

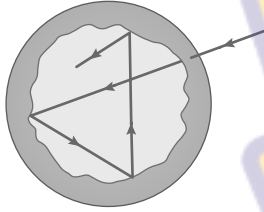


Siyah Cisim Işıması ve Fotoelektrik Olay

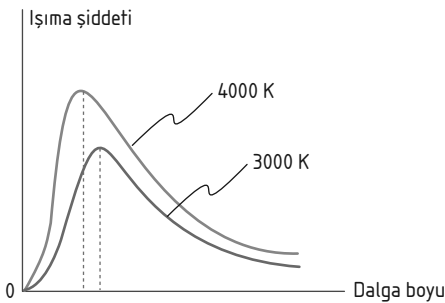
SIYAH CİSİM IŞIMASI

Sıcaklığı mutlak sıcaklığın üstünde olan bütün maddeler termal ışıma yapar. Üzerine düşen ışığın tamamını soğuran ve sıcaklığa bağlı olarak her dalga boyunda ışıma yapan cisimlere **siyah cisim**, bu cisimlerin sıcaklığa bağlı olarak yaptıkları ışımaya da **siyah cisim ışıması** denir. Güneş'ten ve köz halindeki kömürden yayılan ışıma siyah cisim ışımasıdır.

- ❖ Siyah cisim ışıması, her tarafı kapalı içi oyuk bir cismin üzerindeki küçük bir delikten giren ışığın şekilindeki gibi yansımalar sonucunda tamamen soğurulması neticesinde, sıcaklığı artan cismin termal ışıma yapması olayıdır.



- ❖ Yapılan deneyler sonucunda siyah cisimlerin bütün dalga boylarında ışıma yaptığı, bazı dalga boylarında ise ışımının daha büyük şiddette olduğu kanıtlanmış ve ışımının maksimum şiddette olduğu dalga boyunun cismin sıcaklığıyla ters orantılı olarak azaldığı gözlenmiştir.



- Sıcaklık arttıkça dağılımın tepe noktası daha kısa dalga boylarına doğru kayar. Bu durum Wien Yer Değiştirme Yasası olarak bilinir.
- Sıcaklığın artması ile cismin ışıma frekansı ve ışıma gücü artar. Grafiğin altında kalan alan, toplam ışıma gücünü vermektedir.

Tarihsel Süreç

- ❖ 1887'de Hertz, fotoelektrik etkileri keşfetti ve ışığın elektronları yaydığını gösterdi.
- ❖ Einstein (1905), fotonlar $E=h \cdot f$ enerjisine sahip olduğunu öne sürdü ve kuantum teorisini doğruladı (1921 de Nobel aldı). Planck'ın (1900) kuantizasyon çalışması,
- ❖ Bohr (1913), Heisenberg (1925), Schrödinger (1926) ve Dirac (1928) tarafından genişletildi, ardından kuantum alan teorisi ve Standart Model'e ulaşıldı.

PLANCK HİPOTEZİ

Klasik fiziğin yetersiz kaldığı siyah cisim olayını, Max Planck'ın maddenin enerji paketçikleri halinde ışıma enerjisi yaydığını söylemesi ile modern fiziğin temeli atıldı.

- ❖ Max Planck ortaya attığı bu yeni kuramda,
 - Işıma enerjisinin kuantumlar hâlinde soğurulup yayınlanabileceğini ve ışımının frekansıyla doğru orantılı olduğunu ifade etmiştir. Atomun kuantum sayısı n , ışımanın frekansı f ve Planck sabiti h olmak üzere, ışıma yapan cisimlerden salınan ışıma enerjisi;

$$E = n \cdot h \cdot f$$

$$E = n \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

- Moleküller, paketler halinde enerji yayınlr ve absorbe ederler. Bu enerji paketlerine daha sonra **foton** ismi verilmiştir.

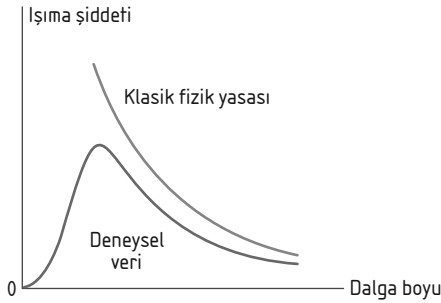
Fotonların Özellikleri

- ❖ Işık hızında hareket ederler, yaşlanmazlar.
- ❖ Kütsesizdirler.
- ❖ Enerji ve momentum taşırlar.
- ❖ Dalga-parçacık ikiliği gösterirler.
- ❖ Kendi antiparçacıklarıdır.

