

TYT - 10.Sınıf Fizik Konu Özetleri

4.Ünite : Optik
1.Bölüm : Aydınlanma ve Gölge

Işığın Doğası

Elde ettiğiniz bilgilerin çoğunu ışık ve ses sayesinde edinirsiniz. Ancak bilgiye ulaşmada ışık sese göre çok daha fazla yarar sağlar. İnsan gözü bir nesnenin boyutu, konumu, parlaklığı ve rengindeki küçük değişiklikleri algılayabilir.

Işık hakkında gözlemlediğiniz ilk olaylardan biri onun doğrusal yolla yayılmasıdır (Görsel 4.4).

Görsel 4.5.a, bir ekrana ışık gönderen ışık kaynağını göstermektedir. Görsele baktığınızda kaynaktan yayılan ışığın ekranı aydınlattığını görürsünüz. Ancak kaynak ile ekran arasındaki ışığı göremiyorsunuz. Işığın kaynaktan çıkması ve ekranın aydınlanması size ışığın kaynak ile ekran arasında yol alması gerektiğini düşündürüyor. Şimdi deney yapılan ortamın dumanla doldurulduğu Görsel 4.5.b'ye bakınız. Bu deney bize ışığın ya doğrudan kaynaktan yayılarak ya da ışık kaynağı olmayan cisimlerden yansıyarak göze ulaştığını gösterir. Deneyde ışık, ekrandan ve duman taneciklerinden yansımıştır. Böylece bu cisimler sanki ışık kaynaklarıymış gibi ışığı doğrusal yolla gözümüze göndermişlerdir.



Görsel 4.4: Küçük bir pencereden geçen güneş ışığı havadaki toz parçacıkları tarafından görülebilir hale geldiğinde ışığın yolunu düz bir çizgi olarak görürsünüz. Görselde Isaac Newton'un (Ayzek Nivtin) yaptığı bir deneyin temsili resmi görülmektedir.

a)



b)



Görsel 4.5: a) Kaynak ile ekran arasındaki ışık demetleri görülmez. b) Kaynak ve ekran arasındaki ortam duman ile doldurulmuştur. Işık demeti kaynaktan hedef ekrana kadar açıkça görülmektedir.

Yunan filozofu Pythagoras (Pisagor, MÖ 570-495), nesnelerin çok küçük tanecikler yaydığını ve gözün bu tanecikleri yakalayarak onları gördüğünü savunuyordu. Pythagoras'dan

kısa süre sonra dünyaya gelen Yunan filozofu Empedokles (Empedokle, MÖ 494- 434) gözden dışarı bir tür ışın çıktığını, bu ışının nesnelere çarparak onların görüntüsünü tekrar göze ilettiğini düşünüyordu. Çağdaşı Eflatun'a (Eflatun, MÖ 427-347) göre ise nesnelerden kaynaklanan "dış ışık" ve gözümüzden yayılan "iç ışık" arasındaki girişim olayıyla görme olayı gerçekleşmekteydi. Eflatun ile aynı dönemlerde yaşamış olan ve asırlar boyu büyük ölçüde kayıtsız şartsız bir otorite olarak görülen Aristo (MÖ 384-322) ise başka türlü düşünmekteydi. Ona göre ışık, boşluğu dolduran süptil bir aracının hareketi sayesinde ortaya çıkmaktaydı. Arap fizikçi, matematikçi ve filozof olan İbn-i Heysem (965-1040) ise zamanında ışığın gözden çıktığını söyleyen kurama karşı çıkmış ve ışığın nesneden geldiğini vurgulamıştır. İbn-i Heysem'e göre ışınlar gözden cisme doğru gitseydi karanlıkta da görmemiz gerekirdi.

Işığın bilimsel araştırmalara göre izah edilmeye çalışılması ilk olarak Isaac Newton'ın (1643-1727) ünlü eseri "Optik" ile birlikte başlamıştır. Newton ışığın bir kaynak tarafından yayılan taneciklerden oluştuğunu düşünmekteydi. Ona göre bu tanecikler göze girerek görme duyusunu oluşturmaktaydı. Newton, bu düşüncesinden yola çıkarak yansıma ve kırılma olaylarını açıklayabiliyordu. 1678'de Hollandalı fizikçi Christian Huygens (Kristiyan Hoygins, 1629-1695) ve İsviçreli matematikçi Leonard Euler (Leonard Öyler, 1707-1783), ışığın dalgalar biçiminde yayıldığı görüşünü ileri sürdüler ve yaptıkları deneylerle ışığın dalga teorisinin yansıma ve kırılma olaylarını açıklayabildiklerini gösterdiler. Ancak o dönemlerde ışığın dalga teorisi hemen kabul edilmedi. Çünkü o dönemdeki birçok bilim insanına göre ışık dalga şeklinde yayılıyorsa, karşısına çıkan engellerin çevresinde bükülmesi ve böylece köşelerin çevresinin görülebilmesi gerekirdi. Ancak tanecik modeli ışığın tüm özelliklerini ve davranışlarını açıklayamamaktadır. Örneğin kırınım denen olayda ışığın tanecik modeli işe yaramaz. Kırınım, ışığın dar bir delikten geçtikten sonraki davranışdır. Bu olayda gözlenen karmaşık durumun ve çok ince zarflarda ışığın yansımasının tanecik modeliyle açıklanması olanağı yoktur.

1801 yılında İngiliz bilim insanı Thomas Young (Tomas Yank, 1773-1829) ışığın dalga doğasını gösteren ilk deneyi yaptı. Uygun koşullardaki ışık ışınları ile yaptığı deneyde ışığın dalga özelliği gösterdiğini ve su dalgaları gibi girişime uğradığını gösterdi. Daha sonra Augustin Fresnel (Agustin Fresnel, 1788-1827) girişim ve kırınım olaylarıyla ilgili deneyler yaparak ışık ışınlarının bozulmaksızın birbirinin içinden geçebildiklerini gösterdi. (Görsel 4.8).



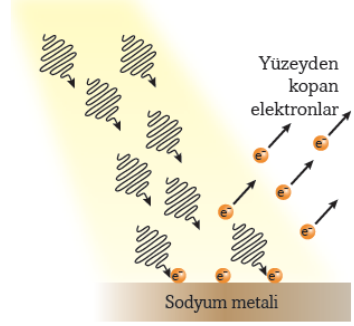
Görsel 4.8: Işık ışınları bozulmaksızın birbirinin içinden geçebilir.

Ayrıca etrafınızdan gelen birçok ışık demetlerine rağmen bu kitabın sayfasından gelen ışık demeti sayesinde sayfayı rahatlıkla görürsünüz. Bu olaylar bize iki ışık demetinin kesişmesi olayının taneciklerden ziyade dalgaların kesişmesine benzediğini göstermektedir.

Bir ortamdan diğerine geçerken ışığın da bir kısmı yansırken bir kısmı diğer ortama iletilir. Ancak ışığın tanecik şeklinde yayıldığını kabul edersek böyle bir olayın olmaması gerekirdi. Bundan dolayı 19. yüzyıla gelindiğinde ışığın dalga özelliği gösterdiği fikri kabul görmeye başladı. 1873 yılında James Clerk Maxwell (Ceyms Klerk Maksvel) ışığın elektromanyetik bir dalga olduğu kuramını ortaya attı. 1887'de Heinrich Hertz (Henrik Hertz) Maxwell'in kuramının deneysel ispatını yaptı.

Işık bir metal yüzeye çarptığında yüzeyden elektron koparabilmektedir. Fotoelektrik etki denen bu olay ışığın dalga kuramıyla açıklanamıyordu. Çünkü metalden kopan elektronlar gelen ışığın şiddetinden bağımsızdı. Ancak dalga kuramı, daha şiddetli bir ışın demetinin metaldeki elektrona daha fazla enerji vermesi gerektiğini söyler. 1900'de Max Planck (Maks Plank), tekrar tanecik kuramına geri dönerek ışığın "kuantum" olarak adlandırılan küçük paketçiklerden oluştuğunu öne sürdü. 1905'te Albert Einstein (Albirt Aynştayn), Planck'ın kuramını kullanarak fotoelektrik olayını açıkladı. Einstein'a göre ışık dalgasının enerjisi, foton adı verilen enerji paketleri içinde bulunmaktadır (Görsel 4.10). Daha sonra 1925 yılında Arthur Holly Compton (Artur Haliy Kamptın), ışığın tanecik modeliyle açıklanabilen bir deneyi gerçekleştirmiştir. Bu olaylar ışığın ikili bir doğaya sahip olduğunu göstermektedir. 1923 yılında Louis de Broglie (Lui dö Brogli), ışığın ikili karakterini aynı anda açıklayan bir model ileri sürdü. Bu modele göre, hareket eden her parçacığa bir dalga eşlik etmekteydi.

Fotoelektrik olayı
Işık fotonları



Görsel 4.10: Işığın bir metal yüzeyden elektron koparması hadisesine fotoelektrik olayı denir. Fotoelektrik olay ışığın dalga kuramıyla açıklanamaz. Fotoelektrik olayını Planck'ın kuramını kullanarak Albert Einstein açıkladı. Ayrıca Einstein ilk kez foton adı verilen ışık paketleri kavramını da kullanmıştır.

Kısaca ışık, bazı olaylarda dalga bazı olaylarda ise tanecik gibi davranır.

Işık Kaynakları

Ateş, şimşek ve hatta ateş böcekleri doğal ışık kaynaklarıdır. Son 100 yılda insanoğlu birçok suni ışık kaynağı üretti. Akkor ampuller, floresan lambalar, televizyon ekranları, lazerler, ışık yayan diyotlar (LED'ler) gibi birçok ışık kaynağı elektrik enerjisi sayesinde ışık üretirler.

Güneş ışığı ay ışığına göre çok daha parlaktır. Bunun yanında Güneş bir ışık kaynağıdır. Yani kendi ışığını üretir. Fakat Ay bir ışık kaynağı değildir ve kendi ışığını üretmez. Görsel 4.11'de görüldüğü gibi sadece Güneş'ten aldığı ışığı yansıtarak görünür olur.



Görsel 4.11: Güneş, bir ışık kaynağıdır. Ay, aydınlatılmış bir cisimdir.

Akkor bir lamba ışık kaynağıdır. Çünkü elektrik enerjisi ampul içindeki ince tungsten telini ısıtır ve bu yüksek sıcaklığın sonucu onun ışık yaymasına neden olur. Diğer taraftan bir bisiklet reflektörü aydınlatılmış bir cisimdir. Bu reflektör, otomobil farı gibi bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığında görünür hâle gelecek şekilde üretilmiştir.

Herhangi bir ışık olayında üç önemli özellikten bahsedilir. Bunlar ışık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanmadır.

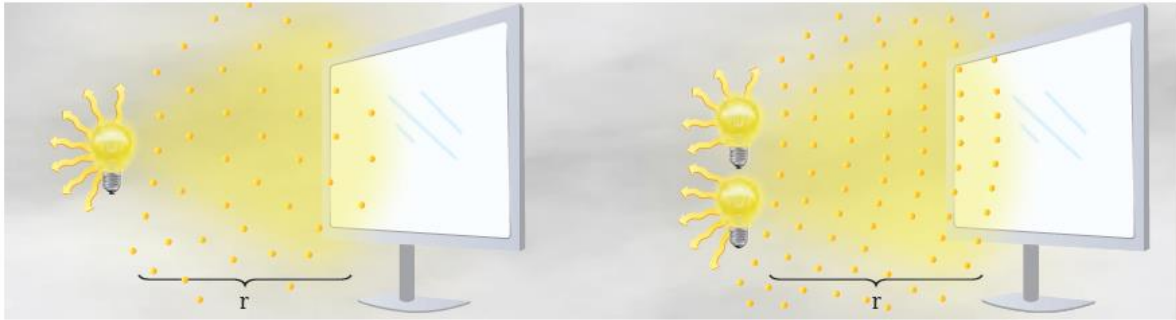
Işık Şiddeti

Bir kaynağın birim zamanda yaydığı enerjinin ölçüsü ışık şiddeti olarak ifade edilir. Işığın tanecik modeli olarak düşünürseniz, bir ışık kaynağından birim zamanda yayılan ışık tanecikleri sayısına ışık şiddeti denir. Öyleyse birim zamanda aynı sayıda ışık taneciği yollayan kaynakların ışık şiddetleri birbirine eşittir diyebilirsiniz.

100 W'lık ve 60 W'lık iki akkor ampul düşününüz. 100 W'lık akkor ampulün daha fazla ışık yayacağını günlük tecrübelerinizden biliyorsunuzdur. Bu sebeple 100 W'lık ampul, 60 W'lık ampule göre bir odayı daha fazla aydınlatır. Bunun sebebi, 100 W'lık ampulün ışık şiddetinin yüksek olmasıdır.

Bir ekran r uzaklıkta bulunan bir ampulle aydınlatılmaktadır. Ekran üzerine N kadar ışık taneciği düşerse aynı ekran, aynı uzaklıkta özdeş iki ampulle aydınlatıldığında ekran üzerine $2N$ kadar ışık taneciği (foton) düşer. Işık şiddeti I sembolü ile gösterilir ve birimi candela (kandela) cd 'dir.

Bazı ışık kaynaklarının şiddeti şöyledir: 60 W'lık akkor lambanın şiddeti 35 cd , 100 W'lık akkor lambanın şiddeti 130 cd 'dir. 40 W'lık bir floresan lambanın şiddeti ise 200 cd 'dir.

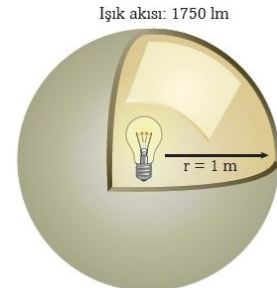


Görsel 4.14: Bir ekran r kadar uzaklıktaki bir ampulle aydınlatılırsa üzerine N kadar foton düşer. Ampulün yanına özdeş bir ampul daha konulursa ekran üzerine $2N$ sayıda foton düşer.

Işık Akısı

Bir ışık kaynağından çıkan ışık enerjisi miktarına **ışık akısı** denir. Işık akısı, kaynak tarafından yayılan toplam görünür ışık miktarını temsil eder. Işık akısı Φ (fi) sembolü ile gösterilir ve birimi lümen'dir (lm). Lümen, 1cd şiddetindeki bir kaynaktan 1 m uzakta ve ışınlara dik 1 m² yüzeye gelen ışık akısı miktarıdır. 100 W'lık akkor ampul yaklaşık 1750 lm'lik ışık akısı yayar.

Bir ışık kaynağından çıkan ışınların tamamının bir yüzeye dik olarak düşmesi, merkezinde ışık kaynağı olan bir kürenin yüzeyinde söz konusudur. Kürenin yüzeyindeki ışık akısı $\Phi = 4\pi I$ ifadesi ile hesaplanır. Bağlıntıdan da görüldüğü gibi küre yüzeyindeki ışık akısı ışığın şiddetine bağlıdır. Işık şiddeti arttıkça ışık akısı da artar.

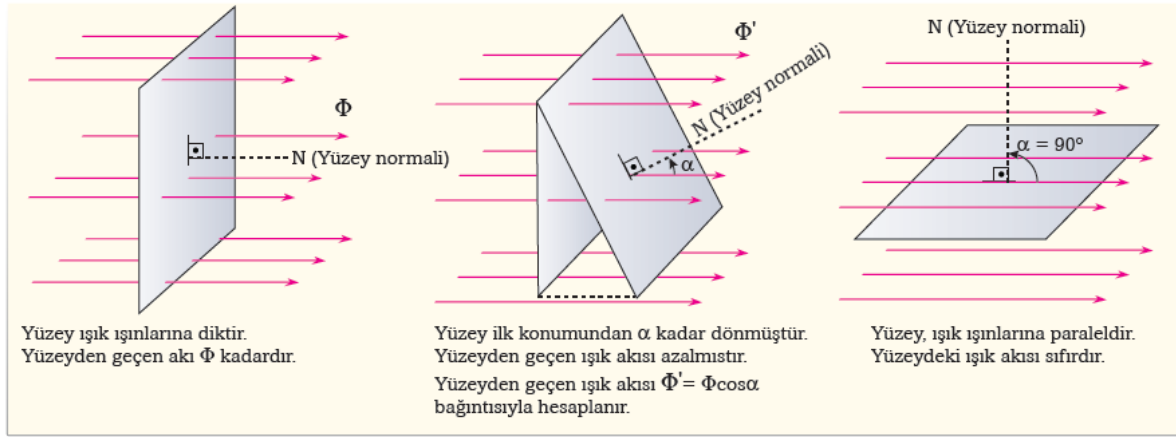


Görsel 4.15: Işık akısı ışığın bir kaynaktan yayılma miktarıdır.

1 m yarıçaplı bir kürenin merkezine 100W'lık (1750 lm) bir ampul yerleştirdiğinizi düşününüz (Görsel 4.15). Bu ampul her yönde ışık yayar. 1750 lm'lik ışık

akısı belirli bir süre içinde kürenin iç yüzeyine çarpan ışığın tamamını karakterize eder. Kürenin yarıçapı 2 m çıkartılsa bile ampulün ışık akısı 1 m yarıçaplı küreninkiyle aynı olacaktır. Çünkü toplam ışık ışını sayısında her hangi bir değişme olmayacaktır. Toplam ışık akısının belirlenmesinde yarıçapın ve kaynağın nerede bulunduğu bir önemi yoktur.

Işık kaynağı tarafından yayılan ışık miktarını bilerseniz, ışık kaynağının kitap gibi bir nesneyi nasıl aydınlatıldığını belirleyebilirsiniz. Eğer bir yüzey ışık ışınlarına dik değilse bu yüzey içinden daha az ışık tanecikleri geçecektir. Bu durumda ışık akısı, yüzeye ulaşan ışınların dik bileşenleri alınarak belirlenir. Işık ışınlarının yüzeye dik ulaşmaması sonucunda yüzeyden geçen ışık akısı azalır. Bu durumu Görsel 4.16'ya bakarak daha iyi anlayabilirsiniz.



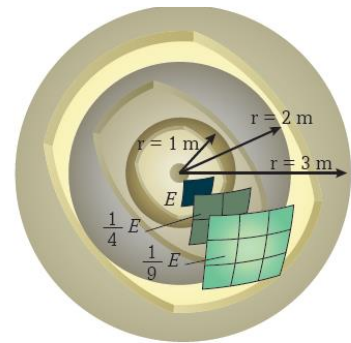
Görsel 4.16: Işık akısı, gelen ışık ışınları ile yüzey normali arasındaki açıya göre değişir.

Aydınlanma

Işık ışınlarının yüzeye çarpma miktarı aydınlanma olarak adlandırılır. Bu nedenle aydınlanma, birim zamanda birim alan üzerine düşen foton sayısı ile doğru orantılıdır. Birim yüzeye düşen ışık akısına aydınlanma şiddeti denir. Aydınlanma şiddetine kısaca aydınlanma denir. Aydınlanma E sembolü ile gösterilir. Aydınlanmanın birimi lüks'tür ve kısaca lx olarak gösterilir. Lüks'ün eşdeğeri birim metrekare üzerine düşen ışık akısıdır ve lm/m^2 olarak gösterilir.

Sizce Görsel 4.17'deki kürenin iç yüzeyinin aydınlanması nedir?

Kürenin yüzey alan bağıntısı $4\pi r^2$ dir. En iç küre için yarıçap değerini bağıntıda yerine yazarsanız kürenin yüzey alanı $4\pi(1 \text{ m})^2 = 4\pi \text{ m}^2$ dir. En içteki kürenin her metrekaresine çarpan ışık akısı $2500 \text{ lm}/(4\pi \text{ m}^2) \cong 199 \text{ lx}$ olur. Ampulden 1 m mesafede her bir metrekareye yaklaşık 199 lm'lik ışık akısı çarpmaktadır. Yani kürenin iç kısmının aydınlanma şiddeti yaklaşık 199 lx'tür.



Görsel 4.17: Bir ışık kaynağının oluşturduğu aydınlık (E), ışık kaynağından uzaklığın karesi ile azalır.

Ampulü çevreleyen küre daha büyük olursa ne değişir? Eğer kürenin yarıçapı 2 m olursa ışık akısı yine 2500 lm'dir. Ancak kürenin alanı $4\pi(2 \text{ m})^2 = 16\pi \text{ m}^2$ olur. Bu 1 m yarıçaplı kürenin alanından dört kat daha büyüktür. Yarıçapı 2 m olan kürenin içindeki aydınlanma şiddeti yaklaşık $2500 \text{ lm}/(16\pi \text{ m}^2) = 49,8 \text{ lx}$ 'tür. Yani kürenin içinde her bir metrekareye 49,8 lm'lik

ışık çarpar. 2 m'lik kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddeti, 1 m'lik kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddetinin dörtte biri kadardır. Aynı şekilde 3 m yarıçaplı bir kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddeti, 1 m'lik kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddetinin $(1/3)^2 = 1/9$ 'u kadardır. Görsel 4.18, bir nokta kaynak tarafından üretilen aydınlanma şiddetinin $1/r^2$ ile orantılı olduğunu göstermektedir.

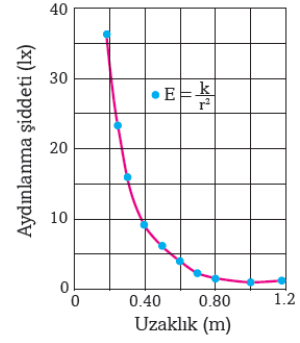
Buna ters kare ilişkisi de denir. Başka deyişle aydınlanma şiddeti şu bağıntıyla verilir:

Aydınlanma Şiddeti Bağıntısı

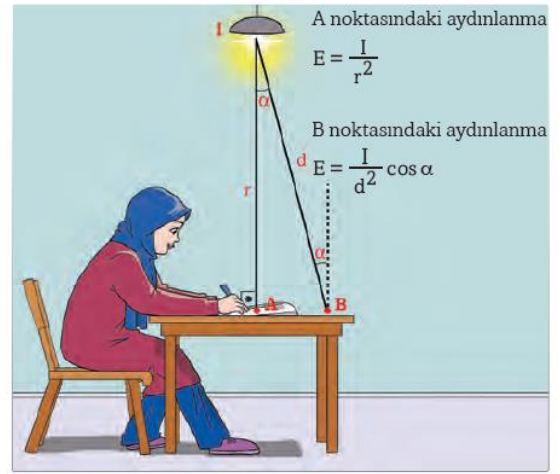
$$E = \frac{\Phi}{A}$$

Kaynak, r yarıçaplı kürenin merkezinde ise küre yüzeyindeki aydınlanma şiddeti $E = \frac{4\pi I}{4\pi r^2}$ olur.

Bu bağıntıya göre aydınlanma şiddeti ile kaynağın yüzeye uzaklığının karesinin çarpımı sabit olmalıdır. Bunun yanında yüzeyin kaynağa göre durumu da aydınlanma şiddetini etkiler. **Görsel 4.19'**a bakınız. Işık ışınlarının yüzeye geliş doğrultuları ile yüzey normali arasında α kadarlık bir açı varsa aydınlanma şiddeti, $E = \frac{I}{d^2} \cos \alpha$ bağıntısıyla verilir.



Görsel 4.18: Aydınlanmanın kaynak uzaklığının karesi ile ters orantılı değişmesi ışığın tanecik teorisine uygundur. Bu grafik bir kaynaktan belli uzaklıklarda aydınlanma şiddetini göstermektedir.



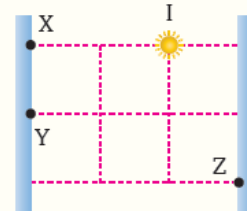
Görsel 4.19: Aydınlanma, ışık ışınlarının yüzey normali ile yaptığı açının kosinüsü (cos) ile doğru orantılıdır.

ÖRNEK PROBLEM

Noktasal bir ışık kaynağı iki düzlem arasında şekildeki gibi konulmuştur. Bu ışık kaynağının X,Y ve Z noktaları çevresinde oluşturduğu aydınlanma şiddetleri E_X , E_Y , E_Z arasında nasıl bir ilişki vardır?

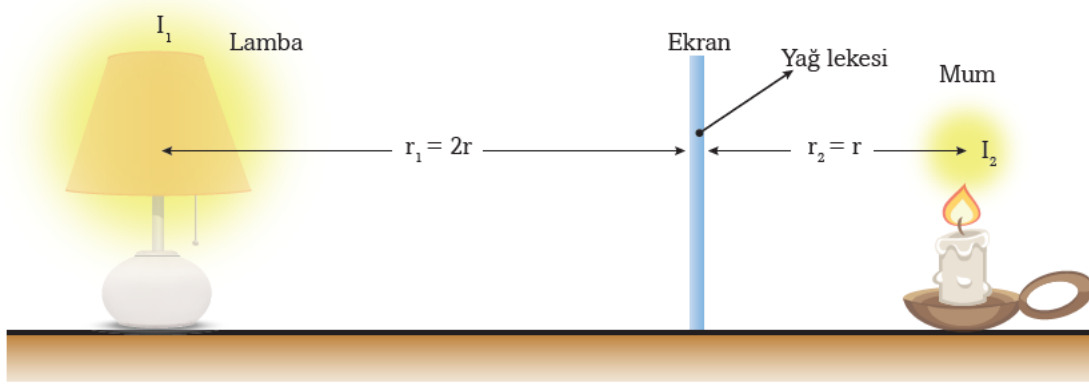
ÇÖZÜM

$E = \frac{I}{r^2}$ bağıntısına göre aydınlanma şiddeti kaynağın noktaya uzaklığının karesi ile ters orantılıdır. Bu nedenle mesafe ne kadar yakınsa aydınlanma o kadar büyüktür. Ayrıca aydınlanma ışık ışınlarının yüzey normali ile yaptığı açının kosinüsü (cos) ile doğru orantılıdır. Işık ışınlarının Y noktasının yüzey normali ile yaptığı açının cos'ü, Z noktasının yüzey normali ile yaptığı açının cos'ünden büyük olduğundan $E_X > E_Y > E_Z$ olur.



Fotometre

Ampul ve mumun bir ekranı aydınlattığı aşağıdaki resme bakınız. Lambanın ekrana uzaklığı mumun ekrana uzaklığının iki katıdır. Sizce ekranda aynı aydınlanma şiddetinin meydana gelmesi için lamba ve mumun ışık şiddetleri (I_1 ve I_2) arasında nasıl bir ilişki olmalıdır?



Görsel 4.20: Lambanın ışık şiddeti, mumun ışık şiddetinden daha büyük olduğu zaman ekranın her iki yüzünde de aydınlanma şiddetleri eşit olabilir. Sizce eşit aydınlanmalar için lambanın ışık şiddeti mumun kaç katı olmalıdır?

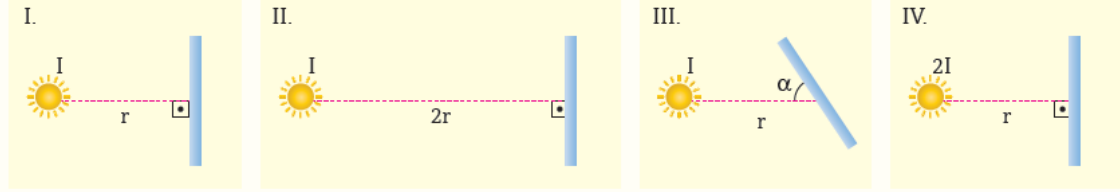
Aynı şiddete sahip iki kaynakla bir yüzeyde farklı aydınlanmalar meydana getirebileceğiniz gibi farklı şiddete sahip iki kaynakla da bir yüzey üzerinde eşit aydınlanma meydana getirebilirsiniz. Çünkü bir kaynağın bir yüzeyde meydana getirdiği aydınlanma hem ışığın şiddetine hem de yüzeyin kaynağa uzaklığına bağlıdır. Farklı ışık şiddetine sahip kaynakların bir yüzeyde meydana getirdikleri aydınlanmalar kıyaslanarak şiddeti bilinmeyen bir kaynağın ışık şiddetini belirlemek için kullanılan düzeneklere fotometre denir. Değişik fotometreler olmakla birlikte en çok kullanılan fotometreler yağ lekeli fotometrelerdir. Bu fotometrelerde ışık şiddetleri I_1 ve I_2 olan iki kaynağın yağ lekeli ekrana olan uzaklıkları değiştirilerek yapılan ayarlama sonucunda ekran üzerindeki yağ lekesinin görünmez olduğu mesafe belirlenir. Böylece ekranın her iki yüzeyinde eşit aydınlanmalar elde edilir. Bu durumda her iki kaynağın ekran üzerinde oluşturduğu aydınlanma şiddetleri eşit olur. Görsel 4.20'deki fotometrede ekranın her iki tarafındaki aydınlanma şiddetleri aynı ise lambanın ışık şiddeti mumun ışık şiddetinden dört kat daha fazla olmalıdır. Fotometreler için aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ÖRNEK PROBLEM

Bir öğrenci, noktasal bir ışık kaynağının oluşturduğu aydınlanma şiddetinin uzaklığa bağlı değişimini araştırmak istiyor. Buna göre öğrenci, aşağıdaki düzeneklerden hangilerini kurarak deneyini gerçekleştirebilir?



