



## IŞIĞIN KIRILMASI

Işığın saydam bir ortamdan, saydam başka bir ortama geçerken doğrultu değiştirmesine kırılma denir.



Sudaki kalemin kırılmış gibi görünmesinin sebebi ortam değiştiren ışığın kırılmasıdır.

- Işığın kırılması; ışığın, farklı ortamlarda farklı hızlarla hareket etmesinden kaynaklanır.

Ortam	Işığın Hızı (km/s)
Boşluk	300 000
Hava	299 913
Su	225 564
Cam	200 000

Bazı ortamlarda ışığın yayılma hızları

Ortamların ışığı kırıcılık özelliği sabit bir sayı ile ifade edilir ve buna kırılma indisi ya da kırıcılık indisi denir.

- Kırılma indisi  $n$  ile gösterilir.
- Işığın  $v_x$  hızıyla yayıldığı bir X ortamı için mutlak kırıcılık indisi, aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir. ( $c$ : Işık hızı)

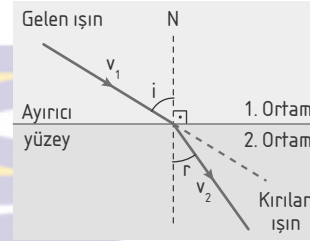
$$n_x = \frac{c}{v_x}$$

- Saydam bir ortamın başka bir saydam ortama göre kırılma indisine bağlı kırılma indisi denir. Kırılma indisi  $n_A$  olan A ortamının; kırılma indisi  $n_B$  olan B ortamına göre, bağlı kırılma indisi ( $n_{BA}$ ); aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir.

$$n_{BA} = \frac{n_A}{n_B}$$

## NOT

Kırıcılık indisi görece büyük olan ortamlara "çok yoğun ortam", kırıcılık indisi görece küçük olan ortamlara "az yoğun ortam" denir.



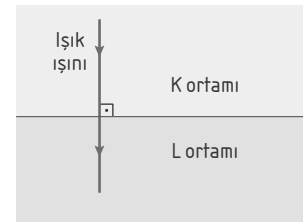
- Gelen ışının normale yaptığı açıya ( $i$ ) gelme açısı, kırılan ışının normale yaptığı açıya ( $r$ ) kırılma açısı denir.
- Gelen ışın, normal ve kırılan ışın aynı düzlemedir.
- Saydam iki ortam için gelme açısının sinüsünün kırılma açısının sinüsüne oranı her zaman sabittir. Bu durum Snell Yasası olarak bilinir.
- Snell Yasası aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \text{sabit}$$

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r \quad \text{ve} \quad n_1 \cdot v_1 = n_2 \cdot v_2$$

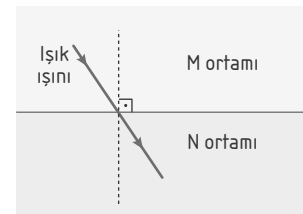
## NOT

- Ayırıcı yüzeye dik (normal doğrultusunda) gelen ışın doğrultu değiştirmeden yoluna devam eder fakat hızı değişir. Işığın bu iki ortamdaki hızları bilinmeden ortamların kırılma indisleri arasındaki ilişki bulunamaz.



K ile L ortamlarının kırılma indisleri karşılaştırılmaz.

- Bir ışın ayırıcı yüzeye dik gelmediği halde doğrultu değiştirmeden diğer ortama geçmişse bu iki ortamın kırılma indisleri eşittir.



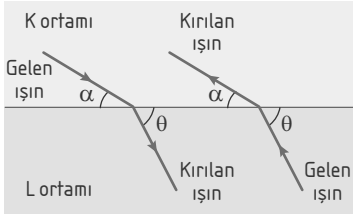
M ve N ortamlarının kırılma indisleri eşittir.

**NOT**

Az kırıcı ortamdan çok kırıcı ortama gönderilen ışık ışınları çok kırıcı ortama her açı değerinde geçer.

**NOT**

- Işık tersinir özellik gösterir.
- Kırılan ışını gelen ışın gibi düşündüğümüzde gelen ışın da kırılan ışın gibi olur. Hız ve açı değerleri değişmez.

