veya dalganın bir ortamdan diğerine geçerken yayılma doğrultusunda ve hızında meydana gelen değişme.

küresel ayna: Yansıtıcı yüzeyleri küre şeklinde olan çukur veya tümsek ayna.

L

lümen: Bütün noktaları kaynaktan birim uzaklıkta olan bir birim yüzeye düşen ışık akısına eşit akı birimi.

M

mercek: Genellikle saydam camdan veya ışık kırıcı maddelerden yapılmış, yüzeyleri çukur veya tümsek olan ve ışığı toplayan veya dağıtan küresel yüzeyli optik madde.

O – Ö

optik merkez: Bir mercekte asal eksen üzerinde bulunan ışınların kırılmadan geçtiği nokta.
özdeş: Her özelliğiyle aynı nesneler.

P

paralel: Bir düzlemde sonsuzda kesiştiği varsayılan, aralarındaki açı sıfır olan, iki veya daha fazla doğru veya ışın demetinin durumu.
periyodik dalga: Eşit zaman aralıklarında oluşan dalga.
periyot: Art arda iki dalga tepesi ya da iki dalga çukurunun oluşması için geçen süre.
prizma: Işık ışınlarını ayrıştıran ve saptıran, saydam maddeden yapılmış üçgen prizma.
periskop: Denizaaltılarında kullanılan ve denizin altından deniz yüzeyindeki cisimleri görmek için kullanılan bir dürbündür.

R

rezonans: Sürücü kuvvetin frekansının doğal titreşim veya salınım frekansıyla eşit olması sonucu sistemin azami genlikle titreşmesi veya salınması.

S

salınım: Bir sarkaç veya salıngaç gibi, belli konumlardan aynı zaman aralıklarında geçen cisimlerin hareketi.
sanal: Gerçekte yeri olmayıp zihinde tasarlanan (zahirî).
saydam: Işığı tam geçirerek arkasındaki nesneleri belirgin bir biçimde gösteren ortam.
simülasyon: Sistem nesneleri arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin bir modelidir.
spektrum: Beyaz ışığı oluşturan renklerin dağılımı.
straboskop: Hareketli bir nesnenin titreşim veya dönme frekansını eş zamanlı yapmak için frekansı ayarlanabilir yoğun bir flaş ışığı üreten ve böylece nesnenin hareketsiz görüntüsünü veren alet.

T

titreşim: Esnek bir maddenin veya dalga hareketi yapan bir ortamın denge durumundan ayrılıp bırakılmasıyla başlayan hızlı periyodik hareket.

Y

yankı: Yansıyan veya giden dalgadan, uygun bir gecikme süresiyle geri dönen bir dalga paketi.
yansıma: Bir ışık dalgasının bir yüzeye çarptıktan sonra geldiği ortama geri dönmesi.
yarı gölge: Bir ışık kaynağı önüne konulan saydam olmayan bir cismin gerisindeki ekran üzerine vuran gölgesinin çevresinde görülen, çok koyu karanlık olmayan bölümü.
yarı saydam: Işığı dağıtarak geçirdiği için arkasındaki nesneleri net olarak göstermeyen cisimlerin niteliği.
yüzey: Herhangi bir nesnenin belirli yöndeki düzlemsel ve iki boyutlu uzantısı

KAYNAKÇA

KAYNAKÇA
BALKAN, Naci, Ayşe EROL, Çevremizdeki Fizik, TÜBİ-TAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara, 2012.
CUTNELL, John D., W. Johnson KENNETH, Physics, John Wileyand Sons, Inc., USA, 2007.
GIANCOLI, Douglas C., Fen Bilimcileri ve Mühendisleri İçin Fizik, 4. Baskı, çev.: Gülsen ÖNENGÜT, Pearson Education Yayıncılık, Ankara, 2009.
Haber, Schaim, Cross, Dodge, W., PSSC Physics, D., C., Heath and Co., USA, 1971.
Hewitt, P., G., Conceptual Physics, Harper Collins College Publishers, Tenth Edition, New York, 2005.
MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ortaöğretim Fizik Dersi 10. Sınıf Öğretim Programı, Ankara, 2018.
Sears, Zemansky, Young, University Physics, Addison Wesley Publishing Co., USA, 1987.
Serway, Beichner, Fizik-2, Beşinci Baskı, Palme Yayıncılık, Ankara, 2002.
Serway, A., R. - Beichner, R., J., Fizik 1, 2, 3, (çev. K. Çolakoğlu), Palme Yayıncılık, Ankara, 2009.
TDK, Türkçe Sözlük, Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 2013.
TDK Yazım Kılavuzu, TDK Yayınları, Ankara, 2012.
YOUNG, Hugh D.; Roger A. FREEDMAN, Sears ve Zemansky'nin Üniversite Fiziği, Cilt 1, 12. Baskı, çev.: ÜNLÜ, Hilmi (Editör), GİZ, Ahmet T., HORTAÇSU, Mahmut Ö. ve diğerleri, Person Education Yayıncılık,Ankara, 2011.
YOUNG, Hugh D.; Roger A. FREEDMAN, Sears ve Zemansky'nin Üniversite Fiziği, Cilt 2, 12. Baskı, Çev.: ÜNLÜ, Hilmi(Editör), GİZ, Ahmet T., HORTAÇSU, Mahmut Ö. ve diğerleri, Person Education Yayıncılık, Ankara, 2011.

1. ÜNİTE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13
A	B	B	C	D	C	B	B	D	A	A	C	D

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25	26
A	B	B	A	C	D	B	A	D	D	D	A	D

2. ÜNİTE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13
B	C	D	D	D	C	A	C	C	D	A	C	C

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25
D	A	C	C	C	C	A	D	D	D	C	D