ÇÖZÜM

Öğrenci, aydınlanma şiddetinin uzaklığa bağlı olarak nasıl değiştiğini incelemektedir. Öyleyse öğrencinin sabit tutulan değişkeni ışık kaynağı olmalıdır. Yani deneyinin aşamalarında aynı ışık kaynağını kullanmalıdır. Öğrencinin değiştirmesi gereken, ışık kaynağı ile ekran arasındaki uzaklıktır. Bunun yanında öğrenci ekran ile ışık ışınları arasındaki açıyı da sabit tutmalıdır. Cevap I ve II'dir.

Tablo 4.1: Matematik ile ilişkilendirme

Matematik	Fizik
$y = \frac{x}{az^2}$ a : sabit reel sayıdır.	$E = \frac{\Phi}{4\pi r^2}$
• z sabit ise y, x ile doğru orantılıdır. • x artarsa y artar. • x azalırsa y azalır.	• r sabit ise E, Φ ile doğru orantılıdır. • Φ artarsa E artar. • Φ azalırsa E azalır.
• x sabit ise y, z^2 ile ters orantılıdır. • z^2 artarsa y azalır. • z^2 azalırsa y artar.	• Φ sabit ise E, r^2 ile ters orantılıdır. • r^2 artarsa E azalır. • r^2 azalırsa E artar.

Gölge ve Yarı Gölge

Çevrenizdeki bazı cisimler ışık kaynağı, bazıları da aydınlatılmış cisimdir. Bu cisimler, gözüne ışık ışınları ulaştığında görünür olurlar. Temiz bir pencere camından dışarıya baktığınızda arada cam olduğunu zor fark edersiniz. Hava ve cam gibi ışığı geçiren maddelere saydam madde denir. Işığı ileten ancak cisimlerin net bir şekilde görülebilmesine izin vermeyen maddelere ise yarı saydam madde denir. Buzlu cam, bazı ince perdeler yarı saydam maddelere örnektir. Odanızın duvarından dışarıya baktığınızda dışarıdaki manzarayı göremezsiniz. Duvar gibi ışığı geçirmeyen cisimlere saydam olmayan (**opak**) **maddeler** denir.

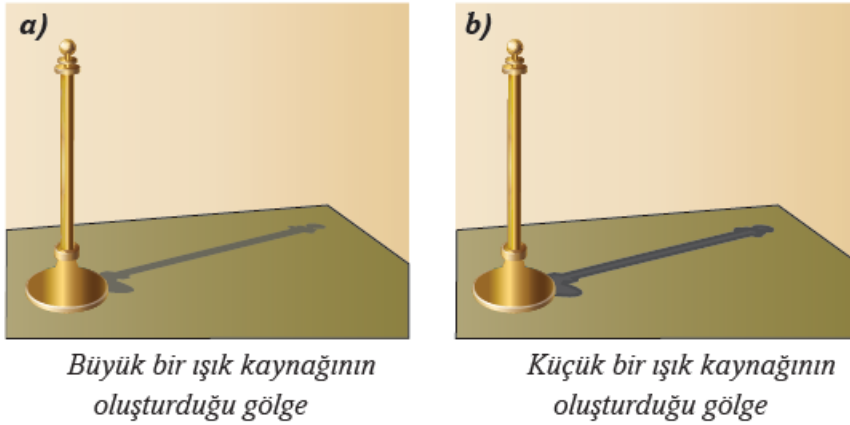
Saydam veya yarı saydam maddeler sadece ışığı geçirmez aynı zamanda ışığın bir kısmını da yansıtabilir. Örneğin akşamüstü karanlık basarken cam pencereden dışarı bakarsanız dışarıdaki manzaranın yanında kendinizi ve odadaki eşyaları görebilirsiniz.

İster saydam olsun ister saydam olmasın her cisim üzerine düşen ışığı yansıtır. Saydam olmayan bir cisim üzerine düşen ışığın bir kısmı yansırken bir kısmı da soğurulur. Bu nedenle cisimlerin gölgesi oluşur. Işık kaynağının özelliğine göre oluşan gölgede değişiklikler gözlenir.

Güneşli bir günde yoldaki gölgenizi inceleyiniz. Görsel 4.22'de görüldüğü gibi ayaklarınızın gölgesi ile üst bölgelerinizin gölgesi arasındaki keskinlik farkı dikkatinizi çekti mi? Bu fark Görsel 4.23'teki fotoğraflarda görülen uzun düşey bir çubuğun gölgesinde daha belirgindir. Cisimden gölgenin ucuna doğru gidildiğinde gölge genişleyip daha bulanık hale gelmektedir. Gölgenin bulanıklığı ışık kaynağına bağlıdır. Görsel 4.23.b çok küçük bir ışık kaynağının meydana getirdiği gölgeyi göstermektedir. Bu gölge çubuk boyunca Görsel 4.23.a'daki gölgeye göre daha keskindir. Küçük ışık kaynaklarının oluşturduğu gölgelerin daha keskin oluşu ışığın doğru boyunca yayıldığını gösterir. Güneş ışığının oluşturduğu gölgeler çok keskin değildir. Çünkü Güneş yüzeyindeki her nokta ışık yayar. Güneş'in oluşturduğu gölge, gerçekte tek gölge değil Güneş'in yüzeyindeki her noktadan gelen ışınların oluşturduğu gölgelerin bileşimidir.



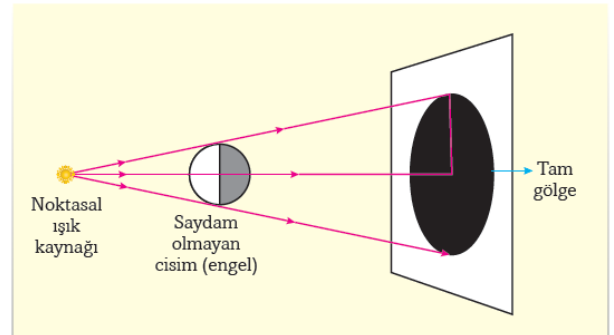
Görsel 4.22: Ayaklarınızdan yukarıya doğru çıktıkça gölgenizin keskinliği değişir.



Görsel 4.23: Gölge keskinliklerindeki farklılığa dikkat ediniz.

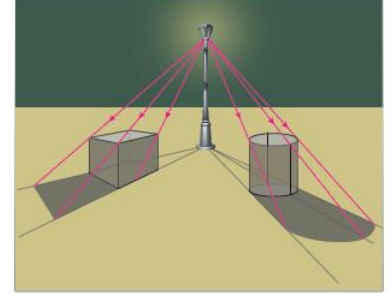
Gölgenin şekil ve büyüklüğü, cismin şekil ve büyüklüğüne bağlıdır. Bununla birlikte gölgenin şekli, ışık kaynağının türüne ve ışığın geliş açısına göre değişebilir. Ayrıca ışık kaynağı ile cisim ve cisim ile ekran arasındaki mesafenin değişmesi oluşan gölgenin büyüklüğünü ve şeklini etkiler. Gölge tam gölge ve yarı gölge olmak üzere ikiye ayrılır. Bir kaynaktan çıkan ışık ışınlarından hiçbirinin ulaşmadığı karanlık bölgeye tam gölge denir. Işık ışınlarının bir kısmını alan yarı aydınlık bölgeye ise yarı gölge denir. Işık ışınlarının tamamını alan bölgeye ise aydınlık bölge denir.

Görsel 4.24'te görüldüğü gibi noktasal ışık kaynağının önüne konulan saydam olmayan bir cismin arkasında tam gölge oluşur.



Görsel 4.24: Noktasal bir ışık kaynağının meydana getirdiği gölge

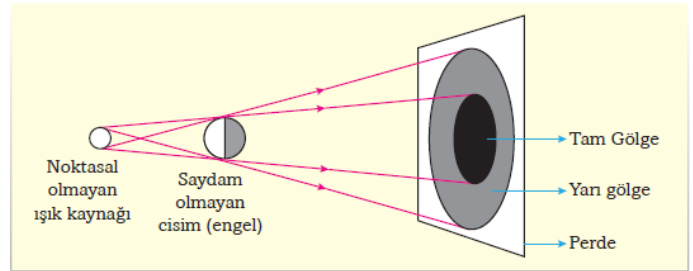
Kaynak ile cisim, cisim ile gölge arasındaki uzaklıklardan ve benzer üçgenlerden yararlanılarak tam gölgenin alanı bulunabilir. Noktasal bir ışık kaynağından saydam olmayan cisim üzerine gelen ışınlar ekran üzerinde sadece tam gölge oluşturur. Ekran üzerinde oluşan tam gölgenin şekli saydam olmayan cismin en büyük kesiti şeklindedir. Yani saydam olmayan cisim küre şeklinde ise ekran üzerindeki görüntüsü daire, engel küp şeklinde ise gölge kare şeklinde olur.



Görsel 4.25: Cismin şekline göre gölge oluşumu da değişir.

Ekran sabit tutulurken ışık kaynağı saydam olmayan cisme yaklaştırılırsa ekran üzerinde oluşan gölgenin büyüdüğü gözlenir. Tersine ışık kaynağı ve ekran sabit tutulurken saydam olmayan cisim ekrana yaklaştırılırsa ekran üzerinde oluşan gölgenin küçüldüğü gözlenir.

Noktasal kaynak yerine küresel bir kaynak kullanıldığında oluşan gölgenin mahiyeti değişir. Bu durumda Görsel 4.26'da görüldüğü gibi meydana gelen gölgede iki kısım oluşur. Bunlardan içteki tam karanlık olan bölge tam gölge, dıştaki yarı karanlık olan bölge ise yarı gölgedir.



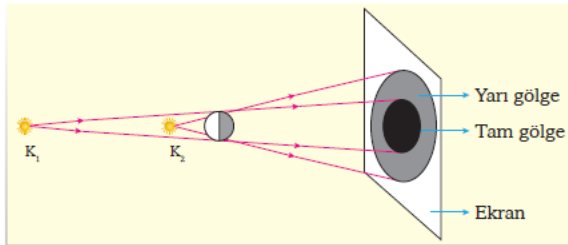
Görsel 4.26: Küresel bir ışık kaynağının meydana getirdiği tam gölge ve yarı gölge

Tam ve yarı gölge olaylarını Güneş ve Ay tutulmaları olaylarında gözlemlemek mümkündür (Görsel 4.27). Dünya ve Ay hem kendi etrafında dönerlerken hem de Güneş etrafında dolanırlar. Bu dönüş sırasında bazen Dünya, Güneş ile Ay arasına girer bazen de Ay, Dünya ile Güneş arasında girer.

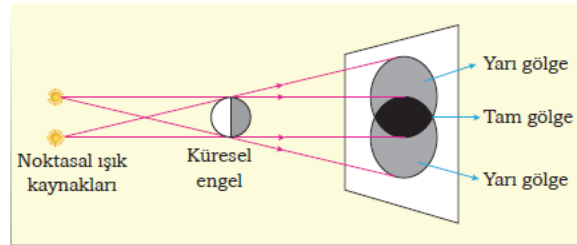


Görsel 4.27: Güneş tutulmasının uzaydan çekilmiş bir fotoğrafı. Dünya üzerindeki karanlık görülen bölge Ay'ın gölgesidir.

Noktasal ve küresel ışık kaynakları ve saydam olmayan cisim yardımıyla ekran üzerinde farklı gölgeler elde edilebilir. Görsel 4.28 ve Görsel 4.29'daki şekilleri inceleyerek ekran üzerinde oluşan gölgelerin özelliklerini inceleyiniz.

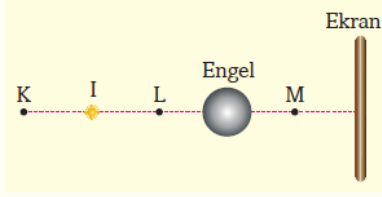


Görsel 4.28: Aynı yatay doğru üzerindeki iki noktasal ışık kaynağının önüne konulan küresel saydam olmayan cismin ekranda hem gölgesi hem de yarı gölgesi oluşur.



Görsel 4.29: Aynı düşey doğru üzerinde duran iki noktasal ışık kaynağının önüne konulan küresel saydam olmayan cismin ekranda oluşturduğu gölgeler, tam bir daire olmaz, sağ ve soldan basık oval bir görünüme sahip olur. Kaynakların her ikisinden ışık alamayan ara kesit bölgesi tam gölge, diğer kısımlar ise yarı gölgedir.

ÖRNEK PROBLEM



Noktasal I ışık kaynağı ve saydam olmayan küresel bir engel ile ekran üzerinde bir gölge oluşturulmaktadır. Buna göre;

- I. Işık kaynağını K'ya koymak,
- II. Işık kaynağını L'ye koymak,
- III. Engeli M'ye koymak

işlemlerinden hangileri tek başına yapılırsa ekran üzerindeki gölgenin küçülmesine sebep olur?

ÇÖZÜM

I. Ekran sabit tutulurken ışık kaynağı cisme yaklaştırılırsa ekran üzerindeki gölge büyür. Tersine ışık kaynağı cisimden uzaklaştırılırsa ekran üzerindeki gölge küçülür. Bu bilgiler ışığında ışık kaynağını engelden uzaklaştırmak yani K'ye koymak gölgenin küçülmesine sebep olur. Bununla birlikte perde ve kaynak sabit tutulurken engeli M'ye koymak yani ışık kaynağından uzaklaştırmak ekranda oluşan gölgenin küçülmesine sebep olur. Doğru cevap I ve III maddeleridir.

10.Sınıf Fizik Konu Özetleri

4.Ünite : Optik
2.Bölüm : Yansıma ve Aynalar

Yansıma

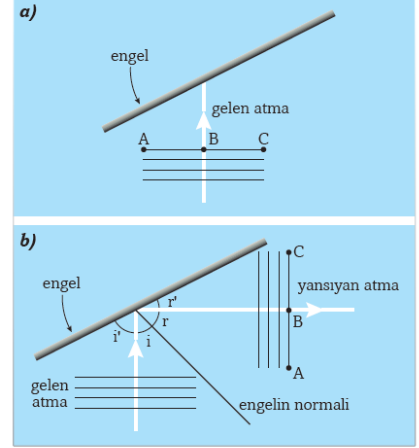
Dalga leğeninde bir cetvelle oluşturulan doğrusal bir atmayı göz önüne alınız. Görsel 4.33, bu atmanın dalga leğeninde bulunan ve atmayla belli bir açı yapan engelden nasıl yansıdığını göstermektedir. Atmanın önce A noktası daha sonra B noktası (ortası), en son C noktası engele çarpıp yansır. Bu olayın aynalarda ışığın yansımasını ifade eden kanuna benzediğini göreceksiniz.

Görsel 4.33.b'de görüldüğü gibi gelen atma engelle i' açısı, yansıyan atmada r' açısı yapmaktadır. Dalga leğeninde böyle bir deney yapar ve i' ile r' açılarını ölçerseniz her zaman $i' = r'$ olduğunu görürsünüz. Ortaokul yıllarında aynalarda gelme açısının yansıma açısına eşit olduğunu öğrendiniz. Optikte gelme açısı ve yansıma açısı, ışınların yüzey normali ile yaptıkları açılar olarak tanımlanır. Su dalgalarının yayılma doğrultusunun dalga tepelerine dik olduğunu hatırlayınız. Bu durumda su dalgalarında da i gelme açısıyla r yansıma açısını aynı şekilde tanımlayarak $i = r$ bağıntısı hâlinde yazabilirsiniz. Bu bağıntı gelme açısının yansıma açısına eşit olduğunu ifade etmektedir. Görsel 4.34'te görüldüğü gibi yansıma kanunları ses dalgalarında da geçerlidir.

Görsel 4.35, dairesel bir su dalgasının düz bir engelden tekrar dairesel şekilde yansıdığını göstermektedir. Yansıyan dalganın merkezinin engelin gerisinde olduğunu ve engele uzaklığının gelen dalganın kaynağı ile engel arasındaki uzaklığa eşit olduğunu öğrendiniz. Görsel 4.35'te görüldüğü gibi yansıyan atma sanki engelin gerisinde bulunan bir dairenin merkezindeki kaynaktan geliyormuş gibidir. Bu olay optikte düz aynanın önünde bulunan bir cismin görüntü oluşumuna benzer. Yani aynadan yansıyan ışık aynanın gerisindeki bir noktadan geliyormuş gibi görünür.

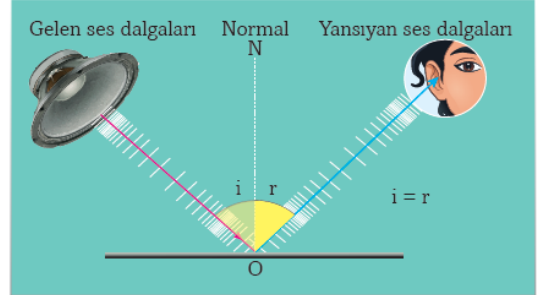
Yansıma Kanunları

Birçok maddeyi o maddenin yüzeyinden yansıyarak gözünüze ulaşan ışınlar sayesinde görürsünüz. Örneğin Ay'ı görebilmeniz, Güneş'ten gelen ışınların Ay yüzeyinden yansıyarak gözünüze ulaşması sayesinde. Yansıma olayında ışığın hiçbir özelliği değişmez, sadece hareket yönü değişir.

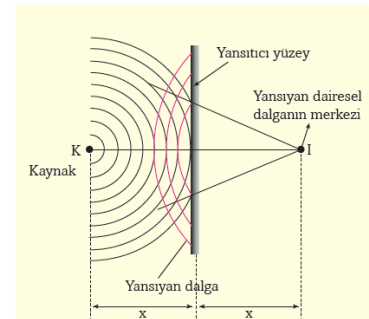


Görsel 4.33: a) Doğrusal bir atmanın düz engele çarptıktan sonra yansıması

b) Doğrusal bir atmanın düz bir engelden yansıması ışığın yansımasına benzer. Gelme açısı (i) yansıma açısına (r) eşittir.

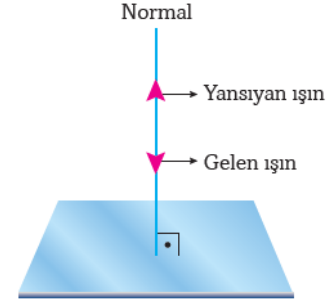


Görsel 4.34: Yansıma kanunları ses dalgalarında da geçerlidir.



Görsel 4.35: Dairesel dalganın düz engelden yansıması

Işık ışını, bir ortamda ilerlerken başka bir ortama rastladığı zaman geldiği ortama döner. Yani yansır. Yansıtıcı bir yüzeye gönderilen ışık ışınına gelen ışın, yüzeye çarptıktan sonra geldiği ortama geri dönen ışık ışınına da yansıyan ışın adı verilir. Yüzey ile 90° lik açı yapacak şekilde çizilen hayali çizgiye de yüzeyin normali denir. Yansıtıcı yüzeye dik gelen (normal doğrultusunda) ışın, kendi üzerinden geri yansır. Yansıtıcı yüzeye herhangi bir açıyla gelen ışın bu yüzeyden aynı açı ile yansır. Yansımak üzere aynaya yöneltilen ışınlar, ters taraftan gönderildiğinde yine aynı yolu takip eder. Işık ışınlarının burada olduğu gibi geldiği yoldan geri dönme özelliğine tersinir özellik denir. Gelme açısı 0° olduğundan yansıma açısı da 0° olur.

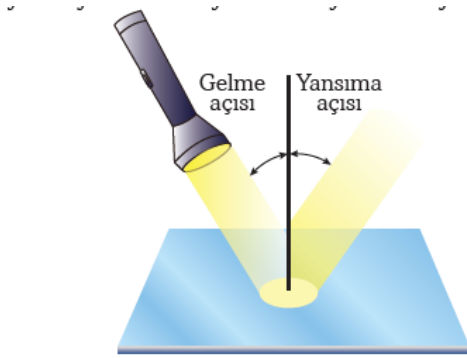


Görsel 4.36: Bir yüzeye normal doğrultusunda yani dik gelen ışınlar kendi üzerinden geri yansır.

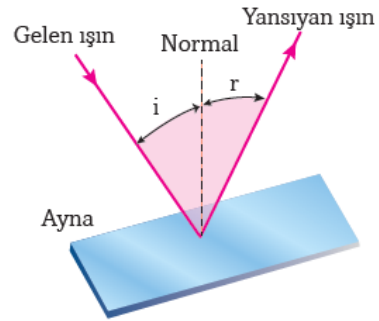
Tüm yansıma olaylarında;

- Gelen ışın, normal ve yansıyan ışın aynı düzlemde bulunur.
- Gelme açısı yansıma açısına eşittir.

Bu ifadeler yansıma kanunları denir. Aşağıdaki şekilleri dikkatle inceleyerek yansıma olayını daha iyi anlamaya çalışınız.



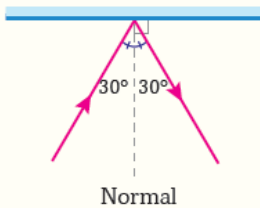
Görsel 4.37: Bir ışık ışınının bir düzlem aynadaki yansıması



ÖRNEK PROBLEM

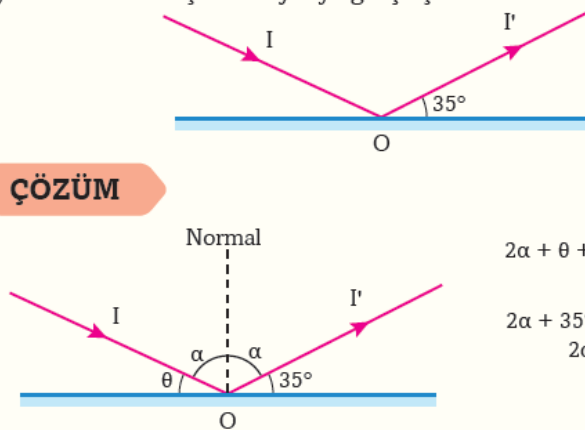
1. Bir düz aynaya 30° lik gelme açısıyla gönderilen bir ışık ışınının yansıdıktan sonraki görüntüsünü çizin.

ÇÖZÜM



2. Düzlem aynaya gönderilen I ışını şekildeki gibi I' olarak yansımaktadır. I ışınının aynaya geliş açısını bulunuz.

ÇÖZÜM



$$\begin{aligned}
 2\alpha + \theta + 35^\circ &= 180^\circ \\
 \theta &= 35^\circ \text{ dir.} \\
 2\alpha + 35^\circ + 35^\circ &= 180^\circ \\
 2\alpha + 70^\circ &= 180^\circ \\
 2\alpha &= 110^\circ \\
 \alpha &= 55^\circ
 \end{aligned}$$

Yansıma Türleri

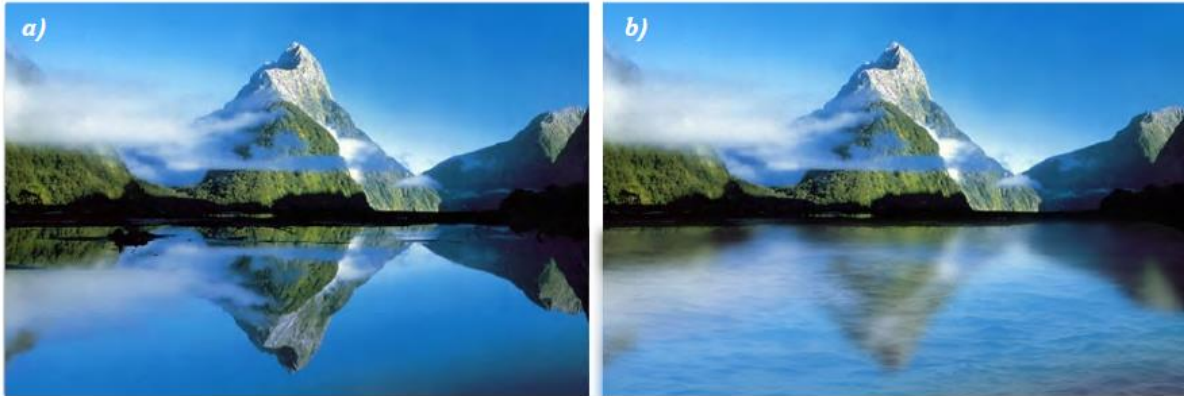
Işığın bir aynadan ve bir duvardan yansımısını düşününüz. Her iki durumda ışık yansıma kanunlarına göre yansır.

Bir ayna pürüzsüz diyebileceğimiz bir yüzeye sahiptir. Bununla birlikte yüzey üzerine çok uzaktan gelen ışınlar birbirine paralel kabul edilir. Yandaki şekilde görüldüğü gibi ayna pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğundan yansıyan ışınlar da birbirine paralel olacaktır. Yandaki çaydanlık fotoğrafında görüldüğü gibi cisimlerin bir yüzeyde net görüntülerinin oluşması için düzgün yansımanın gerçekleşmesi gerekir.

Cisimlerin yüzeylerinin farklı yapıya sahip olması, onların ışığı farklı biçimlerde yansıtmalarına sebep olur. Yüzey ne kadar pürüzlü olursa yansıma da o oranda dağınık olacaktır.

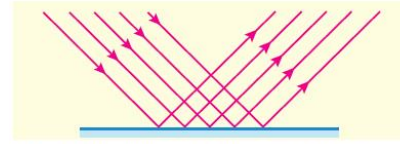
Duvar gibi yüzeyler pürüzsüz yapıya sahip değildir. Görsel 4.40'taki şekilde görüldüğü gibi düzgün olmayan yüzeylere gelen ışık ışınları birbirine paralel olmasına rağmen yüzeyden yansıyan ışınlar her doğrultuda yansımıştır. Bu yansımaya dağınık yansıma denir. Eğer bir yüzeyden yansıyan ışınlar düzgün yansımıyorsa ışığın geldiği kaynağı net bir şekilde görmek mümkün değildir.

Görsel 4.41.a'da görüldüğü gibi dalgasız düz bir göl yüzeyinde meydana gelen yansıma hemen hemen düzgün bir yansımaya örnektir. Ancak aynı göl Görsel 4.41.b'de görüldüğü gibi dalgalı olsaydı aşağıdaki fotoğrafta görüldüğü gibi dağınık yansıma söz konusu olacaktı.



Görsel 4.41: a) Dalgasız göl yüzeyinde yansıma b) Dalgalı göl yüzeyinde yansıma

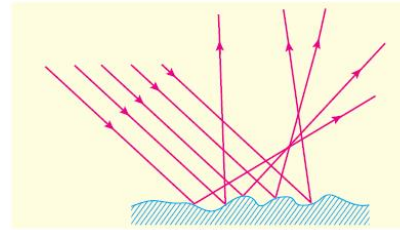
Aynada oluşan görüntünüz gibi düzgün bir görüntü elde etmek istiyorsanız dağınık yansıma, istenen bir durum değildir. Örneğin Görsel 4.42'deki fotoğrafta görüldüğü gibi teleskoplarda kullanılan aynaların parlak ve pürüzsüz olması istenir. Bu sebeple bu aynaların imalatında çalışan mühendisler, çok hassas ve dikkatli çalışmak zorundadırlar. Bununla birlikte yaşadığınızda dağınık yansımanın çok önemli bir yeri vardır. Eğer güneş ışığı, düzensiz



Görsel 4.38: Pürüzsüz bir yüzeyden yansıma



Görsel 4.39: Bu çaydanlık parlak bir yüzeye sahiptir. Bu sebeple ışık, yüzeyden düzgün yansır. Çaydanlık da parlak görünür.



Görsel 4.40: Pürüzlü yüzeylerde ışık ışınlarında çok fazla saçılma vardır. Bu sebeple bu yüzeylerde dağınık yansıma meydana gelir.

yüzeylerden ve havadaki toz parçacıklarından saçılmasaydı sadece doğrudan güneş ışığına maruz kalan cisimleri görebilecektiniz.