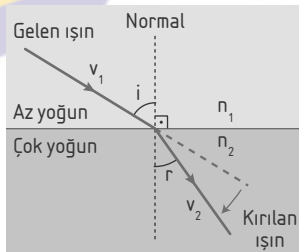


Kırılan ışın gelen ışın gibi düşünülebilir.

**IŞIĞIN KIRILMASI İLE İLGİLİ ÖZELLİKLER**

- Işık hızı, ışığın yayıldığı ortamın kırılma indisiyle ters orantılıdır. Işık, kırılma indisi küçük olan (az yoğun) ortamda daha hızlı, kırılma indisi büyük olan (çok yoğun) ortamda daha yavaş yayılır.
- Az yoğun ortamdaki çok yoğun ortama geçen ışınlar normale yaklaşarak kırılır.

$$n_1 < n_2; i > r; v_1 > v_2$$

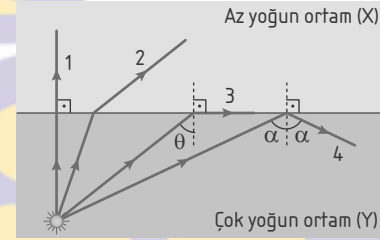


Az yoğun ortamdaki çok yoğun ortama geçen ışın

- Çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama geçen ışınlar normalden uzaklaşarak kırılır.

**TAM YANSIMA VE SINIR AÇISI**

- Işık çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama her zaman geçemez.
- Şekildeki gibi kırıcılık indisi büyük olan ortamdaki kırıcılık indisi küçük olan ortama gönderilen ışınlar için gelme açısı artırılırsa kırılma açısı da artar. Gelme açısının belli bir değerinde ( $\theta$ ), kırılma açısı  $90^\circ$  olur. Kırılma açısının  $90^\circ$  olduğu andaki gelme açısına sınır açısı denir.



- Ayrıcı yüzeye dik gelen ışınlar doğrultu değiştirmez. (1)
- Sınır açısından küçük açı ile gelen ışın normalden uzaklaşarak kırılır. (2)
- Sınır açısı ile gelen ışın, ortamları ayıran yüzeye paralel kırılır. (3)
- $\alpha$  açısı sınır açısından büyüktür. Işık ayırıcı yüzeye sınır açısından daha büyük bir açıyla geldiğinde yansımaya uğrayarak geldiği ortama geri döner. Bu olaya tam yansımaya denir. (4)

**NOT**

- $n_Y > n_X$  ve  $\theta$  sınır açısı olmak üzere;  $\sin \theta = \frac{n_X}{n_Y}$  dir.

Buna göre;

- $\frac{n_X}{n_Y}$  oranı büyüdükçe sınır açısı da büyür. Yani ortamların indis değerleri birbirine yakın ise sınır açısı büyür. Çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama geçiş kolaylaşır.
- $n_X$  ile  $n_Y$  arasındaki fark büyüdükçe sınır açısı küçülür. Yani ortamların indis değerleri arasındaki fark arttıkça sınır açısı küçülür. Çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama geçiş zorlaşır.

**NOT**

Görünür ışık spektrumunda kırmızı en az kırılan ışınken, mor en çok kırılan ışındır. Bundan dolayı "sınır açısı", kırılan ışığın rengine de bağlıdır.

- Mor ışığın sınır açısı, kırmızı ışığıkinden küçüktür.

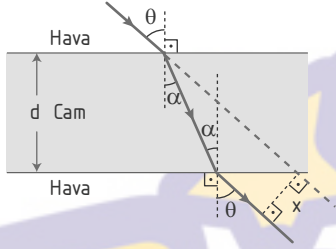
- $\theta$  sınır açısı olmak üzere;

$$\theta_{\text{mor}} < \theta_{\text{mavi}} < \theta_{\text{yeşil}} < \theta_{\text{sarı}} < \theta_{\text{turuncu}} < \theta_{\text{kırmızı}}$$



### PARALEL YÜZLÜ ORTAMLARDA KIRILMA

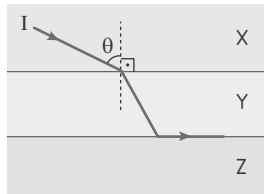
- Hava ortamındaki paralel yüzlü cama, şekildeki gibi gelen ışın, camı geçtikten sonra ilk geliş doğrultusuna paralel gider. Cama gelen ışınla, camdan çıkan ışın, şekildeki gibi  $x$  kadar paralel kaymaya uğramıştır.