Kısaca, dağınık yansıma sonucu şunlar olur:

- Daha geniş bir alandaki cisimlerin renkleri ve şekilleri görünebilir.
- Cisimler mat görünürler.
- Cisimlerin bir yüzeyde net görüntüsü oluşmaz.



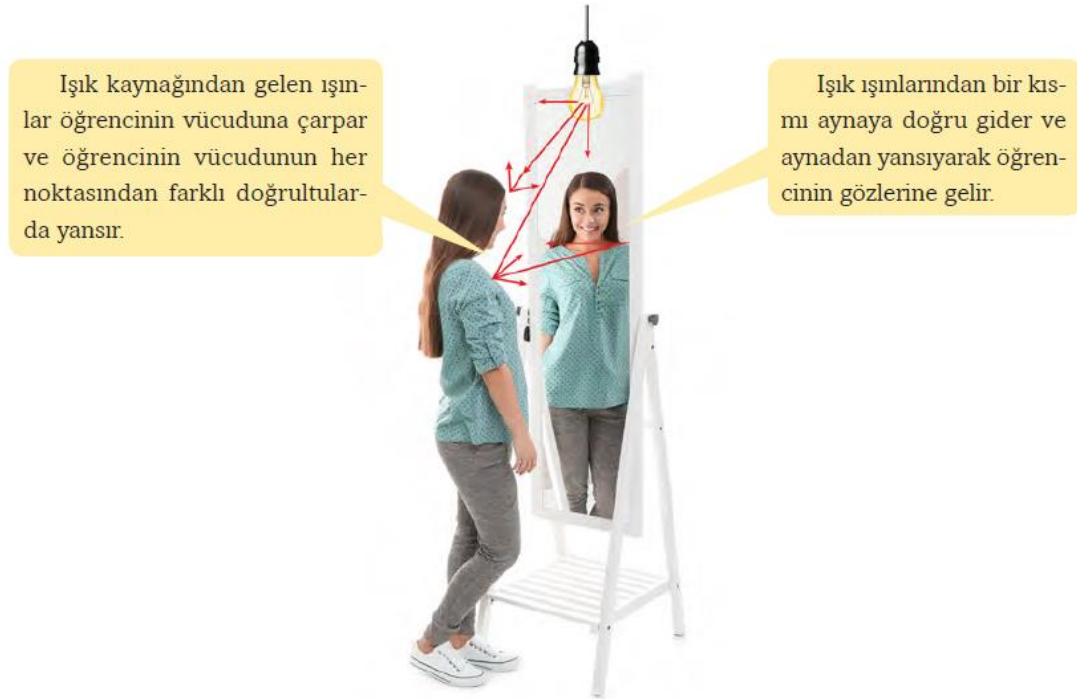
Görsel 4.42: Teleskoplar için en önemli parça aynadır. Aynanın çok hassas ve pürüzsüz olması gerekir. Resimde James Web Uzay Teleskobu'nun aynasının yapımında çalışan bilim insanları görülmektedir.

Düzlem Aynada Görüntü Oluşumu

Düzlem ayna yansıtıcı yüzeyi düz ve pürüzsüz olan bir aynadır. Genellikle cam levhaların bir yüzü, ince bir gümüş tabaka ile kaplanarak düz aynalar elde edilir.

Bir yansımanın özelliklerini anlamak için aynada yansıtacak nesneyi ve o nesnenin görüntüsünün özelliklerini göz önünde bulundurmalısınız. Aynada görüntüsü incelenecek nesne ampul gibi bir ışık kaynağı olabileceği gibi öğrenci de olabilir.

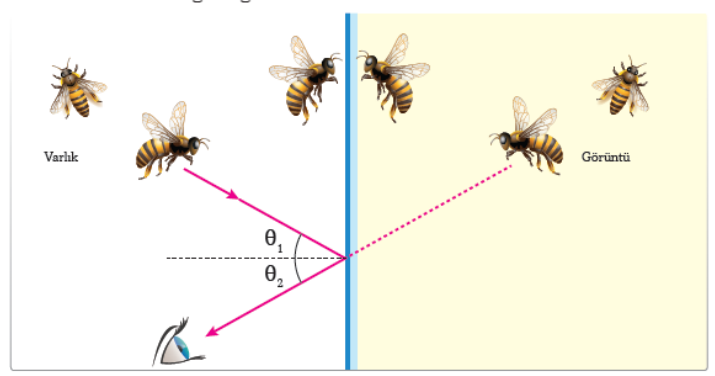
Görsel 4.44, düzlem aynada bir görüntünün nasıl oluştuğunu göstermektedir. Bir ışık kaynağından gelen ışık ışınları öğrenciye çarpmaktadır. Işık ışınlarının çarptığı her nokta bu ışınları yansıtır. Böylece yansıyan ışınlar her yöne doğru yayılır. Eğer siz bu öğrenciye bakarsanız öğrenciden gelen yansımış ışınlar sizin gözlerinize ulaşır ve öğrenciyi görürsünüz. Ancak öğrenci ile sizin aranızda bir düzlem ayna yerleştirilirse ışık ışınları aynadan tekrar yansır ve öğrenci aynada kendisini görür.



Görsel 4.44: Bir aynada kendinizin bir görüntüsünü görmek iki yansıma olayı sayesinde gerçekleşir.

Görsel 4.45'te yer alan arıyı düşününüz. Bir ışık kaynağından gelen ışık, arının üstündeki bir noktadan yansımaktadır. Yansıyan bu ışık sizce yoluna nasıl devam eder?

Işığın bir kısmı arıdan aynaya gider, buradan yansır ve yansıyan bu ışığın bir kısmı gözlemcinin gözlerine çarpar. Ancak gözlemcinin beyni bu ışığı sanki düz bir yoldan geçiyormuş gibi algılar. Yani gözlemcinin beyni ışığın kesik çizgiler ile gösterilen yolu izleyerek aynanın arkasındaki bir noktadan geldiğini zanneder.



Görsel 4.45: Arıdan gelen ışınlar aynadan yansıyarak göze gelir. Gözlemci bu ışınların aynanın arkasındaki bir noktadan geldiğini zanneder.

Gerçekte Görsel 4.45'teki gözlemci, arının üzerindeki birçok noktadan gelen ışık ışınlarının aynadan yansımaları görür. Yansıyan ışık ışınları tarafından oluşturulan görüntü noktalarının bileşimi arının görüntüsünü oluşturur. Aynadan yansıyarak göze gelen ışınların aynanın arkasından geliyor gibi görünmesi, görüntünün de aynanın arkasında oluşmasını sağlar. Görsel 4.45'te görüldüğü gibi gerçekte görüntünün bulunduğu yere ışık ışınları ulaşmaz. Sadece aynadan yansıyan ışınların uzantıları buralarda kesişir. Işık ışınların uzantılarının kesiştiği yerlerde oluşan görüntülere sanal görüntü denir.

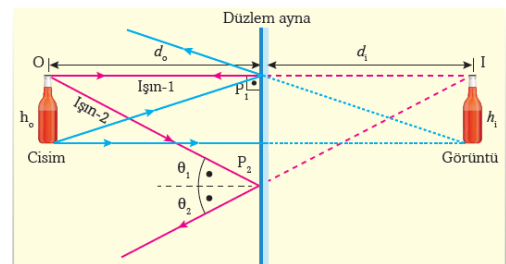
Düzlem Aynaların Özellikleri

Bir düzlem aynaya baktığınızda görüntünüzün de sizin gibi dik ve düz durduğunu görürsünüz. Aynaya doğru hareket ederseniz, görüntünüz de aynaya doğru hareket eder. Aynadan uzaklaşırsanız, görüntünüz de uzaklaşır. Bununla birlikte görüntünüzün aynaya uzaklığının sizin aynaya uzaklığınız ile aynı mesafede olduğunu düşünürsünüz.

Vücudunuz ile ayna arasına bir cetvel veya metre yerleştiriniz. Görüntünüz ile ayna arasındaki mesafenin de aynı olduğunu aynadaki cetvel görüntüsünden fark ettiniz mi? Eğer aynadan 1 m uzaktaysanız görüntünüz aynanın arkasında ve aynaya 1 m uzaklıktadır. Görüntü ve sizin aranızdaki mesafe ise 2 m'dir. Aslında, aynada gördüğünüz sizden 2 m uzakta duran sizin görüntünüzdür.

Düzlem aynada vücut boyutunuz ile aynı özellikte görüntü elde edilir. Düzlem aynalar sizin görüntünüzün simetriğini verirler. Eğer ayna karşısında amuda kalkmış bir vaziyette duruyorsanız, aynadaki görüntünüz de amuda kalkmış şekildedir. Bununla birlikte sizin ve görüntünüzün düzlem aynadaki görüntüsü arasında bir fark vardır. Sol ve sağ taraflar düzlem aynada yer değiştirmiş gibi görünür.

Görsel 4.46: Işık ışınları (ikisi gösterilmektedir) cisimden ayrılır. Işınlardan bazıları aynaya çarparak göze yansır. Cisimden çıkan bütün ışınlar aynada yansırken uzantılarının kesiştiği yerde görüntü oluşur. Cismin aynaya uzaklığı ile görüntünün aynaya uzaklığı eşittir ($d_o = d_i$).



Görsel 4.46: Işık ışınları (ikisi gösterilmektedir) cisimden ayrılır. Işınlardan bazıları aynaya çarparak göze yansır. Cisimden çıkan bütün ışınlar aynada yansırken uzantılarının kesiştiği yerde görüntü oluşur. Cismin aynaya uzaklığı ile görüntünün aynaya uzaklığı eşittir ($d_o = d_i$).

Görsel 4.46'da görüldüğü gibi şişenin ucundaki O noktasından iki ışın çıkarak P_1 noktasında ve P_2 noktasında aynaya çarpmaktadır. Her iki ışın yansıma kanunlarına göre yansır. Yansıyan ışınların uzantıları aynanın arkasında I noktasında kesişir. Bu nokta O noktasının görüntüsüdür. 1. ışın aynaya 0° lik bir gelme açıyla çarptığı için kendi üzerinden yansır. 2. ışın ise belli bir gelme açısıyla aynaya çarpar ve aynı açıyla yansır. **Görsel 4.46**'da görüldüğü gibi $\widehat{OP_1P_2}$ ve $\widehat{IP_1P_2}$ üçgenleri benzer ve eşit üçgenlerdir. Benzerlikten yararlanarak cismin aynaya göre konumu olan OP_1 'in uzunluğunun görüntünün aynaya göre görünen konumu IP_1 'in uzunluğuna eşit olduğu sonucu çıkarılır. Görüntü konumunun sanal olduğunu belirtmek için negatif işareti konularak

$$d_o = -d_i$$

yazılabilir.

Yansıma kanunları ve benzer üçgenleri kullanarak cisim boyu ve görüntünün boyu için

$$h_o = h_i$$

yazılabilir.

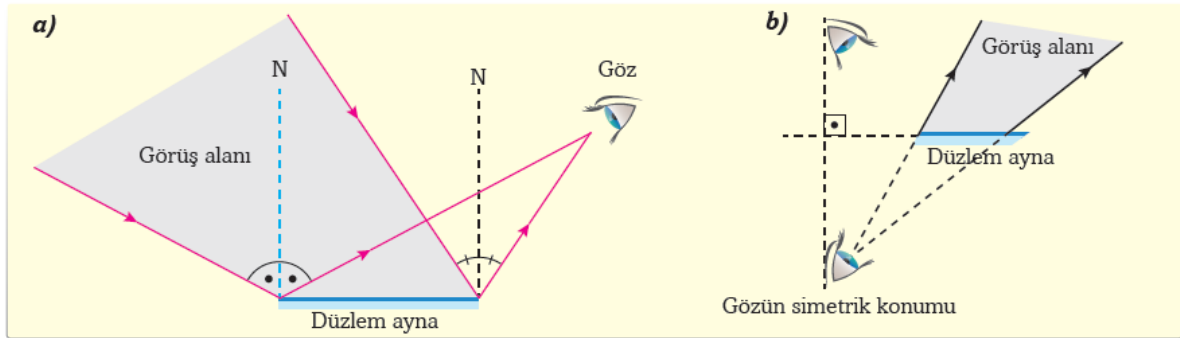
Kısaca düzlem aynadaki görüntünün özellikleri şöyledir:

- Cismin görüntüsü aynanın içinde (sanal) oluşur.
- Cisim ve görüntüsünün aynaya uzaklıkları eşittir.
- Cisim ve görüntüsünün boyları eşittir.

Görüş Alanı Nedir?

Bir cisimden, doğrudan ya da yansıyarak gelen ışınlar gözünüze ulaşırsa o cismi görürsünüz. Cisimden gelen ışınlar gözünüze ulaşamazsa o cismi göremezsiniz. Bir düzlem aynaya bakan kişinin ayna aracılığıyla görebildiği bölgeye görüş alanı denir.

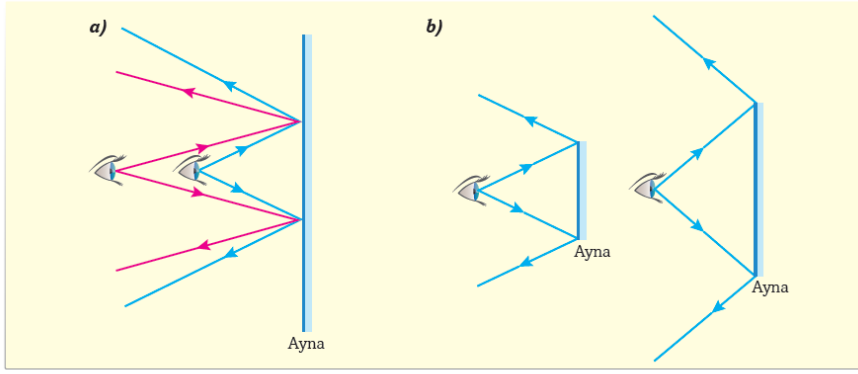
Görüş alanını bulmak için Görsel 4.47.a'da görüldüğü gibi gözden aynanın uçlarına en az iki ışın gönderilir. Yansıyan bu ışınlar arasındaki bölge, gözün aynadaki görüş bölgesidir. Düzlem aynada görüş alanını bulmanın bir başka yolu da Görsel 4.47.b'de görüldüğü gibi gözün aynaya göre simetrik konumundan aynanın iki ucuna ışın göndermektir.



Görsel 4.47: Düzlem aynada görüş alanı

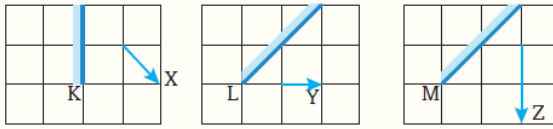
Düzlem aynada görüş alanı, gözlemcinin aynadan olan uzaklığı ve aynanın büyüklüğüne bağlıdır. Görsel 4.48.a, aynı aynaya farklı uzaklıklardan bakan iki gözü göstermektedir. Görüş alanı gözün aynaya olan uzaklığı ile ters orantılıdır.

Görsel 4.48.b ise görüş alanının aynanın boyuna bağlılığını göstermektedir. Görsel 4.48.b'de farklı büyüklüklerdeki iki aynaya aynı mesafeden bakan iki gözü göstermektedir. Görüş alanı aynanın boyuyla doğru orantılıdır.



Görsel 4.48: a) Aynaya yakın olan gözün görüş alanı daha geniştir. b) Ayna büyüdükçe görüş alanı artar.

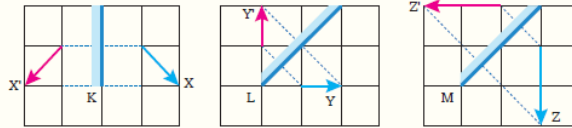
ÖRNEK PROBLEM



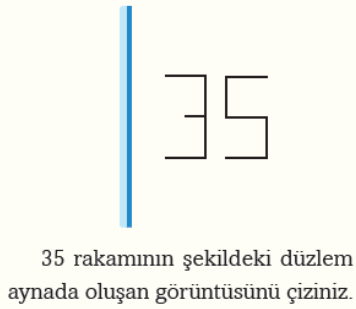
K, L ve M düzlem aynaların önüne konulan X, Y ve Z cisimlerinin görüntülerini çiziniz.

ÇÖZÜM

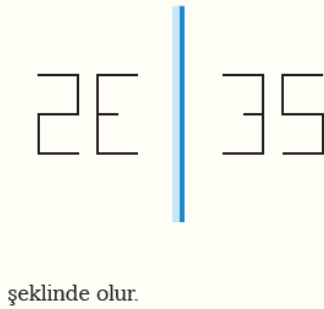
Cisimlerin düzlem aynada görüntüsünü bulmak için her bir cismin uçlarından aynaya dik ışınlar gönderilmelidir.



ÖRNEK PROBLEM



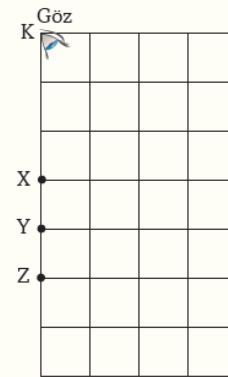
ÇÖZÜM



şeklinde olur.

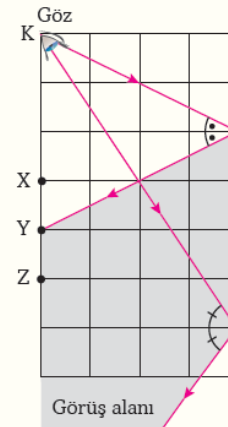
ÖRNEK PROBLEM

K noktasında bulunan bir göz düzlem aynaya bakarsa X, Y ve Z cisimlerinden hangilerinin görüntüsünü görebilir?



ÇÖZÜM

Gözden aynanın üst ve alt kenarlarına ışınlar gönderip yansıma kanunlarına göre yansıtırsanız, görüş alanı içinde kalan tüm cisimler görünür. Dolayısıyla Y ve Z cisimleri görülebilir.



Küresel Aynalar

Dünya'nın bazı bölgelerinde bulunan bu termal güneş enerjisi santrallerinde, küresel aynalar kullanılarak güneş ışınları belli bir noktaya iletilmekte, bu noktada bulunan yağ, su vb. özel sıvılar ısıtılarak termik santrallerde olduğu gibi buhar basıncı vasıtası ile elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Benzer şekilde siz de ucuz küresel aynalar kullanarak bahçenizde güneş ışınlarıyla yemek pişirebilirsiniz.

Benzer şekilde astronomlar uzak gök cisimlerinden gelen ışığı toplamak için teleskoplarındaki büyük küresel aynaları kullanırlar. Böylelikle gözle görülemeyen gök cisimlerinin fotoğraflarını çekebilmektedirler.

Işık ışınları düzlem aynalarda toplanamaz. Çünkü bir düzlem aynada ışık ışınları, düzlem aynanın arkasındaki sanal görüntüden geliyormuş gibi birbirinden uzaklaşarak yansır. Düzlem aynaların aksine küresel aynalar kullanarak aynı kaynaktan çıkan birçok ışın demetini uzayın bir noktasında kesiştirerek görüntüyü bir ekran üzerine düşürebilirsiniz.

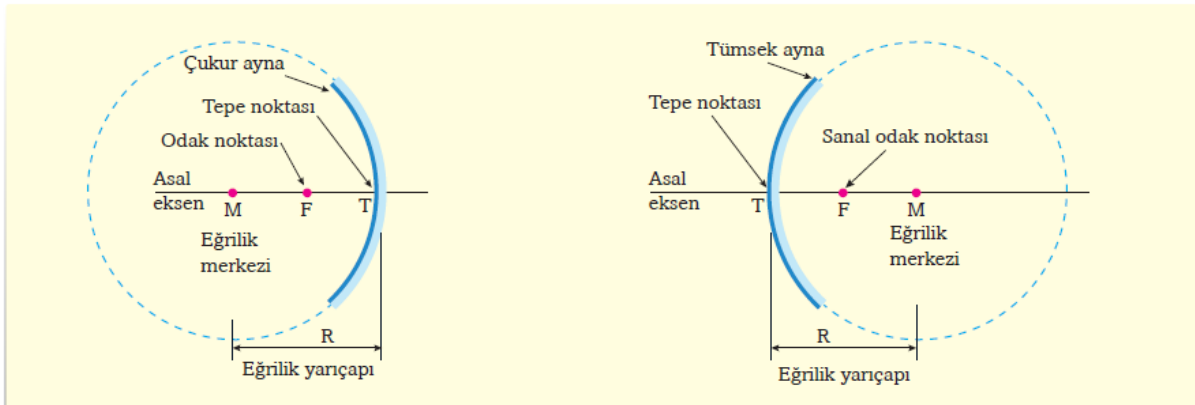
Çukur ve Tümsek Aynalar

Her gün yemek yediğiniz bir kaşığın yüzeyine bakarsanız, buradaki ışık yansımalarının bir düzlem aynadakinden farklı olduğunu anlarsınız. Kaşık kavisli bir ayna görevi görür. Kaşığın iç yüzeyi çukur dış yüzeyi ise tümsek bir yüzeye sahiptir. Kavisli aynaların oluşturdukları görüntülerin özellikleri, aynanın şekline ve nesnenin konumuna bağlıdır.

Parlak bir kaşığın yiyecekleri tuttuğu taraftaki yüzeyi içbükey, dış tarafı ise dışbükey bir ayna gibi davranır. Bir aynanın parlak yüzeyi gözlemciye doğru olacak şekilde içe doğru kıvrılırsa elde edilen bu aynaya çukur (içbükey) ayna denir. Tersine aynanın parlak yüzeyi dışa doğru kıvrılırsa elde edilen aynaya tümsek (dışbükey) ayna denir.

Çukur ve tümsek aynalar düzlem aynalar gibi ışık dalgalarını yansıtarak görüntü oluşumu sağlarlar. Aradaki fark çukur ve tümsek aynaların kavisli yüzeyinin ışığı düzlem aynadan farklı şekilde yansıtmasıdır.

Aynanın eğriliğine göre küresel aynaların özellikleri birbirinden farklılık gösterir. Görsel 4.53'te görüldüğü gibi küresel aynalar iç veya dış yüzeyi yansıtıcı olan içi boş bir kürenin bir bölümüymüş gibi düşünülebilir.



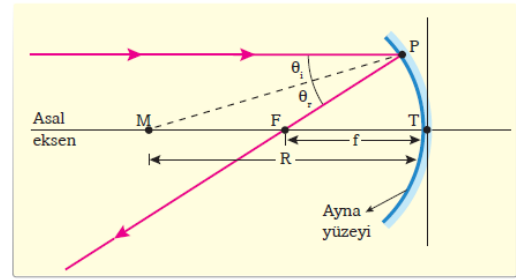
Görsel 4.53: Küresel aynalar içi boş bir kürenin iç veya dış yansıtıcı yüzeyleri gibi düşünülebilir.

Görsel 4.53'ten de görüldüğü gibi küresel aynalar, M merkezine ve R eğrilik yarıçapına sahiptir. Aynanın merkezinden geçen ve aynayı ikiye bölen çizgiye asal eksen denir. Asal eksen çizgisi aynanın yüzeyine diktir.

Asal eksenin küresel aynayı kestiği noktaya tepe noktası denir ve T ile gösterilir. Çukur aynada asal eksene paralel gelip aynadan yansıyan ışınların asal eksenle kesiştiği noktaya odak noktası denir ve F ile gösterilir. Odak noktası merkez noktası ile tepe noktasının tam ortasıdır. Çukur aynada odak noktası aynanın parlak yüzeyinin önünde yer alırken tümsek aynalarda ise parlak yüzeyin arkasında yer alır. Küresel aynalarda odak noktası (F) ile tepe noktası (T) arasındaki uzaklığa odak uzaklığı denir, f ile gösterilir.

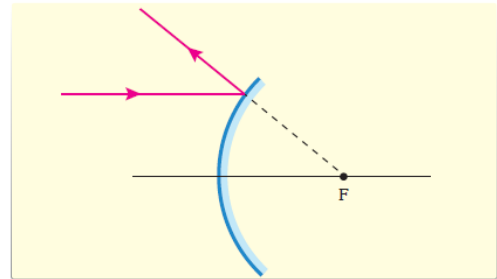
Bir çukur aynanın asal eksenini Güneş'e doğru tuttuğunuzda ışık ışınları, tek bir noktadan geçecek şekilde yansır. Beyaz bir kâğıdı çukur aynaya doğru ileri geri hareket ettirerek bu noktayı tespit edebilirsiniz. Kâğıt üzerinde oluşan en küçük ve en parlak nokta aynanın odak noktasıdır. Bu nokta, asal eksene paralel düşen ışık ışınlarının aynadan yansıdıktan sonra birleştiği noktadır. Güneş çok uzakta olduğu için paralel ışık ışınlarının kaynağıdır.

Işık kaynağı çok uzaktaysa oradan gelen ışınlar arasındaki açı küçüldür. Dolayısıyla yeryüzüne ulaşan ışınların hepsi pratik olarak birbirine paraleldir. Bir ışın bir aynaya çarptığında yansıma kanunlarına göre yansır. Görsel 4.54, asal eksene paralel gelen bir ışının çukur aynadan yansımasını göstermektedir. Işının aynaya çarptığı nokta merkez noktası ile birleştirilerek ayna yüzeyinin normali çizilir.



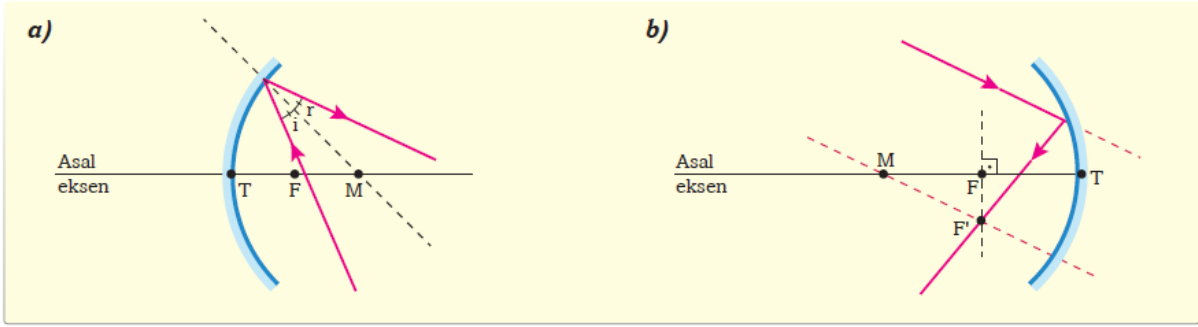
Görsel 4.54: Çukur aynada asal eksene paralel gelen ışınlar odak noktasından geçecek şekilde yansır.

Gelen ışının normal ile yaptığı açıya eşit olacak şekilde ($\theta_i = \theta_r$) yansıyan ışın çizilir. Asal eksene paralel gelen ışın için yansıyan ışın odakta geçecektir. Görsel 4.55 ise bir ışının tümsek aynadan yansımasını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi tümsek aynada yansıyan ışının uzantısı aynanın odağından geçer. Küresel aynalara rastgele gönderilen herhangi bir ışının yansımasında da bu kural geçerlidir (Görsel 4.56.a ve Görsel 4.57.a).

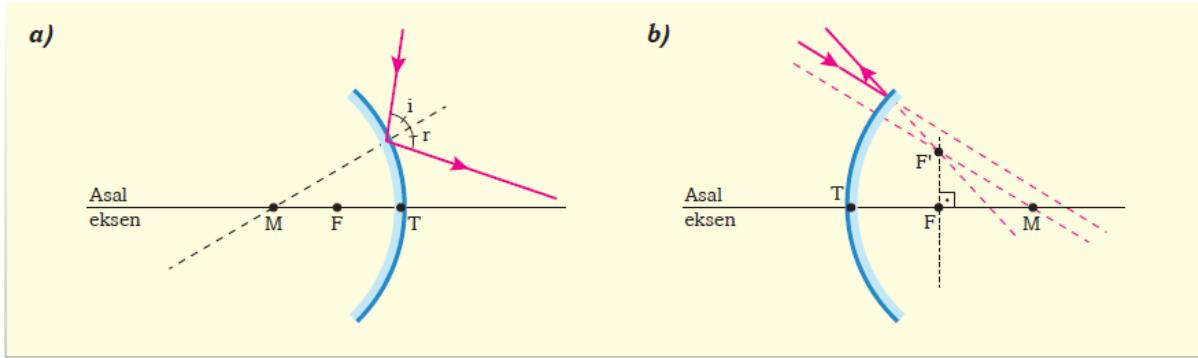


Görsel 4.55: Tümsek aynada asal eksene paralel gelen ışınlar uzantısı odak noktasından geçecek şekilde yansır.

Ancak küresel aynalara gönderilen herhangi bir ışının yansımasının çiziminde başka bir metot daha vardır. O da yardımcı eksenden faydalanmaktır. Bu metotta küresel aynaya gelen ışına paralel yardımcı bir çizgi merkez noktasından geçecek şekilde çizilir. Bu çizgiye yardımcı eksen denir. Daha sonra başka bir yardımcı çizgi, odağa dik olacak şekilde çizilir. Bu çizginin yardımcı eksen kestiği noktaya yardımcı odak noktası (F') denir. Sonuç olarak, yardımcı eksene paralel gelen ışınlar, çukur aynada yardımcı odak noktasından geçecek şekilde, tümsek aynada ise uzantısı yardımcı odaktan geçecek şekilde yansır. Görsel 4.56.b ve Görsel 4.57.b'ye bakarak herhangi bir ışın için yansıma çizimlerini anlamaya çalışınız.



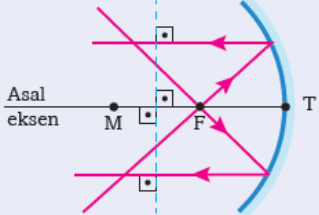
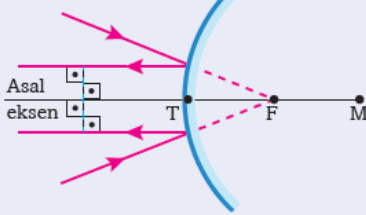
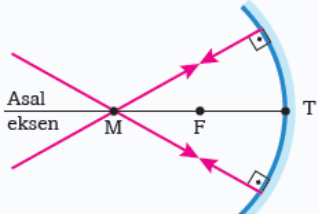
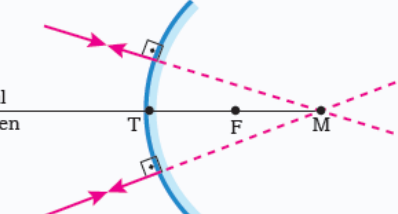
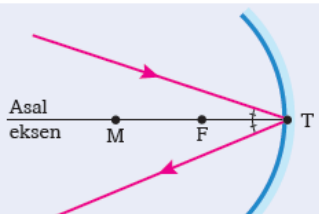
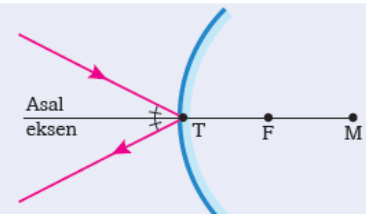
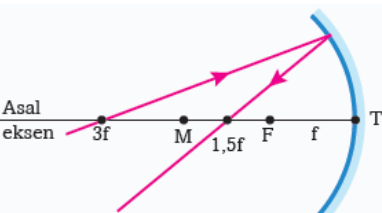
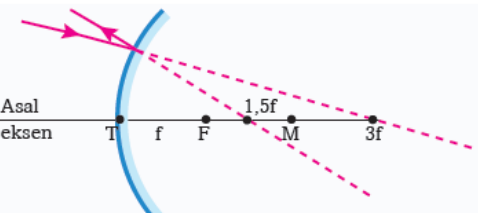
Görsel 4.56: Çukur aynada herhangi bir ışının yansıması



Görsel 4.57: Tümsek aynada herhangi bir ışının yansıması

Küresel aynalarda görüntü çizimlerinde kullanılan belli başlı özel ışınlar Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Küresel Aynalarda Özel Işıklar

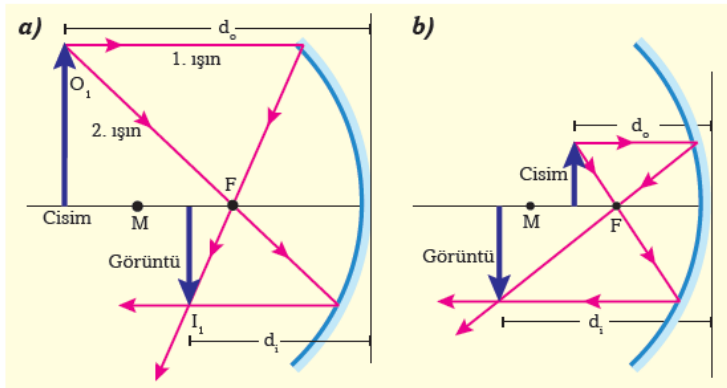
Çukur Ayna	Tümsek Ayna
 1. Çukur aynanın odak noktasına konulan noktasal ışık kaynağından çıkan ışınlar, aynada yansıdıktan sonra asal eksene paralel gider.	 1. Tümsek aynanın arkasındaki sanal odak noktasına doğru gelen ışınlar, yansıdıktan sonra asal eksene paralel olarak gider.
 2. Çukur aynanın merkezinden gelen ışınlar, normale çakışık geldiğinden ayna yüzeyine dik çarpar. Bu nedenle geldiği yoldan geri döner.	 2. Tümsek aynanın merkezine doğru gelen ışınlar, normale çakışık doğrultuda geldiği için ayna yüzeyine dik çarpar ve geldiği yoldan geri döner.
 3. Çukur aynanın tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yaparak yansır. Çünkü asal eksen tepe noktasının normalidir.	 3. Tümsek aynanın tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yaparak yansır. Çünkü asal eksen, tümsek aynanın tepe noktasındaki yüzey normalidir.
 4. Çukur aynaya asal eksenini 3f noktasında keserek gelen ışın 1,5f den geçecek şekilde yansır.	 4. Tümsek aynaya asal eksenini 3f noktasında kesecek doğrultuda gelen ışınların uzantısı, 1,5f den geçecek şekilde yansır.

Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu

Küresel aynalarda görüntünün sadece konumu değil aynı zamanda yönü ve boyu da değişebilir. Küresel aynalarda oluşturulan görüntünün özelliklerini belirlemek için ışın diyagramı kullanılır. Görsel 4.58'de görüldüğü gibi gelen ışınlar çukur aynada yansıdıktan sonra kesiştikleri yerde görüntü oluşur. Aynı şekilde bu görsel, bir cismin çukur aynadaki gerçek görüntü oluşumunu göstermektedir. Aynadan yansıyan ışınların kendisi kesişiyorsa, bu kesişim noktasında oluşan görüntüye gerçek görüntü denir. Görüntü, ters ve cisimden daha büyüktür.

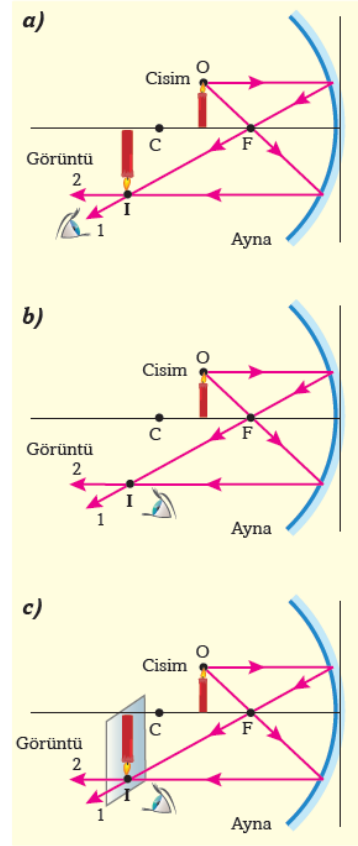
Yansıyan iki ışının kesişme noktası (I), görüntünün konumunu belirler. Eğer Görsel 4.58.a'da görüldüğü gibi gözlerinizi uygun yere yerleştirirseniz boşlukta görüntüyü görebilirsiniz. Görüntüyü görebilmeniz için gözünüzü görüntüden gelen ışınları görecektir şekilde konumlandırmalısınız. Görsel 4.58.b'de görüldüğü gibi görüntüye arkadan bakarsanız göremezsiniz. Çünkü bu durumda gözünüze ulaşan herhangi bir ışın bulunmamaktadır. Eğer Görsel 4.58.c'deki gibi bu noktaya bir ekran yerleştirirseniz görüntü ekrana düşer. Ancak bunu sanal görüntülerle yapamazsınız. Çünkü sanal görüntüler aynanın içindeymiş gibi aynanın arkasında oluşur. Gerçek görüntüler ekran üzerine düşürülebilmelerine rağmen, sanal görüntüler ekran üzerine düşürülemezler.

Küresel aynalarda ışınların izlediği yolu anlamak için genellikle ok gibi tek boyutlu cisimler kullanılır. Bununla birlikte görüntülerinin konumlarını ve özelliklerini bulmak için en az iki özel ışın kullanılır. Gerçek ışınlar için düz çizgiler, sanal ışınlar (aynanın arkasında var olduğu düşünülen) için ise kesikli çizgiler kullanılır. Görsel 4.59.a, bir çukur aynada görüntü oluşumunu göstermektedir. Ayrıca oluşan görüntü cisimden küçüktür. Görsel 4.59.b'de gösterildiği cisim çukur aynanın merkezi ile odak noktası arasına yerleştirilirse görüntü ters, gerçek ve merkezden ötede oluşur. Oluşan görüntünün boyu cismin boyundan büyüktür.

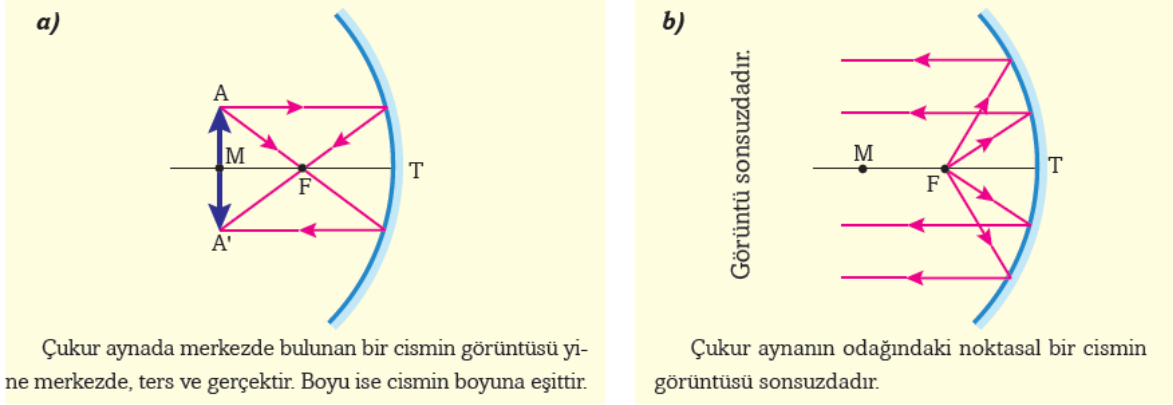


Görsel 4.59: Çukur aynada görüntü oluşumu **a)** Merkezden ötedeki cismin görüntü oluşumu **b)** Odak ile merkez arasındaki cismin görüntü oluşumu

Çukur aynalarda cismin konumuna bağlı olarak bazı görüntü oluşum çizimleri ve görüntü özellikleri Görsel 4.60'da verilmiştir.



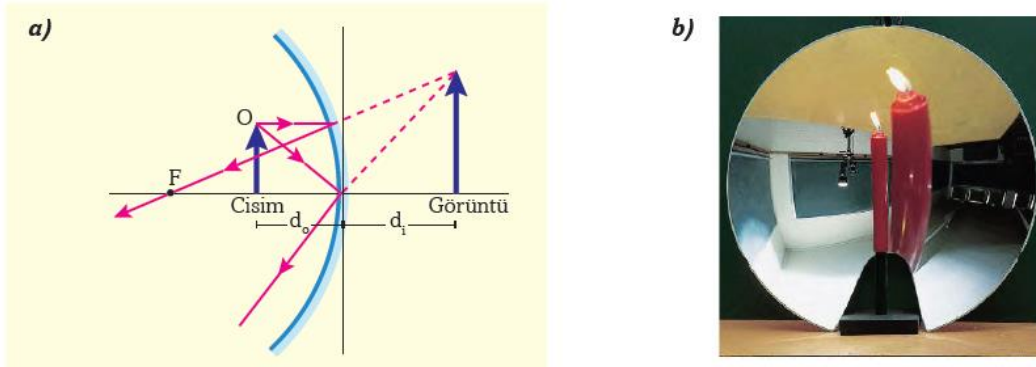
Görsel 4.58: **a)** Göz gerçek görüntüyü görebilir. **b)** Göz görüntüyü oluşturan ışınları yakalayacak bir konumda değilse gerçek görüntü görülemez. **c)** Beyaz opak ekranda görülen gerçek bir görüntü



Görsel 4.60: Çukur aynada farklı noktalarda bulunan cismin görüntü oluşumları

Bir cisim, çukur aynanın odak noktasına yaklaştıkça görüntünün aynadan uzaklaştığını gördünüz. Cisim odak noktasında ise tüm yansıyan ışınlar paraleldir. Bu nedenle hiç karşılaşmazlar ve görüntünün sonsuzda olduğu söylenir. Bu nedenle cisim asla görülemez.

Görsel 4.61'de görüldüğü gibi bir cisim çukur aynanın tepe ve odak noktası arasında bulunuyorsa oluşan görüntü sanaldır. Sanal görüntünün yerini bulmak için yine cisimden aynaya iki ışın gönderilir. Daha önceki çizimler gibi 1. ışın, asal eksene paralel çizilir ve odak noktasından yansıtılır. 2. ışın ise cisimden aynanın tepe noktasına gönderilir ve aynı açı yapacak şekilde yansıtılır. 1 ve 2 ışınları aynadan birbirinden uzaklaşarak yansydıkları için gerçek görüntü oluşmaz. Ancak bu ışınların uzantıları aynanın arkasında kesiştikleri için şekildeki gibi sanal görüntü oluşur.



Görsel 4.61: a) Bir cisim, odak noktası ve çukur ayna arasında ise oluşan görüntü cisimden büyük düz ve sanaldır. b) Bir mumun çukur aynadaki sanal görüntüsü

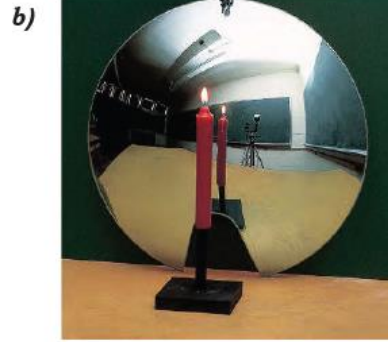
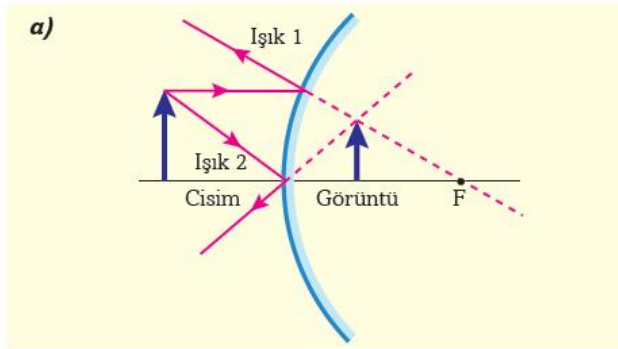
Bir kaşığın parlak iç yüzeyinin çukur ayna gibi davrandığını biliyorsunuz. Kaşığı çevirirseniz dış kısım bir tümsek ayna görevi görür.

Görsel 4.62'de bir tümsek aynada görüntü oluşumu gösterilmektedir. Tümsek aynaya gelen ışınlar her zaman birbirlerinden uzaklaşarak yansır. Bu nedenle tümsek aynalarda her zaman sanal görüntü meydana gelir. Görsel 4.63.a iki ışın kullanılarak çizilmiştir. Ancak sonsuz sayıda ışın olduğunu



Görsel 4.62: Parlak bir yemek kaşığının dış tarafı tümsek aynadır.

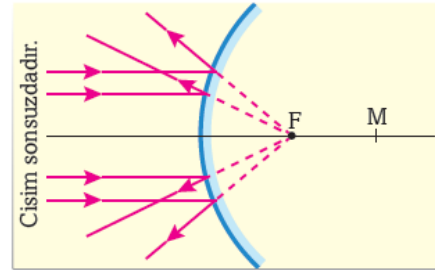
unutmayınız. 1. ışın asal eksene paralel olacak şekilde aynaya çarpar ve uzantısı odak noktasından geçecek şekilde yansır. 2. ışın ise tümsek aynanın tepe noktasına çarpar ve asal eksenle aynı açı yapacak şekilde yansır. Yansıyan bu iki ışın, birbirinden uzaklaşarak yol alır ve aynanın arkasında kesişir. Tümsek ayna tarafından oluşturulan görüntü, cisme göre düz ve daha küçük olan bir sanal görüntüdür. Cisim tümsek aynaya yaklaştıkça görüntü daha da küçülür.



Görsel 4.63: a) Tümsek ayna her zaman cisim ile karşılaştırıldığında düz ve daha küçük sanal bir görüntü oluşturur. b) Bir mumun tümsek aynada görüntüsü

Tümsek ayna önünde bir cisim nerede olursa olsun cismin görüntüsü her zaman odak ile tepe noktası arasında oluşur. Cisim sonsuzda ise tümsek aynadaki görüntüsü odak noktasında, sanal ve noktasal olarak oluşur (Görsel 4.64).

Tümsek aynaların oluşturdukları görüntüler, cisimlerden daha küçük olduğu için günlük yaşamda kullanımı sınırlıdır. Ancak tümsek aynaların bu özelliği bazen pratik kullanım olanağı bulmaktadır. Aşağıda tümsek aynaların kullanıldığı alanlardan bazıları sıralanmıştır.



Görsel 4.64: Sonsuz uzaklıkta bulunan bir cismin görüntüsü sanal ve odak noktasında noktasal olarak oluşur.



Arabaların yan aynalarında



Kavşak güvenlik aynalarında



Mağaza güvenlik aynalarında



Araç altını gösteren aynalarda

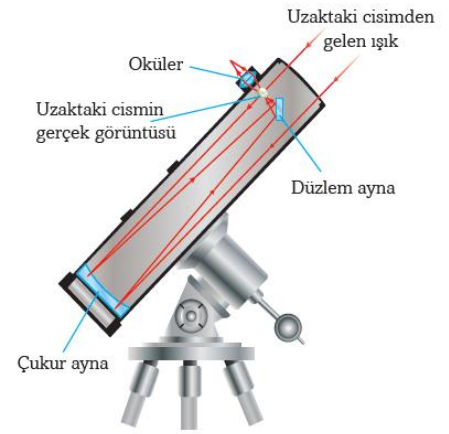
Görsel 4.65: Günlük hayatta tümsek aynalar genellikle güvenlik amaçlı kullanılırlar.

Tablo 4.3: Aynalardaki Görüntülerin Karşılaştırmalı Özellikleri

Ayna Tipi	Cismin Konumu	Görüntünün Özelliği		Büyüklüğü
		Sanal/Gerçek	Düz/Ters	
Düzlem	Cisim her konumda	Sanal	Düz	Cisimle aynı boyda
Çukur	Cisim merkezden daha uzakta ise	Gerçek	Ters	Cisimden küçük
	Cisim odak ile merkez arasında ise	Gerçek	Ters	Cisimden küçük
	Cisim odak noktasında ise	Görüntü yok	Görüntü yok	Görüntü yok
	Cisim odak ile tepe noktası arasında ise	Sanal	Düz	Cisimden büyük
Tümsek	Cisim her konumda	Sanal	Düz	Cisimden küçük

Yansıtıcı Teleskoplar ve Aynalar

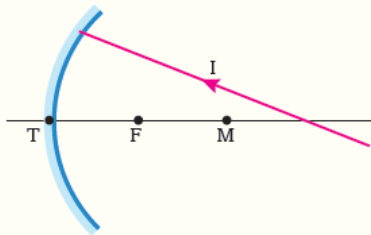
Günümüzde kullanılan teleskopların çoğu yansıtıcı teleskoplardır. Yansıtıcı bir teleskop uzaktaki cisimlerden gelen ışığı toplamak ve odaklamak için bir çukur ayna ve bir düz ayna kullanır. Bunun yanında bir de ince kenarlı bir mercek kullanır. Görsel 4.66, yansıtıcı bir teleskopun yapısını şematik olarak göstermektedir. Uzak bir cisimden gelen ışık, teleskopun bir ucundan içeri girer ve karşı uca çukur aynaya çarpar. Çukur aynaya paralel gelen ışınlar bu aynaya çarptıktan sonra birbirine yaklaşacak şekilde yansır. Bu yansıyan ışınlar, çukur aynanın odağında kesişmeden önce teleskop içinde belli açıda yerleştirilmiş düzlem aynaya çarpar. Işık bu aynadan teleskobun okülere doğru yansıtılır. Işık ışınları, bu merceğin odak noktasında birleşerek uzaktaki cisimlerin gerçek görüntüsünü oluştururlar.



Görsel 4.66: Bir yansıtıcı teleskopta görüntü oluşumu

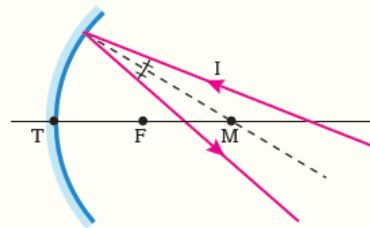
ÖRNEK PROBLEM

Çukur aynaya şekildeki gibi gelen I ışınının yansıdıktan sonra izlediği yolu çiziniz.



ÇÖZÜM

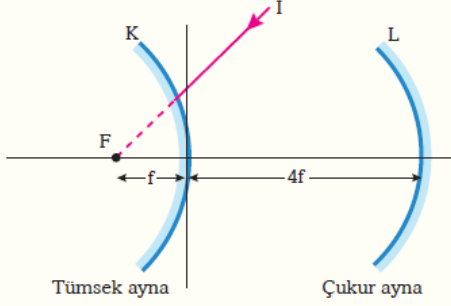
Merkezden gelen doğru aynaya dik çarpar. Bu nedenle bu doğru, aynada çarptığı noktanın normalidir. Gelen ışın bu doğru ile eşit açı yapacak şekilde yansır. Bu bilgiler ışığında gelen ışının yansıdıktan sonraki yolunu çizersek aşağıdaki gibi olur.



ÖRNEK PROBLEM

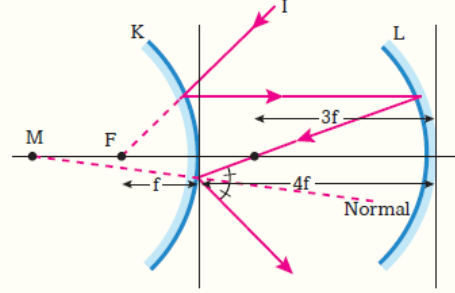
• Odak uzaklıkları f olan K tümsek aynası ile odak uzaklığı $3f$ olan L çukur aynasıyla kurulan sisteme I ışık ışını şekildeki gibi gönderilmiştir.

Buna göre I ışık ışınının K tümsek aynasından ikinci kez yansıdıktan sonra izlediği yol nasıldır?



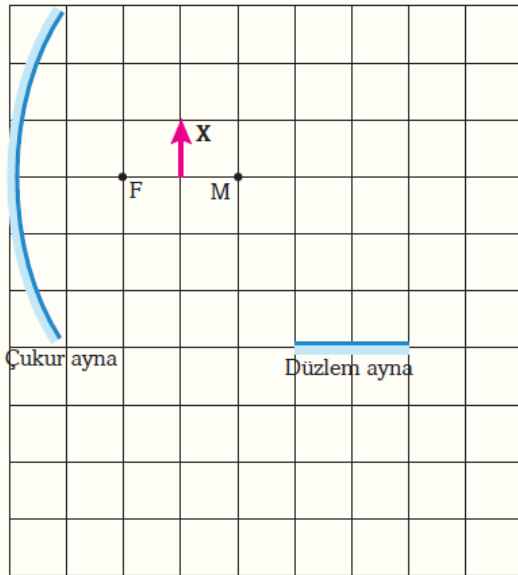
ÇÖZÜM

Tümsek aynaya odak doğrultusunda gelen ışın, asal eksene paralel yansır. Yansıyan bu ışın çukur aynanın asal eksenine paralel olur.

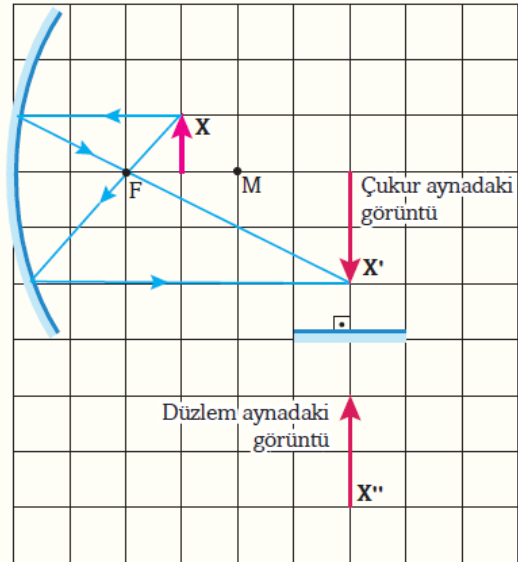


ÖRNEK PROBLEM

• Şekildeki çukur aynanın odağı ile merkezi arasında bulunan X cisminin önce çukur sonra düzlem aynada oluşan görüntüsü nasıldır?



ÇÖZÜM



10.Sınıf Fizik Konu Özetleri

4.Ünite : Optik
3.Bölüm : Kırılma ve Mercekler

Işığın Kırılması

Görsel 4.70’de görüldüğü gibi kalemin suya daldığı noktada kırılmış gibi görünmesi kalemden gözümüze gelen ışığın bu noktada değişmeye uğradığını göstermektedir. Bu olayı basit bir deneyle gözlemleyebilirsiniz. Görsel 4.71.a’da görüldüğü gibi madeni para boş bir kupanın içindedir. Görsel 4.71.b’deki para ise su dolu kupanın içindedir. Bu paraların fotoğrafı aynı açıdan çekilmiştir. Boş kupada bulunan para görülmezken su dolu kupadaki para görülebilmektedir. Kırık kalem, madeni paranın içinde su bulunan kupada görülmesi gibi görünüş aldanmaları, ışığın su ya da cam gibi saydam ortamlardan hava gibi başka bir ortama geçerken yön değiştirmesinden kaynaklanır. Işığın bir saydam ortamdan başka bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirmesi olayına ışığın kırılması denir. Kırılma olayında ışığın izlediği yol tersinirdir. Kırılma olayının ayrıntılı incelenmesi ışığın özelliklerini anlamamıza çok yardım eder.



Görsel 4.71: a) Boş kupanın içindeki madeni parayı göremezsiniz. **b)** Aynı açıdan baktığınız kupaya su doldurduğunuzda madeni parayı görebilirsiniz.

Kırılma bir saydam maddeden diğerine geçerken ışığın hızında meydana gelen değişiklikten kaynaklanır. Işığın ikinci ortama girerken hangi yönde kırılacağı, geldiği ve girdiği ortamlardaki hızlarına bağlıdır. Görsel 4.72’ye bakınız. Bu fotoğraf kalın bir ışık demetinin havadan gelişini ve bir kaptaki suya girişini göstermektedir. Işık demetinin su yüzeyine ulaşınca birdenbire doğrultu değiştirdiğine ve bir kısım ışığın da su yüzeyinden havaya yansıdığına dikkat ediniz.

Burada su yüzeyine gelen ışığa gelen ışık (gelen ışın) denir. Gelen ışık ile su yüzeyinin normali arasındaki açıya da gelme açısı denir. Kırılarak suya giren ışık demetine ise kırılan ışık (kırılan ışın) denir.

Kırılan ışının normalle yaptığı açıya da kırılma açısı denir. Su kabına plastik bir açıölçer daldırarak bu ışınların doğrultuları hakkında bilgi edinebilirsiniz. Bu deneyi hava, cam gibi başka



Görsel 4.70: Kalemin tamamını, her yerinden yansıyan ışık sayesinde görürüz. Fakat kalemin suyun üstündeki kısmından gözümüze ulaşan ışık ile suyun içindeki kısmından gözümüze ulaşan ışığın yayıldığı ortamlar farklıdır. Kalemin suyun içindeki kısmından gelen ışık, su, cam ve hava; suyun üstündeki kısmından gelen ışık ise sadece cam ve hava ortamlarından yayılarak gözümüze ulaşır.