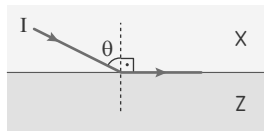
- Paralel kayma, ışığın paralel yüzlü ortama geldiği ve çıktığı ortamların kırılma indisleri eşit ise gerçekleşir.
- Şekildeki paralel yüzlü camı geçen ışının paralel kayma miktarı ( $x$ );
  - ➔ camın kalınlığı ( $d$ ) artarsa artar,
  - ➔ gelme açısı artarsa artar ( $\theta$  azalır, azalır),
  - ➔ ortamların kırıcılık indisleri arasındaki fark artarsa artar.

### NOT

- Paralel yüzeyli saydam X, Y ve Z ortamlarında I ışık ışınının izlediği yol şekildeki gibi olsun.



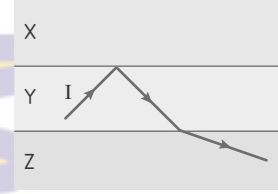
Bu durumda aradaki Y ortamı çıkartılıp, ışın X ortamından aynı açı ile gönderilirse, X'ten Y'ye geçen ışın için de kırılma açısı  $90^\circ$  olur. Bu sonuç, X - Y ve Y - Z için ayrı ayrı Snell Bağıntısı yazıldığında çıkar.



Kısaca, "aradan bir ortam çıkarıldığında ışının alt ortamda izlediği yol değişmez" diyebiliriz.

### Örnek

Bir I ışık ışınının, paralel X, Y ve Z saydam ortamlarında izlediği yol şekildeki gibidir.



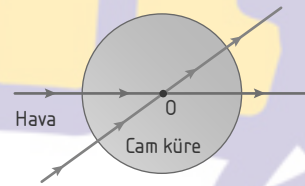
X, Y ve Z'nin kırılma indisleri sırasıyla  $n_X$ ,  $n_Y$  ve  $n_Z$  olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A)  $n_X < n_Y < n_Z$       B)  $n_Y < n_Z < n_X$       C)  $n_X < n_Z < n_Y$   
D)  $n_Z < n_X < n_Y$       E)  $n_Z < n_Y < n_X$

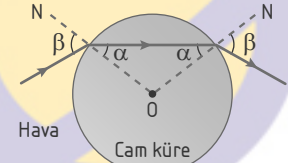
### Çözüm..

### IŞIĞIN KÜRESEL ORTAMLARDA KIRILMASI

- Küresel yüzeylerde, merkezden geçen bütün doğrular küre yüzeyine dik ve yüzey normalidir.
- O merkezli cam küreye merkez doğrultulu (normal doğrultusunda) gelen ışınlar kırılmalar sonucu doğrultu değiştirmez. (Şekil 1)

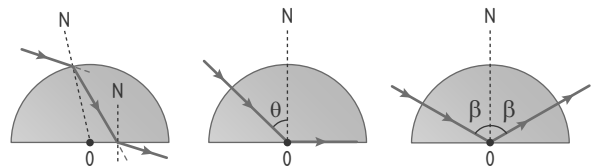


Şekil 1



Şekil 2

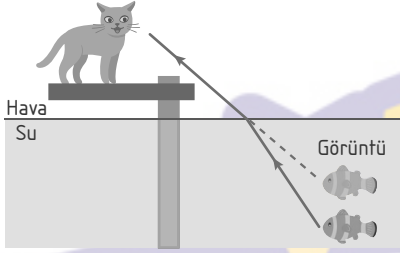
- O merkezli cam küreye  $\beta$  açısı ile gelen ışının, cam küreden çıkarken kırılma açısı  $\beta$  olur. (Şekil 2)



O merkezli yarım cam kürede kırılma örnekleri  
 $\theta$ : Camdan havaya geçen ışınlar için sınır açısı,  $\beta > \theta$  dir.