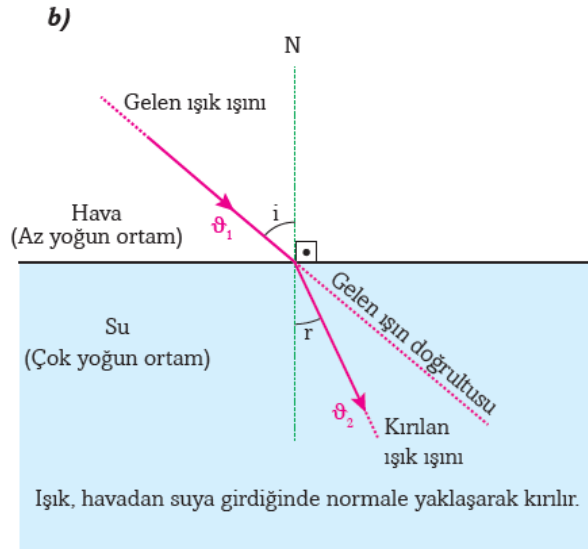
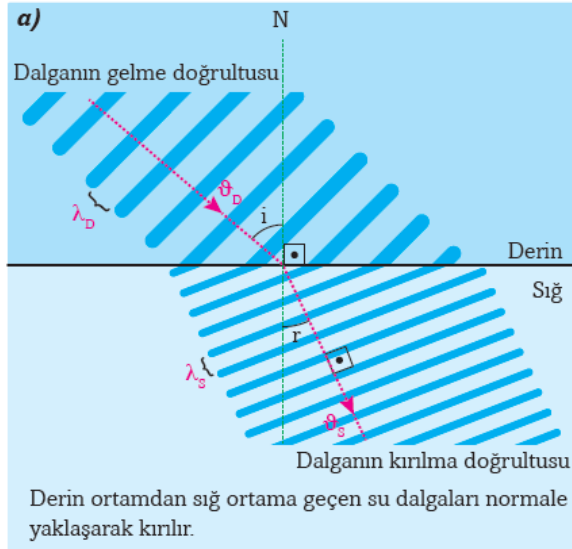


Görsel 4.72: Havadan suya gelen ışık ışını su yüzüne ulaşınca doğrultu değiştirir.

ortamlar içinde tekrarlıyorsanız benzer sonuçlar bulursunuz. Bu sonuç kırılmanın birinci kanunu olarak şöyle özetlenebilir:

Gelen ışın, yüzeyin normali ve kırılan ışın aynı düzlemde yer alır.

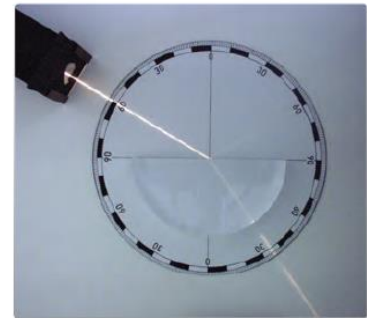
3. bölümde su dalgalarının özelliklerini öğrendiniz. Dolayısıyla su dalgalarının ışık gibi ortam değiştirirken kırıldığını biliyorsunuz. Görsel 4.73.a ve b’de görüldüğü gibi kırılma olayında ışık ve su dalgaları benzer davranışları gösterir. Dolayısıyla kırılma ışığın dalga özelliği gösterdiği önemli olaylardandır.



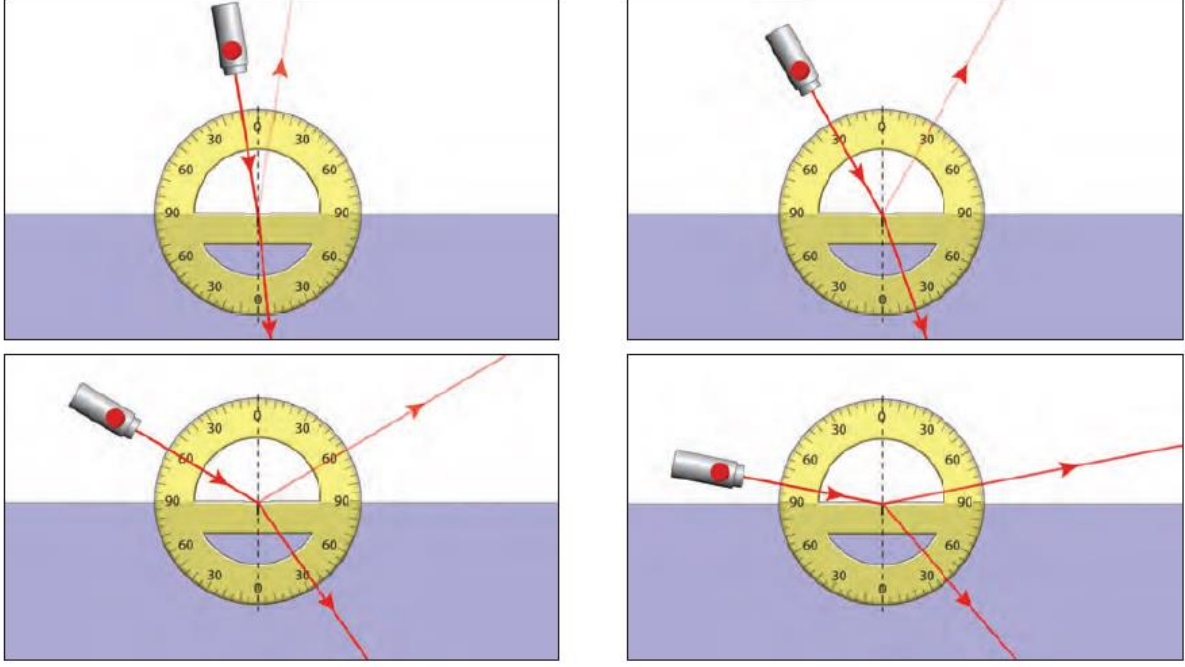
Görsel 4.73: a) Su dalgalarında kırılma b) Işıktaki kırılma

Kırılmanın 2. Yasası: Snell Yasası

Kırılmanın 2. yasası, gelme açısı ile kırılma açısı arasındaki matematiksel ilişkiyi anlatır. Bunu test etmek için ışığın gelme açısını değiştirebileceğiniz ve her defasında kırılma açısını ölçebileceğiniz bir deney tasarlamalısınız. Hatta bu deneyi farklı ortamlar kullanarak tekrar tekrar test etmelisiniz. Fizik laboratuvarlarında Görsel 4.74’deki gibi yarım daire cam malzeme veya içine su doldurulan yarım daire kaplarla birlikte ince ışık demeti üretebilen ışık kaynakları vardır. Bu aygıtları kullanarak test düzenekleri oluşturabilir ve deneyinizi gerçekleştirebilirsiniz. Ancak günümüzde bilgisayar teknolojisinin de gelişmesiyle laboratuvarlarda yapacağınız deneylerin benzerini simülasyon olarak bilgisayarlarda yapabilirsiniz. Laboratuvar deneyleri daha öğretici olmakla birlikte bilgisayar simülasyonları da hem ucuz hem de her yerde deneyinizi yapmanıza imkân sağlamaları açısından yararlıdır. Şimdi yandaki fizik interaktif linkindeki simülasyonunu yapınız. Bu simülasyon ile veri toplayıp sonra da topladığınız veriyi analiz etmelisiniz. Simülasyonda ışık bir ortamdan başka bir ortama düşürülmektedir. Işık kaynağını hareket ettirerek gelme açısını ve ona karşılık olan kırılma açısını ölçebilirsiniz.



Görsel 4.74: Laboratuvarda kullanılan bir kırılma deney düzeniği

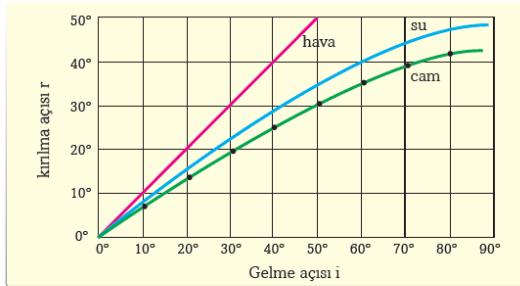


Görsel 4.75: Çeşitli gelme açılarına bağlı olarak kırılma açıları ölçülebilir.

Bu simülasyonda havadan cama geçiş göz önüne alınmış ve 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° , 70° , 80° 'lik geliş açısı değerleri için ölçümler alınmıştır. Görsel 4.75, bu ölçümlerden dördünü göstermektedir. Böyle bir deney yapıp ölçüm sonuçlarını incelediğinizde,

1. 0° olduğu hâl dışında az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken kırılma açısı geliş açısından küçüktür.
2. Yansıyan ışık yansıma kanunlarına uygun hareket eder.

Tablo 4.4, çeşitli geliş açıları i için kırılma r açılarını göstermektedir. Tablo 4.4'ün son satırına bakarak i/r oranlarını inceleyiniz. Bu oran küçük açılarda 1,5 değeri civarındayken $i = 80^\circ$ olduğunda 1,97 olmaktadır. Yani i/r oranı sabit değildir. Bu deneyi havadan suya veya çeşitli maddelere geçen ışık için yapıp birçok tablo oluşturabilir ve istediğiniz zaman hangi maddenin ışığı nasıl kırdığını oluşturduğunuz tablolardan bulabilirsiniz. Ancak bunun yerine



Görsel 4.76: Kırılma açısı (r)'nin gelme açısı (i)'ye göre grafiğidir.

bir yasa oluşturup onu kullanmak daha kolay olur.

Tablo 4.4: Işığın havadan cama geçişi için gelme açısı ve kırılma açısı değerleri

Gelme Açısı i (Derece)	Kırılma Açısı r (Derece)	i/r Oranı
0	0	Belirsiz
10	6,7	1,49
20	13,3	1,50
30	19,3	1,55
40	25,2	1,59
50	30,7	1,63
60	35,1	1,71
70	38,6	1,81
80	40,6	1,97

Kırılma

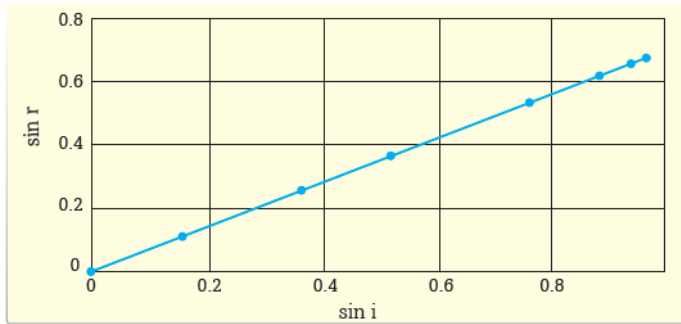
açısının gelme açısına oranının sabit olmadığı r açısının i açısına bağlı grafiği olan Görsel 4.76'den görülebilir. Bu grafik ışığın havadan suya ve cama

havadan suya geçişinde ise bu değer 1,33'tür. Ancak açılar büyüdükçe i/r oranı da büyür ve sabitliğini kaybeder.

1621 yılında Willebrord Snell (Villebrord Sinel), ışığın havadan saydam bir maddeye geçtiğinde gelme ve kırılma açılarının sinüslerini oranlayarak aşağıdaki bağıntıyı elde etti.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Aynı bağıntı, bugün kullanılan biçimde Rène Descartes (Röne Dekart) tarafından 1638 yılında yayımlanmıştır. Şimdi havadan cama geçen ışık için gelme açısının sinüsünü (sin i) ve kırılma açısının sinüsüne (sin r) oranlarsanız Tablo 4.5'teki sonuçları bulursunuz. Bu değerlere bakarak grafik tekrar çizilirse Görsel 4.77'deki grafik elde edilir. Bu grafiğe baktığınızda öncekine göre daha düzgün bir doğru olduğunu fark ettiniz mi? Bu nedenle bu grafiği kullanmak ilkinde göre daha mantıklıdır.



Görsel 4.77: Sin i'nin sin r'ye bağlı grafiği

$\frac{\sin i}{\sin r}$ oranının cam için 1,5 su için 1,33 olduğunu biliyorsunuz. Başka maddeler ile yapılan kırılma deneylerinde bu sabit oran başka değerler alır. Bu sabit değerler o maddenin ayırt edici özelliklerinden biridir. Işığın havadan maddeye girişindeki bu sabit orana **kırılma indisi** denir ve n harfi ile gösterilir. Bazı maddelerin kırılma indisleri **Tablo 4.6**'da verilmiştir.

Bütün gelme açıları için $\frac{\sin i}{\sin r}$ oranının sabit olduğunu söyleyen bu bağıntıya **Snell Yasası** denir.

Tablo 4.5: Havadan cama geçen ışık için sin i/sin r oranları

i (°)	r (°)	$\frac{\sin i}{\sin r}$
10	6,7	1,5
20	13,3	1,49
30	19,6	1,49
40	25,2	1,51
50	30,7	1,50
60	35,1	1,51
70	38,6	1,50
80	40,6	1,51

Bir maddenin boşluktaki kırılma indisine mutlak kırılma indisi denir. Ancak ışığın havadan bir maddeye geçişindeki kırılma indisi mutlak indise çok yakın bir değerdir. Bu nedenle bu iki değeri ayırt etmek için çok hassas deneyler gereklidir. Kırılma indisi, aynı zamanda ışığın boşluktaki hızının saydam madde içindeki ortalama hızına oranıdır.

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

Tablo 4.6: Bazı maddelerin boşlukta, 589 nm dalga boyulu (tek renkli) ışık için belirlenmiş kırılma indisleri

Bazı katı maddeler (20°C)		Bazı sıvı maddeler (20°C)		Bazı gaz maddeler (0°C, 1 atm.)	
buz (0°C)	1,31	su	1,33	helyum	1,000 036
kuartz kristali	1,54	etil alkol	1,36	su buharı	1,000 250
cam	1,5-1,9	oleik asit	1,46	kuru hava	1,000 293
elmas	2,41	gliserin	1,47	karbondioksit	1,000 449

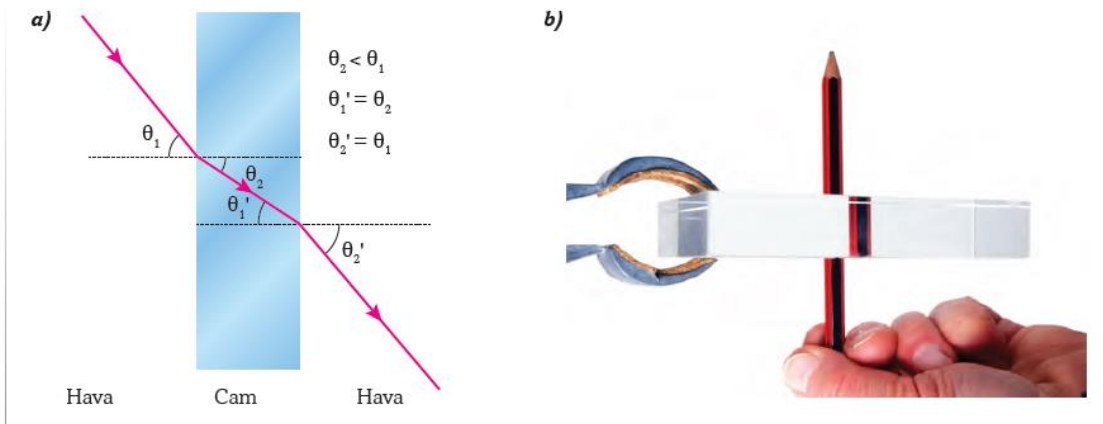
Snell tarafından bulunan bağıntı, ışığın herhangi iki saydam madde arasındaki geçişinin matematiksel modelini verir. Bu bağıntı daha genel olarak aşağıdaki gibi yazılır:

Snell kırılma yasası

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

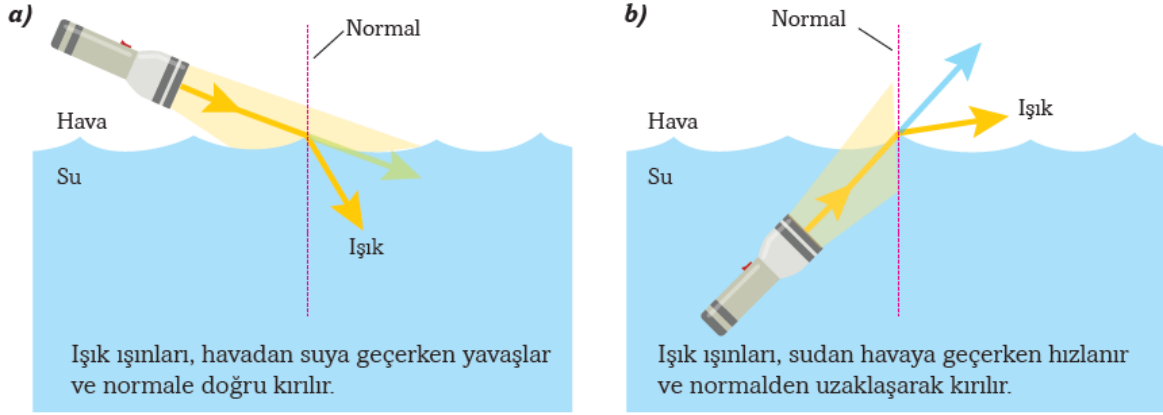
Bu bağıntı, gelme açısının sinüsü ile birinci ortamın kırılma indisinin çarpımının, kırılma açısının sinüsü ile ikinci ortamın kırılma indisinin çarpımına eşit olduğunu söylemektedir.

Şimdi Görsel 4.78'e bakınız. Bu görsel ışığın bir pencere camı gibi paralel yüzeylere sahip bir cam parçasından geçerken Snell Yasası'nın nasıl uygulanacağını göstermektedir. Işık hem cama girdiği zaman hem de camdan çıktığı zaman kırılır. Işık, havadan cama girdiğinde küçük kırılma indisli bir maddeden yüksek kırılma indisli bir maddeye geçer. Bu durumda $n_1 < n_2$ 'dir. Denklemi eşitlemek için $\sin\theta_1 > \sin\theta_2$ olmalıdır. Bundan dolayı ışık ışını havadan cama doğru geçerken normale yaklaşır. Işık, camdan havaya çıktığında ise daha yüksek kırılma indisine sahip maddeden daha düşük kırılma indisine sahip maddeye geçer. Bu durumda $n_1 > n_2$ 'dir. Denklemi eşitlemek için $\sin\theta_1 < \sin\theta_2$ olmalıdır. Dolayısıyla ışık havaya geçerken normalden uzaklaşır. Işığın camdan ayrıldığındaki yönü, cama çarpmadan öncekiyle aynıdır. Ancak ışığın ortam değiştirirken bükülmesi cisimlerin gerçek konumlarından kaymasına sebep olur.



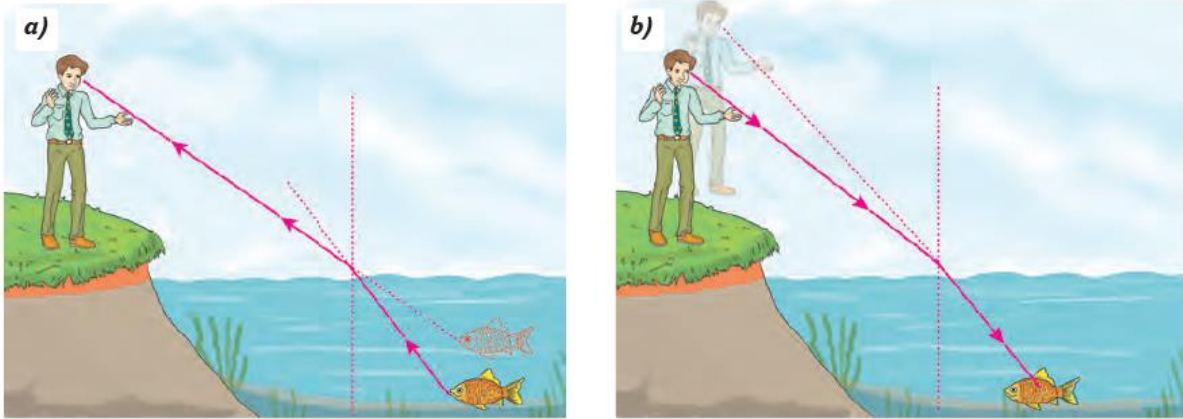
Görsel 4.78: a) Işık ışınının havadan cama ve camdan havaya geçişinin şematik gösterimi b) Işığın ortam değiştirirken bükülmesi kurşun kalemin kırık görülmesine sebep olur.

Kırılmanın, bir ortamdan diğerine geçerken hızdaki değişikliğin sonucu olarak dalganın bükülmesi olayı olduğunu biliyorsunuz. Dalganın hızındaki değişim ne kadar büyükse bükülme de o kadar büyüktür. Görsel 4.79.a, bir ışık ışınının hızının azaldığı bir maddeye geçtiğinde nasıl davrandığını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi ışık normale yaklaşarak kırılır. Görsel 4.79.b, bir ışık ışınının hızlandığı maddeye geçtiğinde nasıl davrandığını göstermektedir. Işık normalden uzaklaşarak kırılmaktadır.



Görsel 4.79: Işık dalgalarının sudaki hızı, havadaki hızına göre daha yavaştır. Bu nedenle ışık, sudan havaya ya da havadan suya geçtiğinde yön değiştirir.

Görsel 4.80, kırılma olayının bu yanılmaya nasıl sebep olduğunu göstermektedir. Balıktan gelen ışın, sudan havaya çıkarken kırılır ve normalden uzaklaşarak çocuğun gözüne gelir. Ancak çocuğun beyni, tüm ışık dalgalarının düz bir çizgide gittiğini varsayar. Böylece çocuğun gözlerine gelen ışık dalgaları suda daha yüksekte olan bir noktadan geliyormuş gibi görünür. Bu olay, daha önce gördüğünüz su içindeki kalemin kırık görülmesi olayını da açıklamaktadır.



Görsel 4.80: a) Balıktan gelen ışık dalgaları sudan havaya geçerken normalden uzaklaşır. Bu, balığın yüzeye daha yakın olmasını sağlar. b) Öğrenciden gelen ışık dalgaları havadan suya girerken normale yaklaşır. Bu nedenle balık öğrenciyi daha uzakta görür.

Tam Yansıma

Görsel 4.81.a'da görüldüğü gibi ışık, yüksek kırılma indisli bir ortamdan düşük kırılma indisli bir ortama geçtiğinde kırılma açısı, gelme açısından her zaman daha büyüktür. Bu durum ilginç bir olaya sebep olmaktadır. Gelme açısı arttıkça kırılma açısı artar. Öyle ki Görsel 4.81.b'de görüldüğü gibi gelme açısı, sınır açısı denilen bir değere ulaştığında kırılan ışık iki

ortamın sınırı boyunca uzanır. Yani kırılma açısı 90° olur. Kırılma açısının 90° olduğu andaki gelme açısına sınır açısı denir. Camdan havaya geçişte sınır açısı 42° , sudan havaya geçişte ise 48° dir.

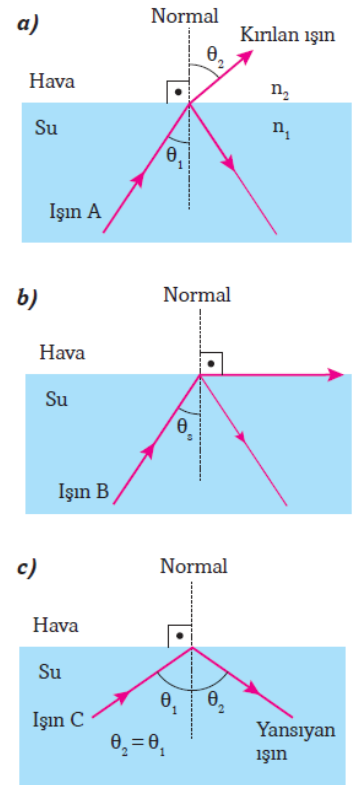
Snell bağıntısı kullanılarak sınır açısı (θ_s) değeri bulunabilir.

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_s &= n_2 \sin \theta_2 & \theta_2 &= 90^\circ \\ n_1 \sin \theta_s &= n_2 \sin 90^\circ & (\sin 90^\circ &= 1) \\ n_1 \sin \theta_s &= n_2 \cdot 1 \Rightarrow \sin \theta_s &= \frac{n_2}{n_1} \end{aligned}$$

Bu bağıntı sınır açısının sinüsünün ikinci ortamın kırıcılık indisinin birinci ortamın kırıcılık indisine oranına eşit olduğunu söylemektedir.

Bildiğiniz gibi ışık, bir ortamdan diğerine kırılarak geçtiğinde ışınların bir kısmı yansır. Bunu Görsel 4.81.a ve b'de görebilirsiniz. Gelme açısı, sınır açısından büyük olduğunda ışık, kırılma indisi büyük ortamdan kırılma indisi küçük ortama geçemez. Görsel 4.81.c'de görüldüğü gibi bu durumda iki ortamı ayıran sınır yüzeyi, bir ayna gibi davranır ve gelen ışınlar, yansıma kanunlarına uygun olarak geldiği ortama döner. Bu olaya da tam yansıma denir.

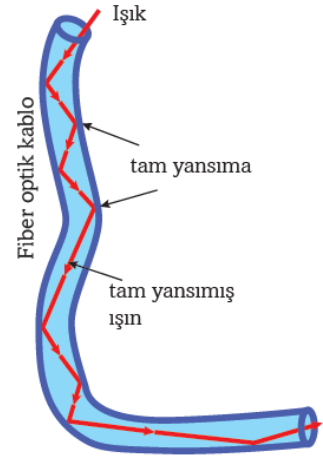
Tam yansıma günlük hayatta bazı ilginç etkilere neden olur. Dalgalı olmayan bir suda suyun içinden yüzeye baktığınızı varsayınız. Bu esnada yakındaki bir nesnenin baş aşağı yansımaları görebilirsiniz (Görsel 4.82.a). Çünkü su yüzeyi bir ayna gibi davranır. Benzer şekilde bir havuzun kenarında durduğunuzda su yüzeyinin altındaki bazı nesneleri göremeyebilirsiniz. Örneğin su altında, su yüzeyine yakın yüzen bir kaplumbağa, su üstünde bulunan kişi tarafından görülemeyebilir. Bunun nedeni kaplumbağadan gelen ışığın tam yansıma uğramasıdır. Yüzme havuzunuzun iyi aydınlatılması onu daha çekici hâle getirir. Bu tür havuzlar su altı aydınlatma sistemi olmayanlara göre daha hoş görüntüye sahip olur. Ancak su altı aydınlatmanın en önemli özelliği, yüzme havuzunda daha fazla güvenlik sağlamasıdır. Havuzların su altından aydınlatılmasında tam yansıma olayı göz önünde bulundurulmalıdır. Su altı aydınlatma lambaları, ışığın su yüzeyine 48 dereceden daha küçük açıyla ulaşacak şekilde yerleştirilmemeye özen gösterilir. Çünkü daha büyük açıyla yerleştirilen lambalar su yüzeyinde parlama oluşmasına sebep olabilir. Bu istenmeyen bir durum olup, cankurtaranların yüzücüleri görmesini engelleyebilir.



Görsel 4.81: a) Işığın bir kısmı kırılırken bir kısmı yansıyor. b) Sınır açısı durumunda ışığın ortamların sınırında kırılması c) Tam yansıma olayı

Fiber optik kablolar tam yansıma olayının önemli bir teknik uygulamasıdır. Bu kablolar sayesinde ışık vasıtasıyla çok uzak mesafelere veri aktarımı kolaylıkla yapılabilir. Fiber optik kablolar yaklaşık saç teli kalınlığında ve çok hassas şekilde üretilmiş saf camdan yapılmış aygıtlardır. Fiber optik kablolar, iletimi ışık hızıyla yani saniyede 300 bin km'lik hızla

gerçekleştirirler. Görsel 4.83'te görüldüğü gibi şeffaf fiber kablunun içinde hareket eden ışık, her zaman kablunun iç yüzeyine sınır açısından daha büyük bir açıyla çarpar ve geri yansır. Böylece ışık yansıya yansıya yoluna devam eder. Cam tabakası ışığı kesinlikle soğurmaz ve neredeyse tam olarak yansıtır, bu da bilginin kayıpsız şekilde ulaşması için çok önemli bir noktadır. Fiber optik kablolar günümüzde telefon şebekesi gibi iletişim sistemlerinde çok sık kullanılmaktadır.