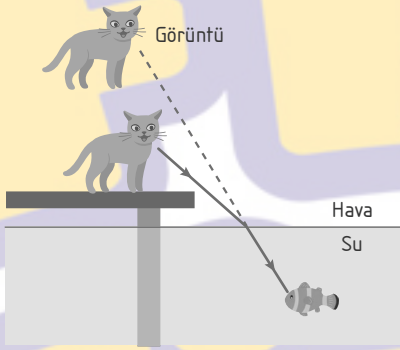
**GÖRÜNÜR UZAKLIK (DERİNLİK)**

- Şekilde; balıktan yayılarak, kediye ulaşan ışınlar sudan havaya geçerken normalden uzaklaşır. Kedi balığı, gözüne ulaşan ışınlar doğrultusunda, su yüzeyine daha yakında görür.



Kedi, balığı daha yakında görür.

- Şekilde; kediden yayılıp, balığa ulaşan ışınlar havadan suya geçerken normale yaklaşır. Balık kediyi, gözüne ulaşan ışınlar doğrultusunda, su yüzeyinden daha yukarıda görür.



Balık, kediyi daha uzakta görür.

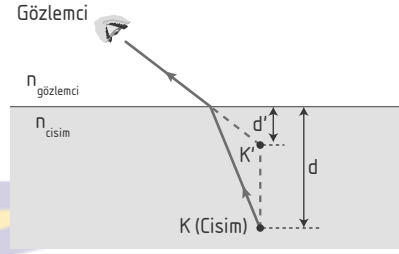


Yüzme bilmiyorsanız dikkat edin. Görüntü sizi yanıltmasın.

Havuz görüldüğünden daha derindir.

**NOT**

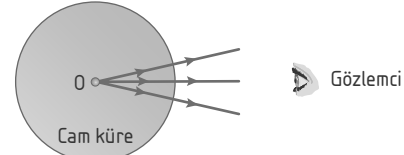
- Az yoğun ortamdaki, çok yoğun ortamdaki cisme bakıldığında, cisim olduğu yerden daha yakında görülür.
- Çok yoğun ortamdaki, az yoğun ortamdaki cisme bakıldığında, cisim olduğu yerden daha uzakta görülür.



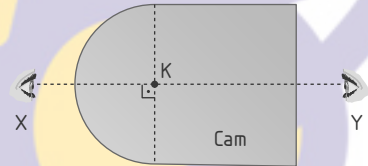
- Görünür uzaklık ( $d'$ ); gerçek uzaklık ( $d$ ) ve gözlemcinin bulunduğu ortamın kırıcılık indisi ile ( $n_{\text{gözlemci}}$ ) ile doğru orantılı, cismin bulunduğu ortamın kırıcılık indisi ile ( $n_{\text{cisim}}$ ) ile ters orantılıdır.
- Görünür uzaklık; gözlemcinin, ortamların ayırıcı yüzeyine olan uzaklığına bağlı değildir.

**NOT**

Hava ortamından saydam küresel bir cisme bakıldığında kürenin merkezindeki nokta, kendi yerinde görülür. Çünkü merkezden gelen ışınlar küre yüzeyinden, doğrultu değiştirmeden çıkar.

**Örnek**

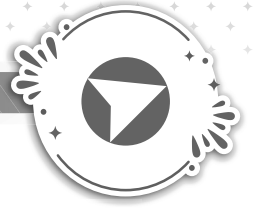
Bir bölümü küresel olan cam prizmanın içinde ve kürenin merkezi olan K noktasında bir cisim bulunmaktadır.



Buna göre, hava ortamından bu cisme şekildeki gibi bakan X ve Y gözlemcileri cismi nasıl görürler?

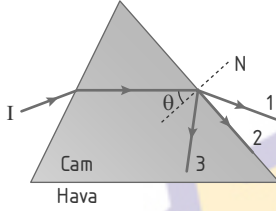
- A) İkisi de olduğu yerde görür.
- B) X olduğu yerde, Y olduğundan yakın görür.
- C) Y olduğu yerde, X olduğundan yakın görür.
- D) İkisi de olduğundan yakında görür.
- E) İkisi de olduğundan uzakta görür.

**Çözüm..**



## PRİZMALAR

Işık, prizmalarda da diğer ortamlarda olduğu gibi kırılma ve yansımaya kanunlarına uygun olarak ilerler.