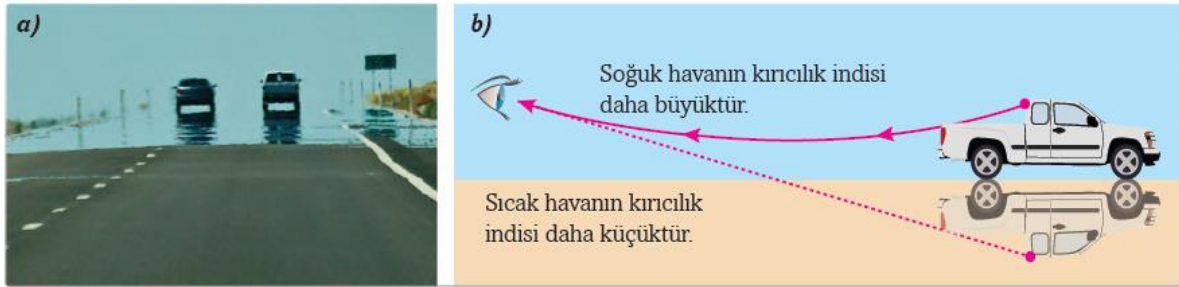


Görsel 4.83: Bir kaynaktan gelen ışık fiber optik kablunun bir ucundan girer. Işık, cam yüzeyin iç yüzüne her çarptığında ışığın gelme açısı, sınır açısından daha büyüktür. Bu sayede ışık kablo içinde tam yansımaya uğrayarak ilerler.

Serap Olayı

Bazen sıcak bir yaz gününde Görsel 4.84.a'da görülen bir durumla karşılaşmış olabilirsiniz. Asfalt bir yolda giderken ilerideki arabaların sanki su üzerinde ilerlediğine şahit olmuşsunuzdur. Bununla birlikte arabalara yaklaştıkça bu olay kaybolur. Serap olayı Güneş'in yolu ısıtması sonucu oluşur. Yerin hemen üzerindeki hava tabakasının daha üst tabakadaki hava tabakasından daha sıcak olması durumunda güneş ışığının tam yansımaya uğramasıyla gözlemlenir.

Çünkü soğuk hava çok yoğun ortam, sıcak hava ise az yoğun ortamdır. Soğuk havadan sıcak havaya sınır açısından büyük açılarla gelen ışık ışınları tam yansımaya uğrar. Bu durum Görsel 4.84.b'de görüldüğü gibi ışığın sanki sudan yansıyor gibi görünmesine sebep olur.



Görsel 4.84: a) Karayolu üzerinde oluşan bir serap olayı b) Arabadan gelen ışık, gözlemcinin gözüne doğru bükülür.

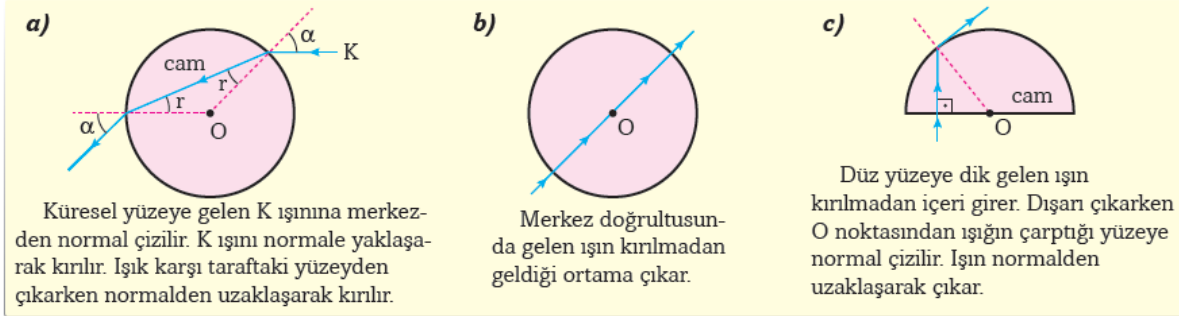
Denizde giden gemilerde de serap olayına çokça rastlanır. Görsel 4.85, denizde görülen bir serap olayının fotoğrafıdır. Bu serap olayında geminin üzerinde kendi yansıması ortaya çıkmıştır. Denizde görülen serap olayı kara yolu ya da çölde görülen serap olayının tersidir. Denizin hemen üstündeki hava soğuktur ve yükseldikçe bu hava ısınır.



Görsel 4.85: Denizde oluşan bir serap olayı

Işığın Küresel Yüzeylerden Geçişi

Işığın küresel yüzeylerden geçişi de kırılma kanunlarına uyar. Küresel yüzeylerde merkezden geçen doğrular küre yüzeyine dik ve yüzey normalidir. Bu nedenle küresel yüzeylerde ışığın çarptığı noktaya küre merkezinden normal çizilmesi gerekir. Görsel 4.86'ya bakarak ışığın küresel yüzeylerden geçiş olayını anlamaya çalışınız.



Görsel 4.86: a) Havadan küresel cam yüzeyine gelen herhangi bir ışının kırılması b) Havadan merkez doğrultusunda küresel cam yüzeyine gelen ışığın kırılması c) Bir kenarı düz diğer tarafı küresel yüzeyden bir ışığın geçişi.

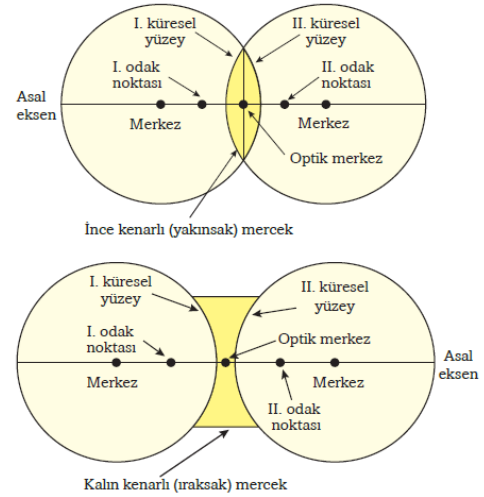
Mercekler

Günlük hayatta kullandığınız birçok araçta çoğunlukla cam ya da plastikten yapılmış mercekler kullanılır. Bunun yanında gözünüzde canlı hücrelerden meydana gelmiş mercekler vardır. Mercek, en az bir kavisli yüzeye sahip ve kırılma olayı sonucunda ışığı toplamaya ya da dağıtmaya yarayan saydam bir cisimdir. Bir merceğin oluşturduğu görüntü, merceğin şekline bağlıdır. Merceklerde ışığın kırılması, kırılma kanunlarına uyarak gerçekleşir. Bir merceğin iki yüzü olduğuna göre mercek üzerine düşen ışınlar, bir defa girerken bir defa da çıkarken olmak üzere iki defa kırılmaya uğrarlar.

Mercekler nasıl yapılır?

Gökkuşağının meydana gelmesi, kırmızı ay tutulması gibi olaylar doğada ışığın kırılması ile meydana gelen olaylardır. Bunun yanında günlük yaşamda ışığın kırılmasının birçok yararlı uygulaması vardır. 1303 yılında Fransız doktor Bernard Gordon (Bernard Gordon) görme bozukluklarını düzeltmek için mercekleri ilk kez kullanmıştır. Hollandalı gözlük üreticisi olan Hans Lippershey (Hans Lipersey) tarafından bulunan teleskobu, ince ve kalın kenarlı mercekler kullanarak geliştiren Galileo Galilei (Galileo Galilei), birçok astronomik gözlem gerçekleştirmiştir.

Uygulamada kullanılan merceklerin hemen hepsinin dış yüzleri küresel yüzlerdir. Mercek yüzlerini oluşturan iki kürenin merkezinden geçen doğruya merceğin asal eksenini denir. Merceği meydana getiren iki kürenin yarıçapları eşit ya da farklı olabilir (Görsel 4.87). Bunun yanında merceklerin büyüklüğünde ve eğriliğinde bir sınırlama yoktur hatta yüzeylerinden biri küresel diğeri düz de olabilir. Amaca göre değişik kesitlerde (büyüklük ve eğrilikte) mercekler yapılabilir. Başka bir deyişle mercekler, ister dışbükey ister içbükey olsun küresel yüzeylerle sınırlı saydam



Görsel 4.87: Mercekler küresel yüzeylerin kesişmesi ile oluşan optik araçlardır.

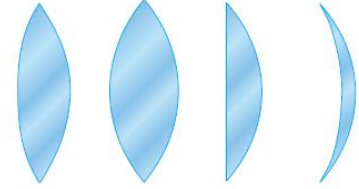
cisimlerdir. Şimdi aşağıdaki etkinliği yaparak iki mercekten nasıl basit bir teleskop yapılacağını keşfediniz.

Bir merceğin odak uzaklığı:

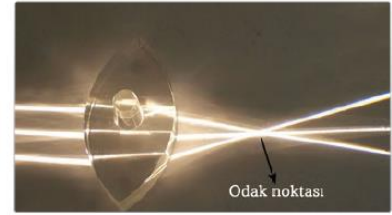
- Merceğin yapıldığı maddenin kırılma indisine
- Mercek yüzeylerinin eğrilik yarıçapına
- Ortamın kırıcılık indisine
- Işığın rengine bağlıdır.

İnce Kenarlı Mercekler

Görsel 4.88'deki mercekler ince kenarlı (dışbükey) mercek olarak adlandırılır. Çünkü merceğin merkezi kenarlarından daha kalındır. İnce kenarlı mercek yakınsak mercek olarak da adlandırılmaktadır. Bu mercekler, daha düşük bir kırılma indisine sahip bir madde ile çevrildiğinde (örneğin hava) ışık ışınlarını kırarak bir noktada toplar (Görsel 4.89). Örneğin büyüteç gibi yakınsak mercekler, havadan gelen ışık ışınlarını arkalarındaki bir noktada (odak noktası) birleştirirler. Asal eksen, merceğin en kalın noktasında dikey olan hayali bir düz çizgidir. Asal eksene paralel hareket ederek ince kenarlı merceğe gelen tüm ışık ışınları kırılarak merceğin odak noktasından geçer. Bir merceğin odak uzaklığı merceğin şekline bağlıdır. Eğer merceğin yanları daha az kavisli ise ışık ışınları daha az kırılır. Sonuç olarak daha az kavisli kenara sahip mercekler daha uzun odak uzunluğuna sahiptir. Görsel 4.89 ince kenarlı bir merceğe gelen ışınların nasıl kırıldığını gösteren gerçek bir fotoğraftır.



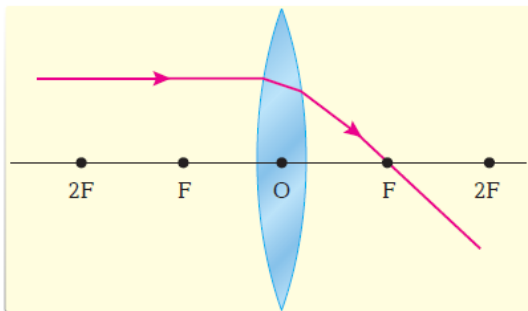
Görsel 4.88: Değişik tipte ince kenarlı mercekler



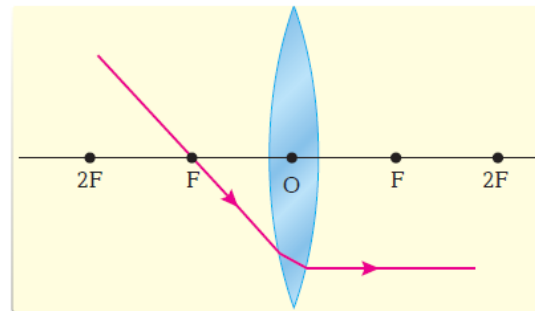
Görsel 4.89: İnce kenarlı merceğe asal eksene paralel olarak gelen ışınlar odak noktasında toplanacak şekilde kırılır. Merceğin asal ekseninden gelen ışın kırılmamaktadır.

İnce Kenarlı Mercekte Özel Işıklar

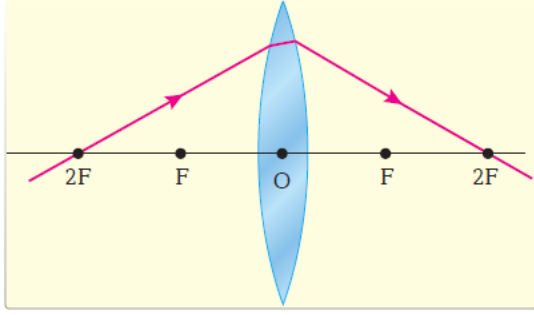
İnce kenarlı mercekte özel ışın ve görüntüler çukur aynadakilerin benzeridir. Çukur aynada yansıma, mercekte de kırılma olayı vardır. Şimdi aşağıdaki çizimlere bakarak özel ışınların ince kenarlı merceklerdeki davranışını inceleyiniz.



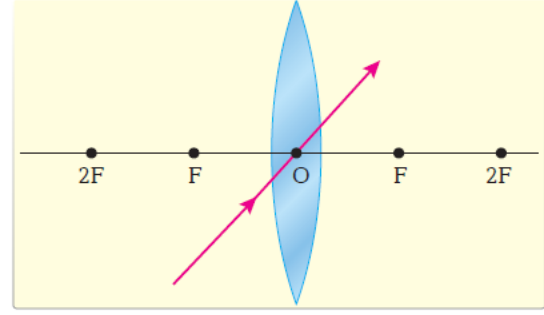
Görsel 4.90: Asal eksene paralel gelen ışın, ince kenarlı merceğin odak (F) noktasından geçecek şekilde kırılır.



Görsel 4.91: Işın, odak noktasından geçerek ince kenarlı merceğe geliyorsa asal eksene paralel olacak şekilde ince kenarlı mercekte kırılır.



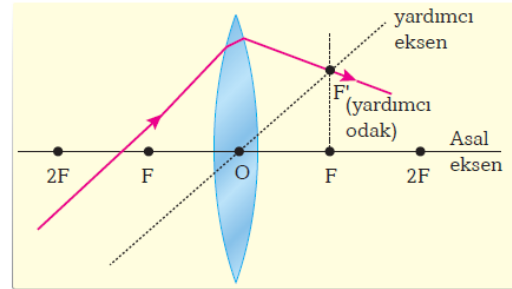
Görsel 4.92: Gelen ışın, $2F$ 'den geçerek ince kenarlı merceğe geliyorsa tekrar $2F$ 'den geçecek şekilde kırılır.



Görsel 4.93: Optik merkeze doğru gelen ışın, kırılmaya uğramadan yoluna devam eder.

İnce Kenarlı Merceklerde Herhangi Bir Işının Çizimi

İnce kenarlı mercek üzerine gelen herhangi bir ışının kırıldıktan sonra takip edeceği yolu belirlemek için bu ışına paralel bir yardımcı asal eksen, optik merkezden geçecek şekilde çizilir (Görsel 4.94). Daha sonra asal eksenin odağından yardımcı eksene dikme çıkılır. Yardımcı eksenle dikmenin kesiştiği noktada yardımcı odak elde edilir. İnce kenarlı merceğe gelen ışın, yardımcı odakta kırılır.



Görsel 4.94: İnce kenarlı mercekte herhangi bir ışının kırılması

Görsel 4.95'te görüldüğü gibi Güneş'in gerçek görüntüsünü bir kâğıt üzerinde oluşturarak o kâğıt tutuşturulabilir. Güneş ışınlarının Dünya'ya yaklaşık paralel olarak ulaştıklarını öğrendiniz. Işınlar mercek tarafından kırıldıktan sonra merceğin odak noktasında (F) kesişir. Bu noktadaki ışın yoğun olacağından kâğıdın tutuşmasına sebep olur.



Görsel 4.95: Bir kâğıt yakmak için yaksak mercek kullanılabilir.

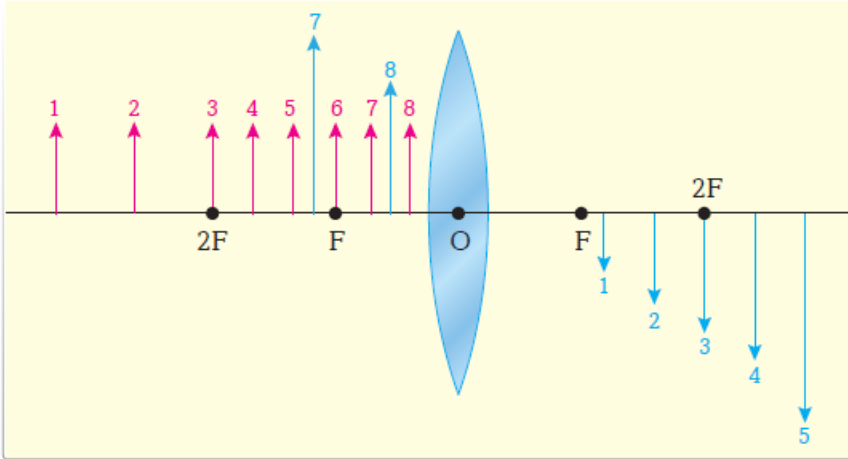
İnce Kenarlı Mercekte Görüntünün Özellikleri

İnce kenarlı merceklerde görüntü özellikleri cismin odak noktasındaki konumuna bağlıdır. Bir cisim ince kenarlı merceğin odak uzaklığının dışında ise ters ve gerçek görüntüsü oluşur (Görsel 4.96.a). Cisim sonsuzdan F odağına yaklaştıkça cismin oluşan ters ve gerçek görüntüsü büyüyerek merceğin diğer odağından uzaklaşır. Odaktaki bir cismin görüntüsü ise sonsuzda olur. Bundan dolayı odaktaki cismin görüntüsü görülmez. Cisim odakta sonra merceğe yaklaştıkça sanal görüntü küçülerek merceğe yaklaşır. Bu merceklerle odak uzaklığı içindeki cisimlere bakarsanız cisimleri olduğundan büyük ve düz görürsünüz. Büyüteçler bu amaçla kullanılan optik aygıtlardır (Görsel 4.96.b). İnce kenarlı mercek önündeki bir cismin optik merkeze uzaklığı ile görüntünün optik merkeze uzaklığı arasında ilişki Görsel 4.97'de verilmiştir. Görselde cisim sekiz farklı konumda kırmızı



Görsel 4.96: a) İnce kenarlı merceklerde odak uzaklığı dışındaki cisimler ters görülür. b) İnce kenarlı merceklerde optik merkezle odak noktası arasında bulunan cisimler büyük ve düz görülür.

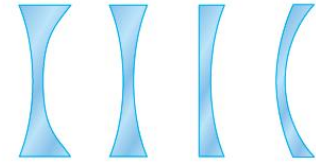
renkte, görüntüleri ise mavi renkle çizilmiş ve numaralanmıştır.



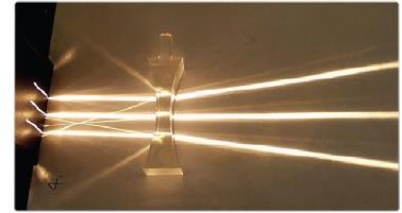
Görsel 4.97: İnce kenarlı mercekte cismin konumuna bağlı olarak görüntü oluşumu

Kalın Kenarlı Mercekler

Görsel 4.98'deki mercekler kalın kenarlı (içbükey) mercek olarak adlandırılır. Çünkü merceğin ortası kenarlardan daha incedir. Kalın kenarlı mercek, ıraksak mercek olarak da adlandırılmaktadır. Bu mercekler düşük bir kırılma indisine sahip bir madde ile çevrildiğinde (örneğin hava) ışık ışınlarını kırarak dağıtırlar (Görsel 4.99). Kırılan bu ışınlar ince kenarlı mercekte olduğu gibi asla odak noktasında buluşmaz. Bu nedenle kalın kenarlı merceklerde asla gerçek bir görüntü oluşmaz. Görüntü her zaman sanal, düz ve cisimden daha küçüktür. Kalın kenarlı mercekler bazı gözlük tiplerinde ve bazı teleskoplarda kullanılır. Bununla birlikte aygıtlarda genellikle ince kenarlı merceklerle birlikte kullanılır.



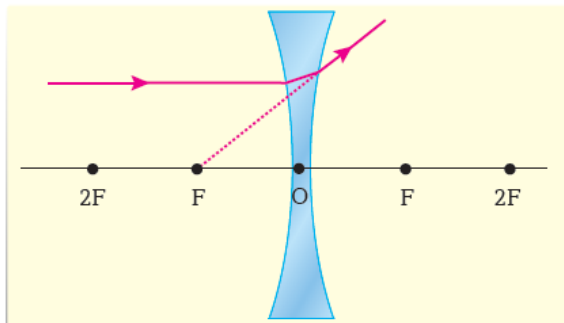
Görsel 4.98: Değişik tipte kalın kenarlı mercekler



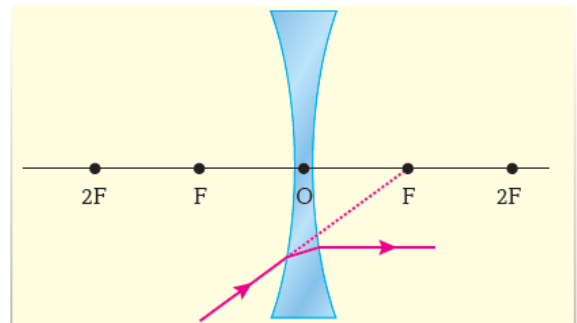
Görsel 4.99: Kalın kenarlı merceğe asal eksene paralel olarak gelen ışınlar uzantısı odak noktasında toplanacak şekilde kırılır. Merceğin asal ekseninden gelen ışın kırılmamaktadır.

Kalın Kenarlı Mercekte Özel Işıklar

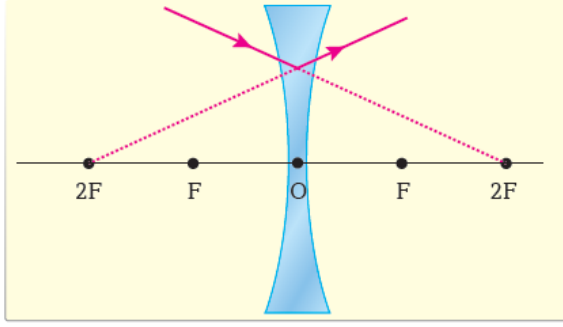
Kalın kenarlı mercekte özel ışın ve görüntüler tümsek aynadakilerin benzeridir. Tümsek aynada yansıma, mercekte kırılma olayı vardır. Şimdi aşağıdaki çizimlere bakarak özel ışınların kalın kenarlı merceklerdeki davranışını inceleyiniz.



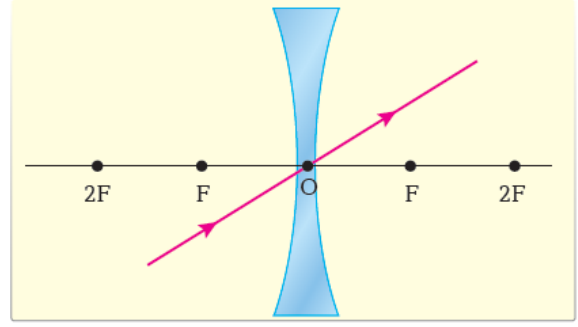
Görsel 4.100: Asal eksene paralel gelen ışın, uzantısı odak noktasından geçecek şekilde kırılır.



Görsel 4.101: Uzantısı odakta geçecek şekilde gelen ışın, asal eksene paralel gidecek şekilde kırılır.



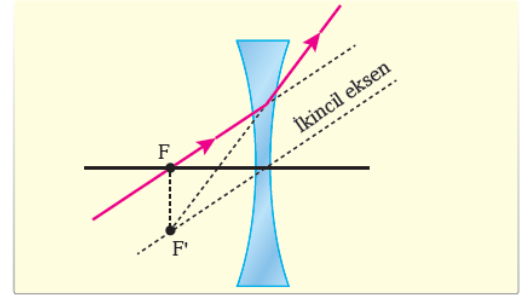
Görsel 4.102: Uzantısı $2F$ noktasından geçecek şekilde gelen ışın, yine uzantısı $2F$ noktasından geçecek şekilde kırılır.



Görsel 4.103: Optik merkeze gelen ışın, doğrultu değiş-tirmeden gider.

Kalın Kenarlı Merceklerde Herhangi bir Işının Çizimi

Kalın kenarlı mercek üzerine gelen herhangi bir ışının kırıldıktan sonra takip edeceği yolu belirlemek için bu ışına paralel bir ikinci eksen optik merkezden geçecek şekilde çizilir (Görsel 4.104). Ardından asal eksenin odağını ışığın gönderildiği tarafta dik kesen odak düzlemi çizilir. Odak düzlemi ile yardımcı eksenin kesiştiği nokta yardımcı odak noktası olarak belirlenir. Kalın kenarlı mercekten kırılan ışının uzantısı, bu yardımcı odakta geçecek şekilde çizilir.



Görsel 4.104: Kalın kenarlı merceklerde herhangi bir ışının kırılması

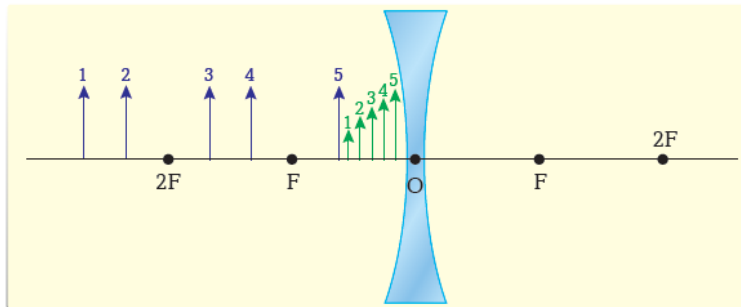
Kalın Kenarlı Mercekte Görüntünün Özellikleri

Kalın kenarlı bir mercek ile cisimlere baktığınızda cisimlerin daima küçük, düz ve sanal görüntülerini görürsünüz (Görsel 4.105). Cisim nerede olursa olsun görüntü her zaman cismin olduğu taraftaki odakla mercek arasında düz, sanal ve cismin boyundan küçük olur. Cisim merceğe yaklaştıkça görüntü de merceğe yaklaşır ve boyu büyür. Cisim sonsuz uzaklıkta ise görüntü odakta olur.



Görsel 4.105: Kalın kenarlı merceklerde daima küçük, düz ve sanal görüntüler oluşur.

Görsel 4.106'yı inceleyiniz. Bir cismin kalın kenarlı mercek önündeki beş farklı konumu mavi renkte çizilmiş ve rakamlarla etiketlenmiştir. Bu konumlardaki cisimlere karşılık gelen görüntüler ise yeşil renkle temsil edilmiş ve yerleri aynı rakam kullanılarak etiketlenmiştir.



Görsel 4.106: Kalın kenarlı mercekte cismin konumuna bağlı olarak görüntü oluşumu

İnce kenarlı ve kalın kenarlı merceklerden oluşan görüntülerin bir özeti Tablo 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.7: Merceklerde Oluşan Görüntülerin Karşılaştırmalı Özellikleri

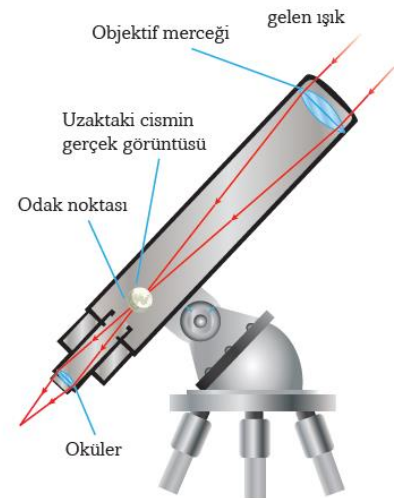
Mercek Tipi	Cismin Konumu	Görüntünün Özelliği		Büyüklüğü
		Sanal/Gerçek	Düz/Ters	
İnce kenarlı 	2f’den daha uzakta	Gerçek	Ters	Cisimden küçük
	2f uzaklığında	Gerçek	Ters	Cisimle aynı
	f ile 2f arasında	Gerçek	Ters	Cisimden büyük
	f’de	–	–	Görüntü yok
	optik merkez ile odak noktası arasında	Sanal	Düz	Cisimden büyük
Kalın kenarlı 	Herhangi bir konumda	Sanal	Düz	Cisimden küçük

Merceklerin Kullanıldığı Yerler Gözlükler

İnsan gözünün yapısında bir çeşit ince kenarlı mercek bulunur. Gözün yapısındaki bu mercek özelliğini yitirdiğinde görme kusurları meydana gelir. Hipermetrop olarak adlandırılan bu kusur, ince kenarlı mercek biçiminde yapılan kontak lenslerle veya ince kenarlı merceğin kullanıldığı gözlüklerle düzeltilir. Bir başka göz kusuru ise miyoptur. Miyop göz kusuru genellikle göz merceğinin ışığı olması gerekenden çok kırmasından kaynaklanır. Miyop göz kusuru olan kişiler uzağı iyi göremezler. Bu kusur kalın kenarlı mercek biçiminde yapılan kontak lensler veya gözlüklerle düzeltilir. Hipermetrop ve miyop göz kusurları haricinde birçok göz kusurunda da farklı tipte merceklerden yararlanılır.

Kırıcı teleskoplar

Yaygın kullanılmayan bir teleskop tipidir. Görsel 4.107’de görüldüğü gibi bu teleskoplarda uzaktaki cisimlerden gelen ışığı toplamak ve odaklamak için iki ince kenarlı mercek kullanılır. Uzak cisimlerden gelen ışık, objektif olarak adlandırılan ilk mercekten kırılır. Gök cisimleri çok uzakta bulundukları için gelen ışınlar hemen hemen merceğin asal eksenine paraleldir. Bu ışınlar teleskoba girdiğinde objektif olarak adlandırılan ilk merckte kırılır. Okülerden baktığınızda objektif merceğin oluşturduğu gerçek görüntünün büyütülmüş ve tersine çevrilmiş sanal görüntüsünü görürsünüz.



Görsel 4.107: Uzaktaki bir cisimden gelen ışık, teleskoba girerek objektiften ve okülerden geçer. Sonuç olarak teleskopta büyük, sanal bir görüntü oluşur.

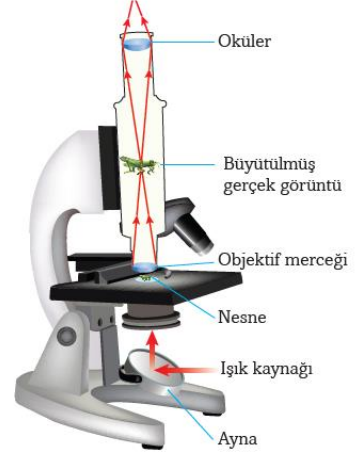
Mikroskoplarda

Bir mikroskopta küçük nesneleri büyötmek için odak uzaklıkları küçük olan iki ince kenarlı mercek kullanılır. Mikroskoplarda da teleskoplar gibi bir objektif merceği ve bir okülere sahiptir.

Ancak görüntülenen nesneler merceğe yakın olduğu için farklı şekilde tasarlanmıştır.

Görsel 4.108, basit bir mikroskobun çalışma mekanizmasını şematik olarak göstermektedir. Gözlenecek nesne, şeffaf lam üzerine yerleştirilir ve aşağıdan aydınlatılır. Işık gözlenecek nesneye çarpar ve daha sonra objektif merceğinden geçer. Objektif merceği ince kenarlı bir mercek olduğundan nesnenin gerçek, büyütülmüş bir görüntüsünü oluşturur. Çünkü nesneden objektif merceğine olan uzaklık bir ve iki odak uzaklığı arasındadır. Gerçek görüntü daha sonra büyütülmüş sanal bir görüntü oluşturmak için oküler tarafından tekrar büyütülür. Bu son görüntü, iki objektifin odak uzunluklarına bağlı olarak gerçek nesneden yüzlerce kat daha büyük olabilir.

Fotoğraf makinelerinde de mercek kullanılır.



Görsel 4.108: Bir mikroskopta küçük nesneleri büyötmek için iki ince kenarlı mercek kullanılır.

10.Sınıf Fizik Konu Özetleri

4.Ünite : Optik
4.Bölüm : Prizmalar ve Renk

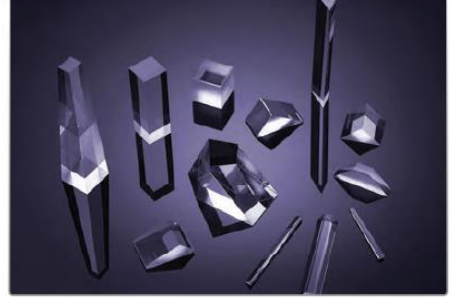
Işığın Prizmalardaki Hareketi

Bundan önceki bölümde bir ışık ışını paralel yüzlü bir camdan geçirdiğinizde çıkan ışınların, cama giren ışınlara paralel olduğunu öğrendiniz. Ancak camdan çıkan ışınların doğrultusunu paralel yüzlü olmayan bir cam parçası kullanarak değiştirebilirsiniz. Eğer iki yüzü

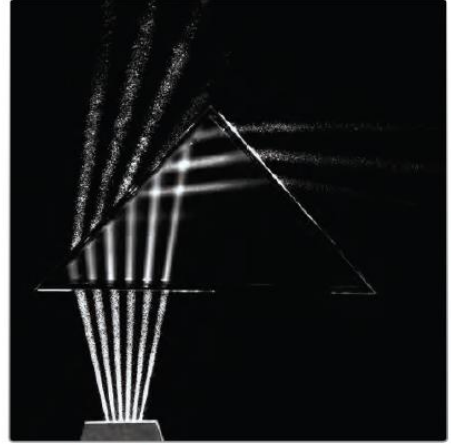
birbirine paralel değilse cama giren ışık ışını farklı doğrultuda çıkar. Prizma, optikte düz yüzeyleri olan ve ışığı kıran saydam cisimler olarak bilinir. Çeşitli optik cihazlarda değişik tiplerde prizmalar kullanılmaktadır.

Işığın yapısını ve prizmadaki davranışını ilk olarak Sir Isaac Newton (Sör Ayzek Nivtın 1642-1727) açıklamıştır. Görsel 4.112’de saydam maddelerden yapılan ve amaca göre farklı boyut ve şekillere sahip prizmalar görülmektedir. Görsel 4.113, hava ortamında bulunan bir prizmaya gönderilen ışık demetlerinin izlediği yolu göstermektedir. Burada 6 adet ince ışık demeti bir prizmanın alt tarafından cama girmektedir. Bu ışınlar prizmanın alt yüzüne yaklaşık dik olarak girdiklerinden ya çok az kırılır ya da kırılmadan geçerek prizmanın ikinci yüzüne ulaşırlar. Bu yüze farklı açılarla ulaşan ışınlardan soldaki ilk üç demet, kırılarak havaya çıkarken sağdaki üç demet, tam yansımaya uğrayarak tekrar camın içinde yol alırlar ve prizmanın sağdaki yüzünden kırılarak hava ortamına çıkar. Son üç demetin prizmanın içinde çarptıkları ilk yüze gelme açısını ölçerseniz, 42° ’den daha büyük bir açıyla geldikleri bulursunuz. Çünkü camdan havaya geçişte sınır açısı 42° ’dir. Işık sınır açısından büyük açıyla geldiğinde ışığın kırılmayı bırakıp tam yansımaya geçtiğini daha önce öğrendiniz. Görsel 4.113’te görüldüğü gibi camdan havaya (çok yoğun ortamdan az yoğun ortama) çıkarken gelme açısı arttıkça daha çok ışık yansımakta ve daha az ışık kırılmaktadır.

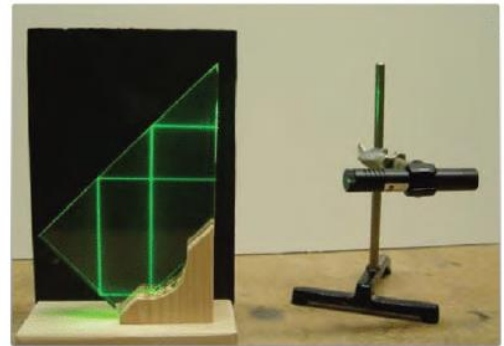
Şimdi Görsel 4.114’e bakınız. Bu görsel laboratuvarında yapılan bir deneyin fotoğrafıdır. Bu deneyde yeşil lazer ışığı bir prizmaya gönderilmiştir. Lazer ışığı, tek renkli bir ışık olup güneş ışığı gibi birçok renkten oluşmaz. Fotoğrafta da görüldüğü gibi lazer ışığı prizmanın içinde dört kez yön değiştirerek prizmayı terk etmiştir.



Görsel 4.112: Değişik tiplerdeki prizmalar



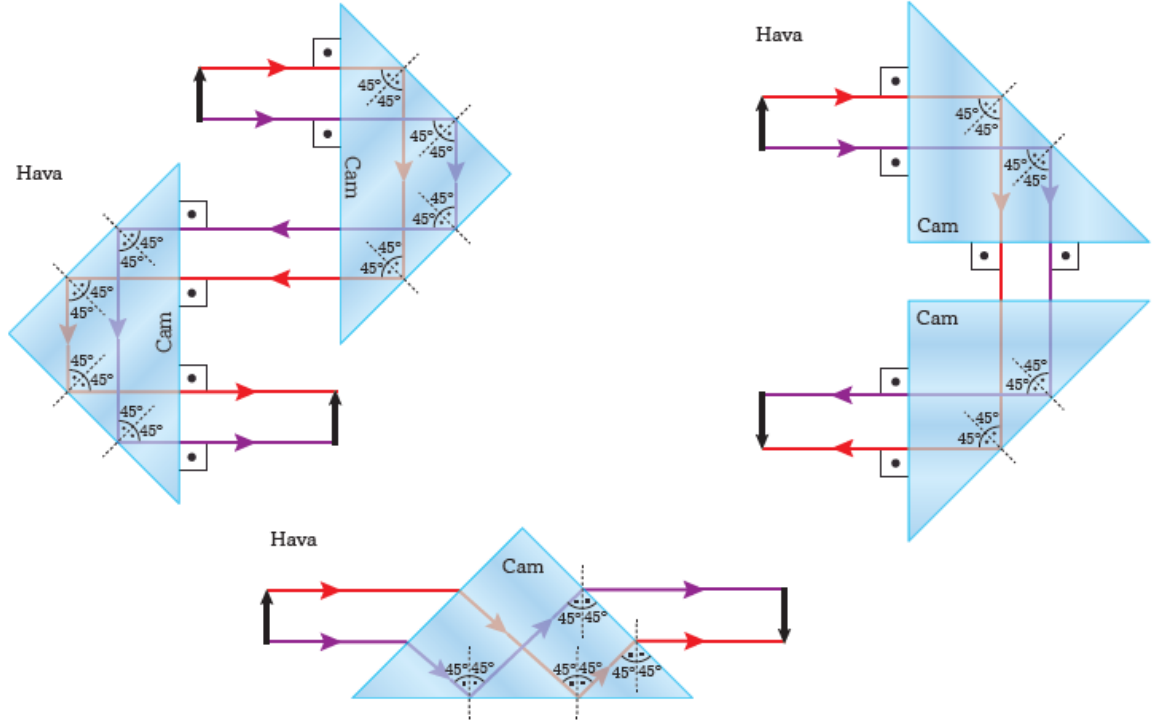
Görsel 4.113: Prizmaya alt kenardan gönderilen ışık demetlerinin prizmada izlediği yol



Görsel 4.114: Işın demetleri bazı prizmalarda tam yansımaya uğrayabilir.

Tam Yansımali Prizmalar

Bir ışık demetinin yönünü düzlem ayna kullanarak ya da ışığı tam yansımaya uğratarak değiştirebilirsiniz. Birçok optik ağıtta ışık demetinin yönü tam yansımali prizmalar kullanılarak değiştirilmektedir. Çünkü ışığın tam yansımali prizmalardaki parlaklık ve netlik kaybı aynalara göre daha azdır. Yanda ve aşağıda farklı türdeki tam yansımali prizmalara gönderilen ışınların izlediği yol ve bir cismin bu prizmalardaki görüntüsü verilmiştir.

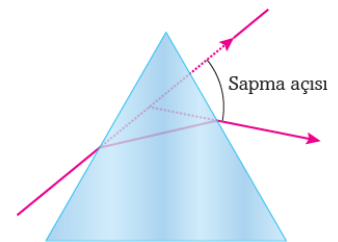


Görsel 4.115: Tam yansımali prizmalarda ışınların izlediği yollar

Kesitleri ikizkenar dik üçgen olan cam prizmalara tam yansımali prizmalar denir. Bu prizmaların hava içindeki sınır açıları 45° 'den küçüktür. Böyle bir prizmanın herhangi bir yüzüne dik düşen ışınlar, diğer yüze sınır açısından büyük gelme açısıyla düştüğü için tam yansımaya uğrar ve karşı kenardan dışarı çıkamaz. Bu prizmalarda gelen ışın, oluşan yansımalar sonucu ya sapar ya da ters çevrilir.

Tam yansımali prizmalar; dürbün, projeksiyon makinesi ve periskop gibi optik araçlarda ışığın yönünü ve görüntünün konumunu değiştirmektedir.

Hava ortamından prizmaya gönderilen bir ışık ışını, prizmaya girerken normale yaklaşarak kırılır. Çünkü prizma havaya göre daha kırıcı bir ortamdır. Işın, prizmadan çıkarken ise çok kırıcı ortamdaki az kırıcı ortama geçtiği için normalden uzaklaşarak kırılır.

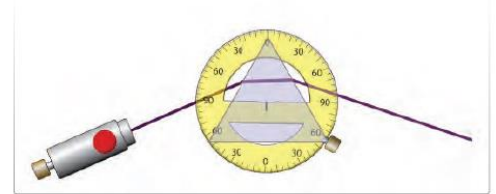
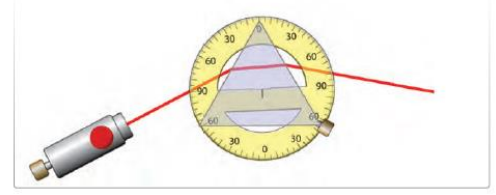


Görsel 4.116: Işığın prizmaya girdiği ilk doğrultu ile prizmayı terk ettiği son doğrultu arasındaki açıya sapma açısı denir.

Eğer simülasyonda prizmaya gönderdiğiniz ışığın rengini değiştirirseniz prizmadan çıkan ışığın da farklı oranlarda kırıldığını gözlemlersiniz.

Gelen ışının uzantısı ile prizmadan kırılarak tekrar hava ortamına geçen ışının uzantıları prizma içinde kesişir. Kesişen ışınların yaptığı açıya sapma açısı denir.

İşığın rengi prizmadaki sapmayı etkiler. Çünkü her renkteki ışık farklı oranlarda kırılır. Yani prizmanın kırılma indisi ışığın rengine bağlıdır (Görsel 4.117). Buradan yola çıkarak beyaz ışığın çeşitli renklerin bileşimi olduğunu ve cam gibi farklı ortamların kırılma indisinin çeşitli renkler için farklı olduğu sonucu elde edilir. Aynı zamanda bu sonuç ortaokul yıllarında öğrendiğiniz beyaz ışığın tüm ışık renklerinin bileşiminden oluştuğu bilgisini de açıklamaktadır.



Görsel 4.117: Bir prizmaya aynı açıyla gelen kırmızı ve mor ışıklardan, mor ışık kırmızıya göre daha fazla kırılır.

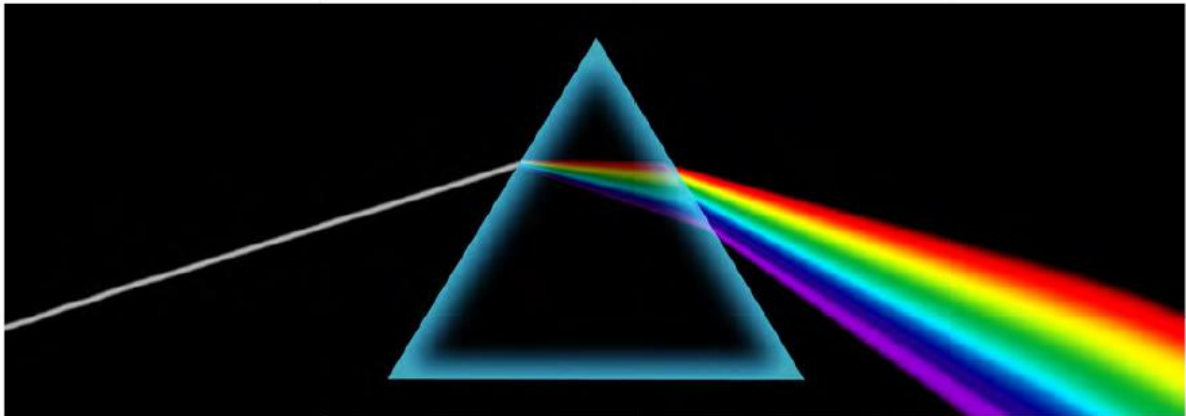
Beyaz Işığın Renklere Ayrılması

Görsel 4.118'e bakınız. Bu görsel bir ışık prizmasına gönderilen beyaz ışığın prizmadan çıktıktan sonra renklerine ayrılmasını göstermektedir. Beyaz ışık bir prizmadan geçerken Görsel 4.118'de gösterildiği gibi en çok mor ışık, en az kırmızı ışık kırılır. Snell Kanunu'ndan camın kırılma indisinin mor ışık için kırmızı ışığa göre daha büyük olması gerektiği sonucunu çıkarabilirsiniz. Genellikle mercekler ve prizmalarda kullanılan bir cam çeşidi olan "Crown" cam için kırılma indisinin renklerle nasıl değiştiği Tablo 4.8'de verilmiştir.

Görsel 4.118'de görüldüğü gibi mor ışık kırmızı ışıktan daha fazla kırılmaktadır. Bu durum cam prizmadan geçen mor ışığın ortalama hızının kırmızı ışığın ortalama hızından daha az olması sebebiyle oluşur.

Tablo 4.8: Crown Camın Renklere Göre Kırılma İndisi

Renk	Kırılma İndisi
Mor	1,532
Mavi	1,528
Yeşil	1,519
Sarı	1,517
Turuncu	1,514
Kırmızı	1,513



Görsel 4.118: Beyaz ışık bir prizmadan geçerken kendisini oluşturan renklere ayrılır.

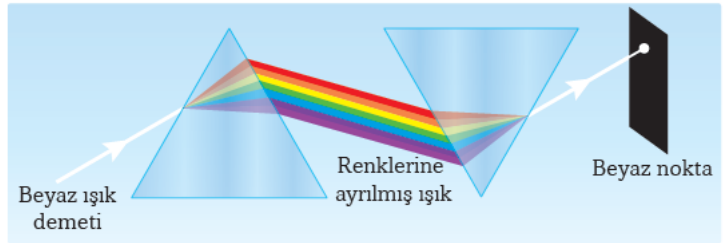
Mor ışık, kırmızı ışıktan daha yüksek bir frekansa sahiptir. Bu da mor ışığın prizma camının atomları ile farklı etkileşime girmesine sebep olur. Bunun sonucu cam prizma, mor ışık için kırmızı ışıktan daha yüksek bir kırılma indisine sahip olur. Tablo 4.8'e bakıldığında mor ve

kırmızı ışık arasındaki kırılma indisleri farkının çok küçük olduğu görülür. Kırılma indislerindeki bu kadar küçük fark bile beyaz ışığın kendisini oluşturan renklere ayrılmasına sebep olabilmektedir.

Işığın bir prizmadan geçtikten sonra bir spektrum şeklinde yayılmasına renklere ayrılma denir. Bu olay, ilk kez 17. yüzyılda Rene Descartes (Röne Dekart) ve Isaac Newton tarafından incelenmiştir.

Bununla birlikte Newton ışık spektrumundan bir rengi (örneğin mor rengi) prizmadan geçirerek başka renklere ayırmak istemiştir. Yaptığı deneylerde mor ışığın biraz daha yayıldığını ancak başka renklere ayrılmadığını gözlemlemiştir. Ayrıca yapılan deneyler göstermektedir ki spektrumdaki renkler prizmada her zaman aynı şekilde sapar. Örneğin sarı ışık her zaman yeşilden daha az, kırmızıdan daha çok sapar.

Newton, beyaz ışığın birçok rengin bileşiminden oluştuğunu gösterdiği gibi spektrumdaki renkleri de bir araya getirerek beyaz ışık elde etmeyi başarmıştır. Görsel 4.119'da görüldüğü gibi ince bir beyaz ışık demeti, bir prizma renklere ayrılıp elde edilen spektrum, birinciye göre ters tutulan ikinci bir prizma üzerine düşürmek suretiyle yapılabilir. Beyaz ışık birinci prizmadan kırılarak birbirinden ayrılırken ters prizma bu ışınlar tekrar kırılarak birbirine yaklaşır. Böylece farklı renklerdeki ışık demetleri ikinci prizmanın ötesinde konulmuş bir perde üzerinde yeniden beyaz görünür.

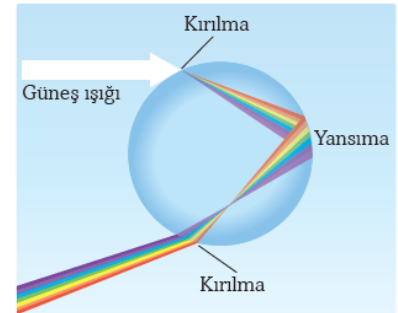


Görsel 4.119: Spektrum renkleri bir araya getirilirse beyaz ışık elde edilir.

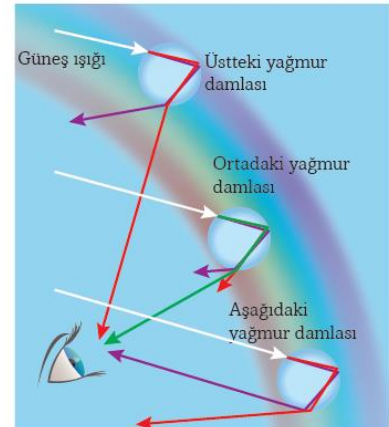
Gökkuşağı Nasıl Oluşur?

Yağmur damlaları, prizmalar gibi ışığı kırabilir. Gökkuşağı, güneş ışığının atmosferdeki su damlacıklarından geçerken kırılmasıyla oluşan bir spektrumdur. Görsel 4.120'de görüldüğü gibi farklı renklerin prizmalarda (yağmur damlasında) farklı açıda kırılması Güneş'ten gelen beyaz ışığın renklerine ayrılmasına neden olabilir. Işık ışınları, su damlalarının içine girerken ve içinden çıkarken birer kez kırılmaya uğrar. Ayrıca damlaların içindeyken birkaç kez yansıyabilirler. Her damlada tam bir spektrum oluşsa da Güneş ile yağmur damlası arasında bulunan bir gözlemci her damladan sadece belirli bir renkteki ışığı görecektir.

Gözlemlenen renk (dalga boyu), Görsel 4.121'de görüldüğü gibi Güneş'in, damlanın ve gözlemcinin göreceli konumlarına bağlıdır. Gökyüzünde birçok su damlası olduğundan gözlemci tam bir spektrum görür. Kırmızı ışığı yansıtan damlalar güneş ışınlarının yönü ile 42°'lik bir açı yaparken mavi ışığı yansıtan damlalar 40°'lik bir açı yapar.



Görsel 4.120: Beyaz ışık su damlasından geçerken farklı renkli (farklı dalga boyu) ışıklar farklı kırılır.



Görsel 4.121: Işığın renklere ayrılması sonucu her bir yağmur damlasından gözlemciye bir renk ulaşır.

Bazen, Görsel 4.122'de görüldüğü gibi başka bir gökkuşağı görebilirsiniz. İkinci gökkuşağı soluktur ve burada renklerin sıralanışı ilkinin tersidir. Su damlalarının içinde iki kez yansıyan ışık ışınları bu etkiyi oluşturur. Çok nadiren ikinci gökkuşağının dışında üçüncü gökkuşağı da görülebilir.



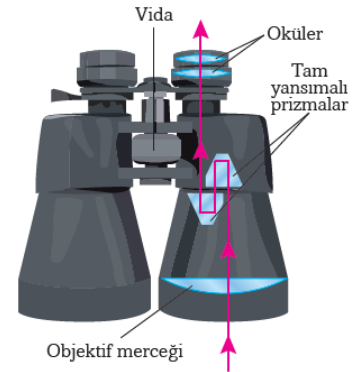
Görsel 4.122: Yağmur damlalarında meydana gelen ikinci yansıma, bazen renklerin tersine döndüğü ikinci bir gökkuşağını görmenizi sağlar.

Prizmalarının Kullanım Alanları

Prizmalar; fotoğraf makinesi, dürbün ve periskop gibi pek çok optik aletin yapımında kullanılır.

Dürbünler

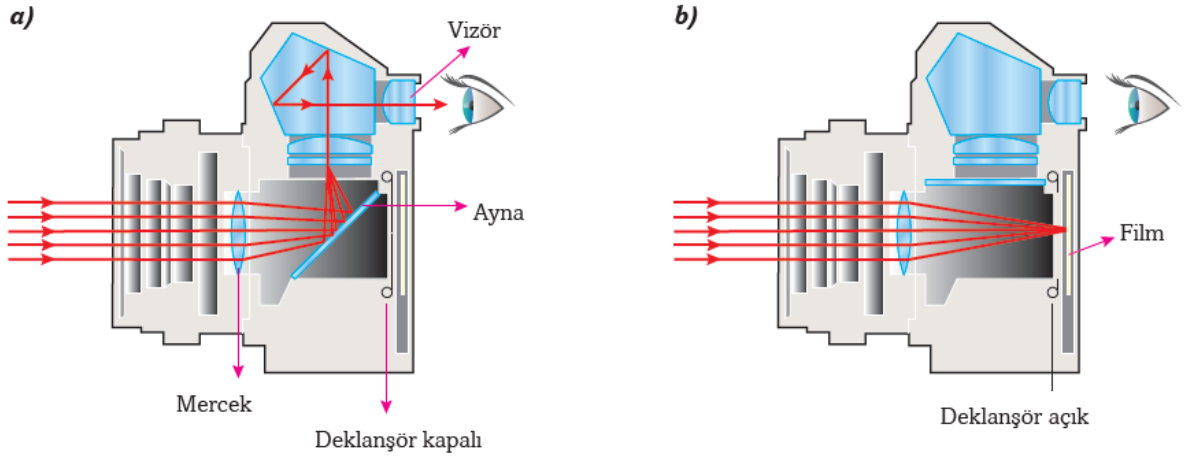
Dürbünler, teleskoplar gibi uzaktaki nesnelerin büyütülmüş görüntülerini oluşturur. Görsel 4.123, tipik bir dürbün tasarımını göstermektedir. Işık, görüntüyü tersine çeviren ince kenarlı merceğe gelir. Daha sonra görüntüyü tersine çevirmek için tam yansımaya uğrayacak iki prizma boyunca hareket eder. Böylece gözlemci, nesneye göre dik olan bir görüntü görür. Prizmalar ışığın ilerlediği ve dürbünün okülere doğru yönlendirdiği yolu genişletir. Dürbün ile uzaktaki bir cisme bakarken iki göz de kullanıldığından derinliği olan bir görüntü elde edilir.



Görsel 4.123: Dürbünler yan yana duran iki kırıcı teleskop gibidir.

Fotoğraf Makineleri

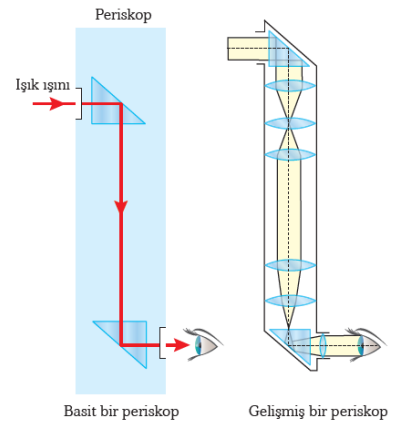
Görsel 4.124.a, tek mercekli bir kamerada kullanılan optik sistemi göstermektedir. Işık kameraya girerken ince kenarlı bir mercekten geçer. Bu mercek ışığın ayna üzerinde ters çevrilmiş bir görüntüsünü oluşturur. Görüntü, ışığı vizöre çeviren ve yeniden yönlendiren bir prizmaya doğru, yukarı yansıtılır. Kamerayı tutan kişi, fotoğraf çektiğinde Görsel 4.124.b'de görüldüğü gibi aynayı kaldıran deklanşöre basar. Bu durumda ışık prizmaya doğru değil de filmde bir görüntü oluşturmak için düz bir yol boyunca ilerler.