*I ışık ışını prizmaya geçtikten sonra oluşan  $\theta$  açısı; sınır açısından küçük ise ışın 1 yolunu, sınır açısına eşit ise ışın 2 yolunu, sınır açısından büyük ise ışın 3 yolunu izler.*

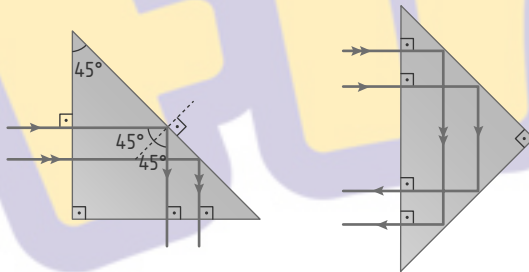
## TAM YANSIMALI PRİZMALAR

- Hava ortamında kullanılan ve kesiti ikizkenar dik üçgen olan cam prizmalara tam yansımali prizma denir.

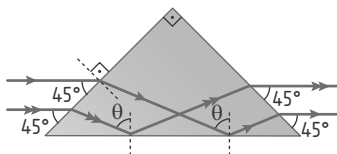


*Tam yansımali prizma*

- Camdan havaya geçen ışınlar için sınır açısı  $42^\circ$  dir. Cam prizma içinde yüzeye  $42^\circ$  lik açıdan daha büyük açı ile gelen ışınlar prizma içinde yansımaya uğrar.



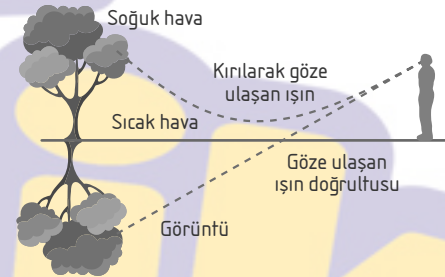
*Tam yansımali prizmada ışık ışınlarının izlediği yollar ve tam yansımaya olayı*



*Tam yansımali prizmada,  $90^\circ$  nin karşısındaki yüzeye paralel gelen ışınlar prizmayı, hipotenüse paralel terk eder.*

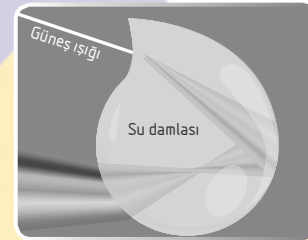
## KIRILMA VE TAM YANSIMANIN GÜNLÜK HAYATTA VE TEKNOLOJİDEKİ YERİ

- Sıcak ve soğuk havaların kırılma indislerinin farklı olmasından dolayı cisimlerden çıkan ışınlar, sürekli değişen kırıcılık indisli ortamda sürekli kırılmaya uğrayarak göze ulaşır. Göz, cismi göze ulaşan ışınların doğrultusunda görür. Bu görüntü zahiri görüntüdür. Yerdeki su birikintisinde oluşan görüntü algısı oluşturur. Bu olaya serap olayı denir.



*Serap olayı ile ilgili bir model*

- Mikroskoplar, örneğin bir hücre gibi çok küçük nesnelere büyütme için ışığın kırılmasını kullanır. Bu araçlar, özellikle bilimsel ve tıbbi araştırmalar için çok değerlidir.
- Gökkuşuğu oluşumu da ışığın kırılmasının güzel bir örneğidir. Yağmur damlaları, güneş ışığını kırarak ve dağıtarak farklı renklere ayırır.



*Gökkuşuğu oluşumu*

- Fotoğraf makineleri ve kameraların objektifleri, ışığın kırılması kullanılarak bir görüntüyü sensör ya da film tabakası üzerine odaklar.
- Meteorolojide, ışığın kırılması atmosferdeki su buharının ve diğer parçacıkların ölçülmesine yardımcı olur, bu da hava durumu tahminlerinin doğruluğunu artırır.
- Prizmalar, ışık gösterilerinde ve disko toplarında ışığı farklı renklere ayırmak için kullanılır, bu da çarpıcı görsel efektler yaratır.
- Mücevherlerde ve elmaslarda, prizmatik özellikler ışığı kırarak bir ışık şovu oluşturur.
- Prizmalar, ışık sensörlerinde kullanılır, bu sensörler genellikle güvenlik sistemlerinde ve otomatik kapılarda bulunur, bir nesnenin veya kişinin varlığını algılar.