Görsel 4.124: Tek mercekli bir fotoğraf makinesinin yapısı

Periskop

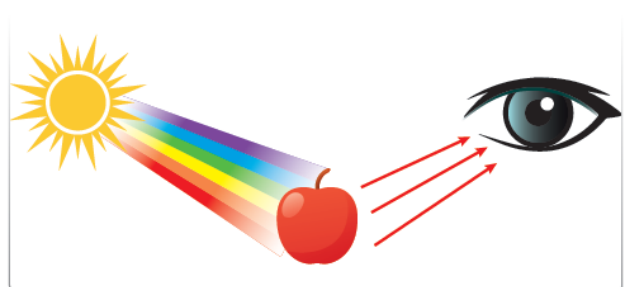
Basit bir periskop, her iki ucunda tam yansıtıcı prizma bulunan uzun bir tüptür. Bazı tiplerinde prizma yerine 45° 'lik açı yapan düz aynalar da kullanılır. Işık, periskobun üstündeki prizmanın dik yüzünden kırılmadan girer ve yansıtıcı yüzü 45° 'lik açı ile çarpar. Bu yüzeyden aynı açıyla yansıyan ışın, alttaki prizmaya yönelir. Bu prizmanın dik kenarından kırılmadan geçen ışın, tekrar yansıtıcı yüzden 45° 'lik açıyla yansıyarak gözlemcinin gözüne gelir. Bazı gelişmiş modellerinde prizmalar arasına mercek sistemleri yerleştirilerek daha iyi görüntüler elde edilebilir (Görsel 4.125).



Görsel 4.125: Periskopun yapısı

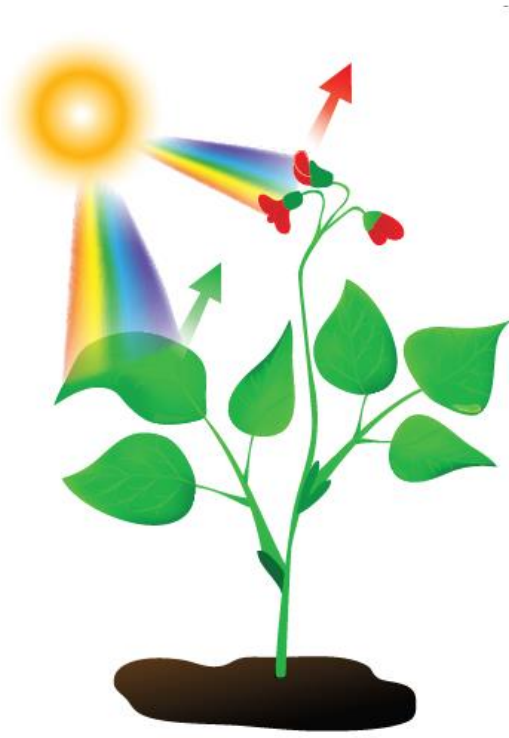
Renk

Bir nesnenin rengi, yansıttığı ışığın rengine (yani ışığın dalga boyuna) bağlıdır. Beyaz ışığın görülebilen tüm ışık renklerinin bir karışımı olduğunu biliyorsunuz. Bir cismin görülebilmesi için gözünüze o cisimden yansıyarak ulaşan ışık ışınlarının bulunması gerektiğini de öğrendiniz. Görsel 4.126'da görüldüğü gibi bir elmanın kırmızı görülmesinin sebebi bu elmanın üzerine düşen beyaz ışıktaki kırmızı ışığı yansıtması, diğer bütün renkleri soğurmasıdır. Elma yansıyan ışığın rengine, yani kırmızı görünür. Görsel 4.127, yeşil bir yaprağa çarpan beyaz ışığı göstermektedir. Yaprak sadece yeşil ışık yansıttığı için yeşil görülmektedir.

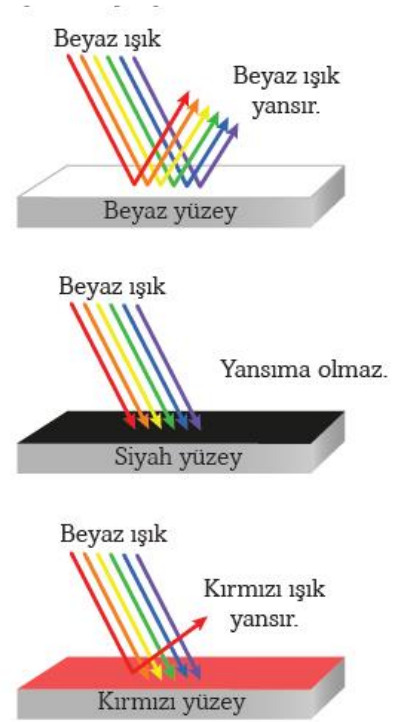


Görsel 4.126: Elma kırmızı ışığı yansıttığından kırmızı renkte görünür.

Beyaz ışık, sayfanın bu bölgelerine düştüğünde bu ışığın büyük çoğunluğu yansırken çok az kısmı soğurulur. Dolayısıyla bu bölgeler beyaz görünür. Aynı şekilde bu sayfada okuduğunuz yazılara ve görsellerin siyah kısımlarına bakınız. Bazı nesneler siyah görünse de siyah, görünür ışıktaki mevcut olan bir renk değildir. Bu sayfanın yazıları gibi bazı nesneler ışığın tüm renklerini soğurur ve gözünüze ya hiç yansımaz ya da çok az ışık yansır.



Görsel 4.127: Yapraklar yansıttığı ışığın renginde görünür.

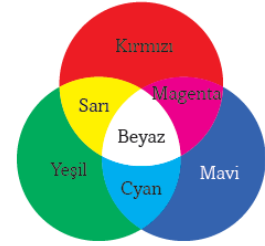


Renklerin Birleşimi

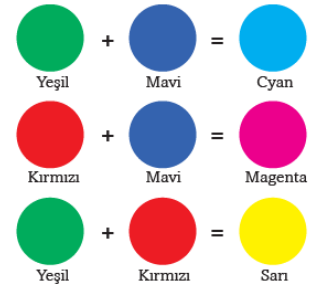
Evinizi boyatmak için bir boya dükkânına gittiğinizde satıcı, size aklınıza gelebilecek her renkte boya örneklerini seçebileceğinizi söyler. Örneğin yeşilin farklı tonu bir boya üretmek için mavi ve sarı boyalardan belli oranları karıştırılabilir. Ya da pigment denen boya molekülleri katılarak istenen renk ve tonda boya renkleri elde edilebilir. Benzer şekilde tiyatro gibi gösteri mekânlarından renkli ışıkların bileşimi ile birçok farklı renk ve tonda ışıklar elde edilebilmektedir.

Işık Renklerinin Birleşimi

Gökkuşağına baktığınızda sırasıyla kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor renkleri görürsünüz. Çünkü gözünüz sadece bu altı rengi ayırt edebilir. Ancak gökkuşağında sonsuz sayıda renk tonu olduğunu biliyor muydunuz? Bununla birlikte gökkuşağındaki bütün renkler belli yoğunluktaki kırmızı, mavi ve yeşil renklerin birleşimiyle elde edilebilir. Bu yüzden bu üç renge ışığın ana renkleri denir. Bu ana renkler, eşit yoğunlukta birleştirildiğinde Görsel 4.128’de görüldüğü gibi beyaz ışığı meydana getirirler. Ana renkler farklı yoğunluklarda birleştirildiklerinde etrafımızda gördüğümüz farklı renkler üretilebilir. Yani gün batımının parlak turuncu renginden bir dağ gölünün derin mavisine kadar gördüğünüz tüm renkler, bu üç ışık rengi birleştirilerek elde edilebilir. Bir televizyon veya bilgisayar ekranı nokta gibi minik kırmızı, yeşil ve mavi ışık kaynaklarını içerir. Bu ışık kaynaklarının birleşimi sonucu istenen renkler elde edilir. Her üç ışık rengi aynı yoğunluklara sahip olduğunda ekran beyaz görünür.



Görsel 4.128: Kırmızı, yeşil ve mavi, ışığın ana renkleridir.

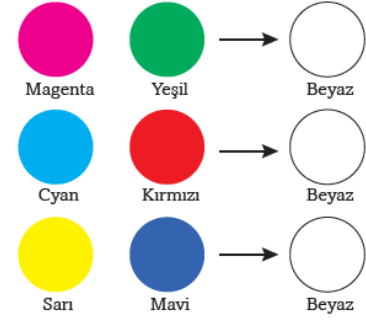


Görsel 4.129: Üç ana rengin ikili birleşiminden doğan renklere ikincil renkler denir.

Ana renkler, Görsel 4.129’da gösterildiği gibi üç ek renk oluşturmak için çiftler hâlinde birleştirilir. Kırmızı ve yeşil ışık birleşirse sarı ışık, mavi ve yeşil ışık birleşirse cyan (siyan), mavi

ve kırmızı ışık birleşirse magenta renkli ışık üretirler. Sarı, cyan ve magenta renkleri oluşur. Sarı, cyan ve magenta ikincil renkler (sekonder renkler) olarak adlandırılır. Çünkü bunlar iki ana renkten oluşmuşlardır.

Görsel 4.130'da görüldüğü gibi sarı ışık ve mavi ışık, eşit yoğunluklarla beyaz bir ekran üzerine düşürülürse yüzey beyaz görülür. Beyaz ışık elde etmek için birleştirilebilen iki ışık rengi birbirinin tamamlayıcı rengi olarak adlandırılır. Bu nedenle sarı ve mavi birbirlerinin tamamlayıcı rengidir. Aynı şekilde, cyan ve kırmızı ile magenta ve yeşil birbirinin tamamlayıcı renkleridir.



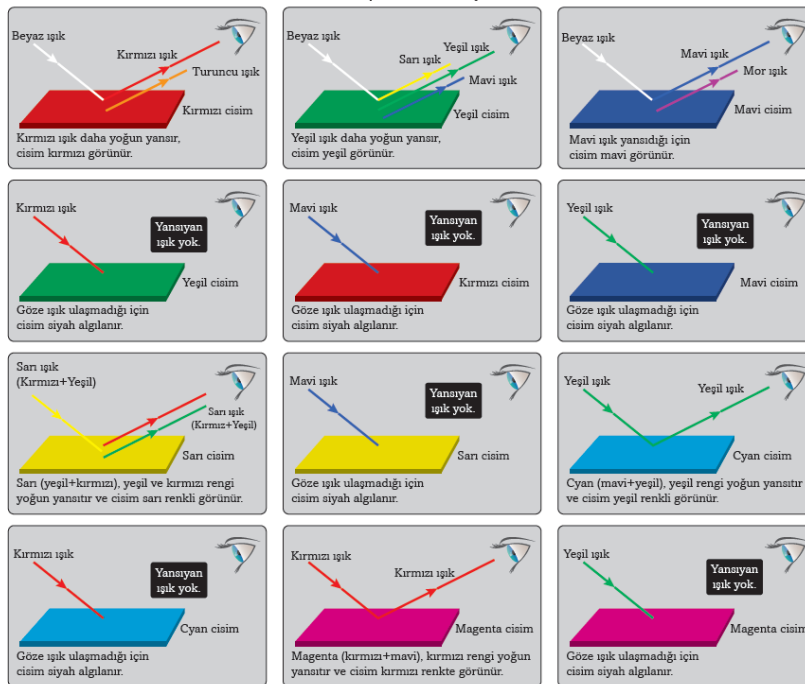
Görsel 4.130: Işık için tamamlayıcı renkler

Ev hanımlarının sararmış beyaz çamaşırlarını beyazlatmak için çivit ile yıkamasının sebebi budur.

Bir ışık ve onun tamamlayıcısı olan ışığın beyaz renkli ışık üretmek için birleşmesi, tiyatro gibi sahne performanslarında oldukça sık kullanılır. Örneğin sanatçıların üzerinde düşürülen mavi ve sarı ışıklar beyaz ışık etkisini meydana getirir. Kısaca farklı şiddetteki farklı renkte ışıklar kullanılarak birçok değişik renk elde edilebilir. Hiç, bir mağazadan satın aldığınız bir giysinin renginin eve getirdiğinizde farklı görüldüğüne şahit oldunuz mu? Eğer böyle bir durumla karşılaştıysanız aldığınız giysinin dükkânın içinde ve dışında farklı renklerde görünmesinin sebebi sizce nedir?

Bunun nedeni bazı mağazaların içerisindeki aydınlatma ışığının güneş ışığından farklı olmasıdır. Mağazadaki parlak floresan ışığı, giysilerin renklerinin biraz daha mavi tonlarda görünmesine yol açar.

Beyaz ışık altında kırmızı görülen bir cismin kırmızı ve kırmızıya yakın tonlar dışındaki bütün renkleri soğurduğunu biliyorsunuz. Bu durumda kırmızı renk yansıyarak gözünüze gelir ve cismi kırmızı görürsünüz. Ancak kırmızı cisim üzerine yeşil ışık gönderilirse bu ışık cisim tarafından soğurulacağı için yansıyan ışık olmayacak ve cisim siyah görünecektir. Bu yüzden renkli ışıkta baktığınız cisimlerin renklerini beyaz ışık altındaki renklerinden farklı görürsünüz (Görsel 4.132).

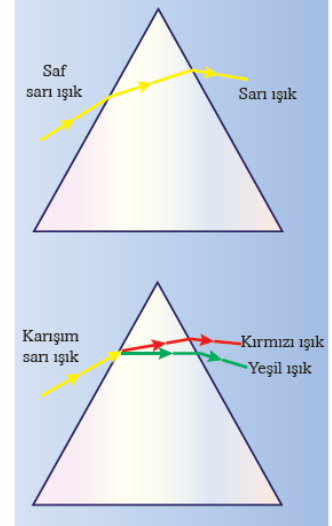


Görsel 4.132: Saydam olmayan bazı cisimler üzerine farklı renkte ışık ışınları gönderildiğinde bu cisimler yansıttıkları ışığın renginde görünür.

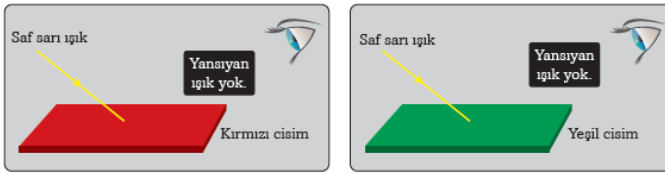
Saf Sarı ile Karışım Sarı Arasındaki Fark

Güneş ışığının içindeki sarı, saf sarı ışık olarak bilinir. Benzer şekilde sodyum lambalarının ürettiği ışık da saf sarıdır. Saf sarı ışığı bir prizmadan geçirerek bir ekran üzerine düşürürseniz sadece sarı bir görüntü elde edersiniz. Yani saf sarı, ışık spektrumunun renklerinden biridir ve spektrum renkleri başka renklere ayrılmaz. Saf sarı prizmada her zaman aynı şekilde sapar. Art arda kaç prizma kullanırsanız kullanın sarı ışık yeşilden az, kırmızıdan çok sapar.

Oluşan bu sarı karışım sarı olarak bilinir. Prizmaya gönderilen saf sarı başka renklere ayrılmazken karışım sarısı kendisini oluşturan kırmızı ve yeşil renklere ayrılır (Görsel 4.133).



Görsel 4.133: Saf sarı, prizmada bileşenlere ayrılmazken karışım sarı, kırmızı ve yeşil renklere ayrılır.



Görsel 4.134: Beyaz ışık altında kırmızı ve yeşil görünen cisimler, saf sarı ışık altında görünmez (siyah algılanır).

Görsel 4.134'te görüldüğü gibi güneş ışığı altında kırmızı ve yeşil görülen cisimler üzerine saf sarı ışık gönderdiğinizde cisim göremezsiniz (siyah görürsünüz). Çünkü yeşil ve kırmızı ışıklar sarı ışığı soğurur ve cisimden yansıyan ışın olmaz. Buna karşılık güneş ışığı altında kırmızı ve yeşil görülen cisimler üzerine karışım sarı ışık gönderirseniz cisimler yine kırmızı görülür. Çünkü karışım sarısı ışık, hem kırmızı hem de yeşil ışıklara sahiptir. Bu nedenle cisimler, üzerlerine düşen karışım sarı ışık içindeki kırmızı ve yeşil tonlarını ağırlıklı yansıttığından kırmızı ve yeşil renkli görülür (Görsel 4.135).



Görsel 4.135: Beyaz ışık altında kırmızı ve yeşil görünen cisimler karışım sarı ışık altında yine kırmızı ve yeşil görünür.

Boya Renklerinin Bileşimi

Bir nesnenin yüzeyindeki doğal ya da suni boyalar veya pigmentler o nesnenin rengini verir. Işık bir nesne tarafından soğurulduğunda ışık enerjisi üzerine düştüğü nesne tarafından alınır ve diğer enerji türlerine dönüştürülür. Örneğin kırmızı bir gömlek üzerine beyaz ışık düştüğünde, nesne içindeki boya molekülleri kırmızı ışığı gözünüze yansıtırken diğer tüm renkleri soğurur. Gömlek bu nedenle kırmızı görülür.

Her ressam; kırmızı, yeşil ve mavi boya karıştırdığında beyaz değil de çamur gibi koyu kahverengi bir renk oluşacağını bilir. Benzer şekilde kırmızı ve yeşil boyayı karıştırırsanız

ışıkta olduğu gibi sarı renk elde edemezsiniz. Işık renklerinin bileşimi kuralı, boya renklerini karıştırmada geçerli değildir.

Beyaz ışığın bir ana rengini soğuran ve diğer iki rengini yansıtan renkler, boya için ana (birincil) renktir. Örneğin sarı boya (veya pigment) mavi ışığı soğururken kırmızı ve yeşil ışığı yansıtır. Sarı, cyan ve magenta boya için ana renklerdir. İki ana rengi soğuran ve bir ana rengi yansıtan renkler boya için ikincil renklerdir.

Boylar gözünüze tek bir renkli mesaj gönderirken bir renk aralığını soğurur ve yansıtır. Örneğin, beyaz ışıktaki sarı boya sarı, kırmızı, turuncu ve yeşil ışığı yansıtırken mavi ve mor ışığı soğurur. Boya için iki ana rengin karışımıyla oluşan renk her iki boyanın yansıttığı ana ışık renkleriyle belirlenir.

Şimdi Görsel 4.136'ya bakınız. Tüm renklerin üst üste geldiği kesişim alanı siyah görülmektedir. Üç boya renginin karışımı, ışığın tüm ana renklerini emer. Çünkü karışıma dâhil olan her yeni renk kendi rengindeki ışığı yansıtır, diğer renkleri soğurur.

Böylece göze ulaşan renk gitgide azalır. Bütün renkler karıştırıldığında ise ışık renklerinin hepsinin soğurulması sonucu göze ışık ulaşmaz ve karışım siyah algılanır.

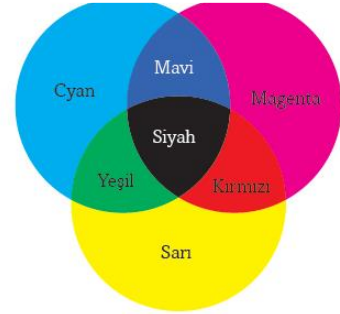
Görsel 4.136'dan ikincil boya renklerinin kırmızı (yeşil ve mavi ışığı emer), yeşil (kırmızı ve mavi ışığı emer) ve mavi (kırmızı ve yeşil ışığı emer) olduğunu fark ettiniz mi? Boya için birincil (ana) renklerin ışık için ikincil renkler olduğunu unutmayınız. Benzer şekilde boya için ikincil renkler ışık için ana renklerdir.

Magenta (mavimsi kırmızı), cyan (yeşilimsi mavi) ve sarı pigmentleri karıştırarak herhangi bir boya rengi elde edebilirsiniz. Renkli yazıcılar, bu kitabın sayfalarındaki gibi renkli baskılar yapmak için boya ana renklerini kullanır. Bununla birlikte renkli yazıcılar gerçek bir siyah renk için siyah mürekkep de kullanır. Pigmentler solüsyondan ziyade süspansiyon oluşturmak için karıştırılır. Çünkü kimyasal özellikleri değişmez ve aynı renkleri yansıtır ve soğururlar.

Işık Filtreleri

Işık filtreleri, belirli renklerdeki ışığı soğurup kendi rengindeki ışığı geçiren selofan kâğıt ve renkli cam gibi cisimlerdir. Bu okuduğunuz kitap sayfasına şeffaf bir jelatin arkasından bakarsanız benzer durumla karşılaşsınız. Kitap sayfasının beyaz kısımları jelatin ile aynı renkte görülür. Filtreler bir veya daha fazla ışık rengini geçiren ancak diğerlerini soğuran saydam maddelerdir. Bir filtrenin rengi, geçirdiği ışığın rengidir.

Görsel 4.138, kırmızı bir domatese mavi ve yeşil renkli filtrelerden baktığınızda ne olduğunu göstermektedir. Beyaz ışık altında kırmızı olan bir domatese Görsel 4.138.a'daki gibi



Görsel 4.136: Birincil boya renkleri magenta, cyan ve sarıdır. Bunları çiftler hâlinde karıştırılarak ikincil boya renkleri oluşturulur. Bunlar kırmızı, yeşil ve mavidir.



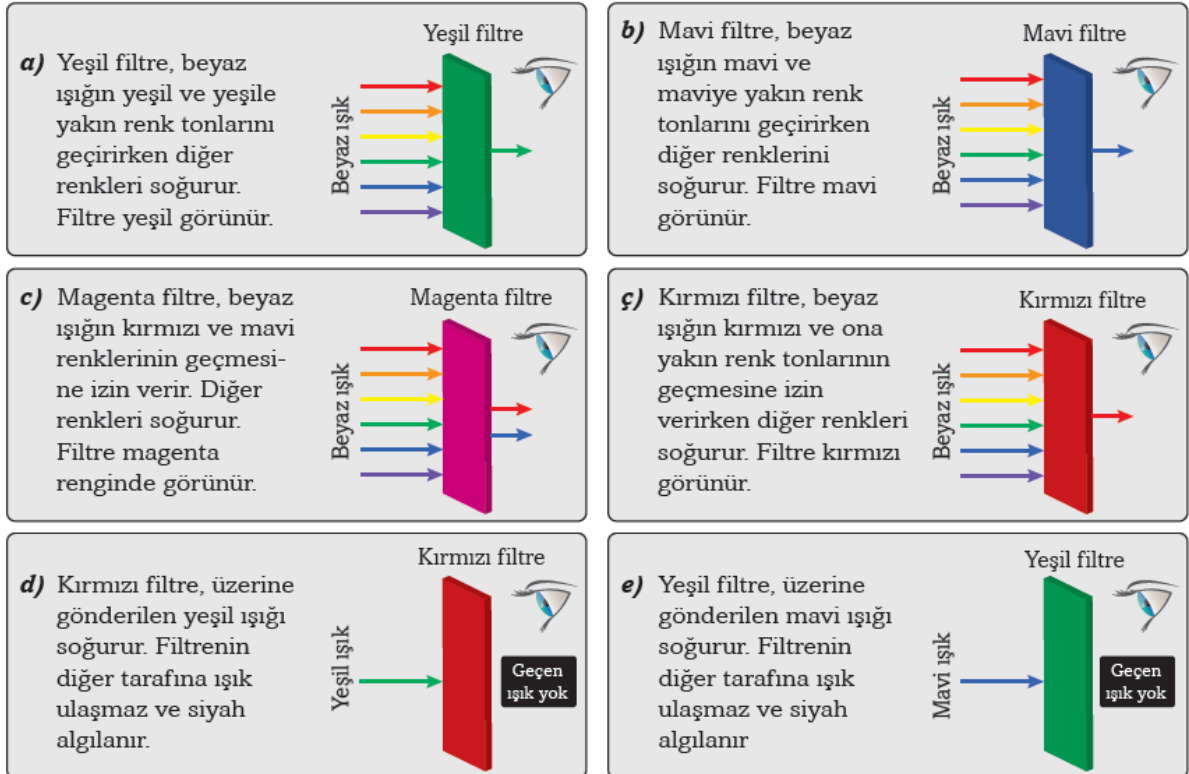
Görsel 4.137: Bu papağanın canlı renkleri ışığın birçok farklı dalga boyundaki renkleri temsil etmektedir. Ancak fotoğraf sarı, cyan, magenta ve siyah pigmentler kullanılarak oluşturulmuştur.

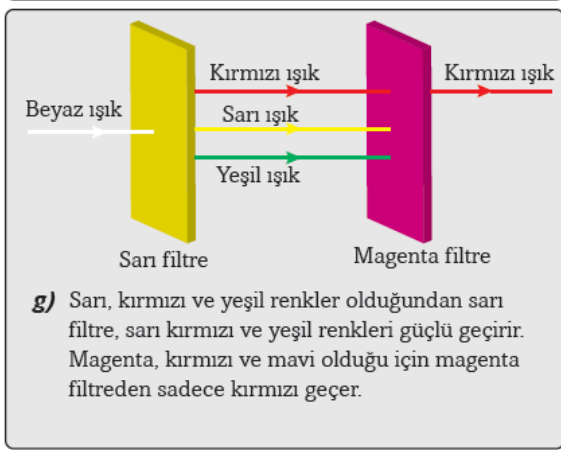
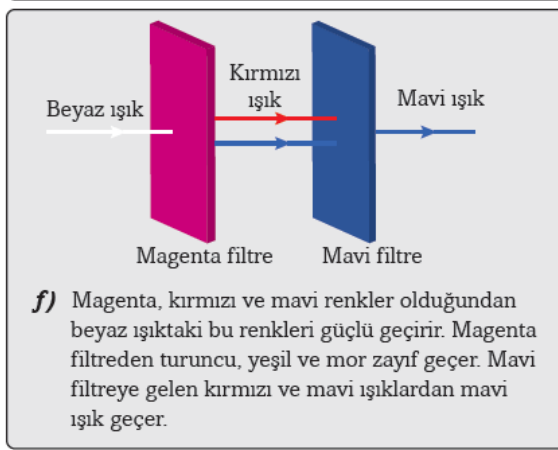
mavi bir filtre ile bakacak olursanız domates siyah görülür. Çünkü mavi filtre domatesten yansıyan kırmızı ışığı geçirmez. Görsel 4.138.b’de görüldüğü gibi domatese yeşil bir filtre ile bakarsanız yine domatesi siyaha yakın bir renk görürsünüz. Çünkü yeşil filtre domatesten yansıyan kırmızı ışığı geçirmez.



Görsel 4.138: a) Kırmızı domatese mavi filtreyle bakılırsa siyah görülür. **b)** Kırmızı domatese yeşil filtre ile bakılırsa siyah görülür.

Şimdi Görsel 4.139’a bakarak bazı ışık renklerinin filtrelerden nasıl geçtiğini anlamaya çalışınız.

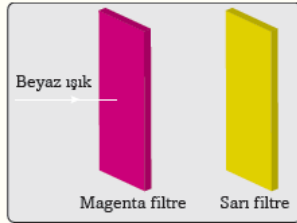




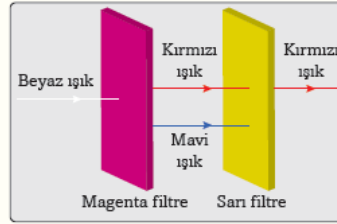
Görsel 4.139: Bazı ışık renklerinin filtrelerden geçişi

ÖRNEK PROBLEM

Aşağıdaki verilen filtre sisteminde göze ulaşan ışığın rengini belirleyiniz.



ÇÖZÜM



Magenta, kırmızı ve mavi renklerin karışımı olduğundan kırmızı ve mavi ışıkları güçlü geçirir. Sarı, kırmızı ve yeşil renklerin karışımı olduğundan kırmızı ve yeşil ışıkları güçlü geçirir. Sarı filtreden kırmızı ışık geçeceğinden göze ulaşan ışık kırmızı renktir.

ÖRNEK PROBLEM



Yukarıda görüldüğü gibi beyaz bir zemine mavi kalemle Fİ, kırmızı kalemle Z ve yeşil kalemle İK yazılıyor. Bu zemin, yeşil ışık ile aydınlatıldığında Fİ-ZİK kelimesi nasıl görülür?

ÇÖZÜM

Beyaz zeminde beyaz ışık altında mavi ve kırmızı görünen harflere yeşil ışık altında bakılırsa göze ulaşan ışık olmaz. Ancak beyaz ışık altında yeşil görünen harfler yeşil ışık altında aynı renkteki ışığı yansıtır. Bu nedenle beyaz zemin üzerindeki **FİZ** yazısı siyah algılanır. **İK** harflerinin okunmamasının sebebi beyaz zeminin de yeşil renkli ışığı yansıtmasıdır.