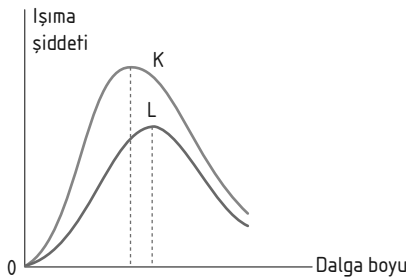
**NOT**

Klasik fizik yasalarına göre, ışının sürekli bir dalga boyu dağılımına sahip olması ve ışının dalga boyu küçüldükçe maddenin yayacağı enerjinin sonsuz bir değere yaklaşması gerekmektedir. Yapılan deneylerde elde edilen veriler bunun böyle olmadığını gösterdi.

Klasik teori ile deneysel veriler arasındaki bu tutarsızlığa bilim insanları **mor ötesi felaket** ismini verdiler.

**Örnek**

K ve L cisimlerine ait ışıma şiddeti - dalga boyu grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre,

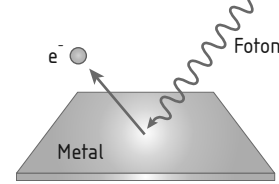
- I. K'nin sıcaklığı L'ninkinden büyüktür.
- II. K'den yayınlanan ışının toplam enerjisi L'ninkinden fazladır.
- III. L'nin sıcaklığı artırılırsa maksimum şiddetli ışımanın dalga boyu azalır.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

FOTOLEKTRİK OLAY

Işığın şekildeki gibi bir metale çarparak elektron sökmeye olayına **fotoelektrik olay**, kopan elektronlara **fotoelektron** denir. Elektronu kopartan ışık taneciklerine de **foton** adı verilir.



- ❖ Bir elektronu metalden koparmak için gerekli olan en küçük enerjiye **bağlanma (eşik) enerjisi** veya iş fonksiyonu denir. Bu enerjiyi sağlayan ışığın frekansına **eşik frekansı** (f_0), dalga boyuna da **eşik dalga boyu** (λ_0) denir.
- ❖ Eşik enerjisinden daha az enerjiye sahip fotonlar elektron sökemazler. Fotonların elektron sökebilmeleri için enerjilerinin eşik enerjisine, eşit ya da daha büyük olması gerekir.

EINSTEİN'İN FOTOLEKTRİK DENKLEMİ

Metal yüzeyine gönderilen ve eşik enerjisinden daha büyük enerji taşıyan bir foton, enerjisinin eşik enerjisi kadarlık kısmını elektronu sökmek için harcarken geriye kalan kısmını da kopardığı elektrona kinetik enerji olarak aktarır.

$$E_{\text{foton}} = E_{\text{bağlanma}} + E_{\text{kinetik}}$$

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} + \frac{1}{2} m \cdot v_e^2$$

$$(hc = 12400 \text{ eV}\cdot\text{\AA})$$

ÖSYM Benzeri

E enerjili fotonlar K metaline düşürüldüğünde sökülün elektronların maksimum kinetik enerjisi 4 eV, L metaline düşürüldüğünde de 1 eV oluyor.

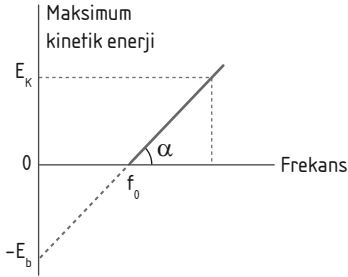
Buna göre, K ve L'nin eşik enerjileri sırasıyla ϕ_K ve ϕ_L aşağıdakilardan hangisi olabilir?

	ϕ_K (eV)	ϕ_L (eV)
A)	2	3
B)	3	2
C)	4	7
D)	2	6
E)	6	4



GELEN FOTONLARIN FREKANSI İLE KOPAN EKTRONLARIN MAKSİMUM KİNETİK ENERJİLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

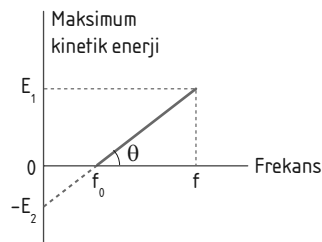
Bir metale gönderilen ışığın frekansı belli bir değere ulaştığında metalden elektron koparır. Frekans artırılmaya devam ettikçe fotoelektronların da kinetik enerjisi artar. Bu durumda ışığın frekansı ve fotoelektronların kinetik enerjisi arasındaki grafik şekildeki gibi olur.



- ❖ Grafiğe göre f_0 frekanslı fotonlar yüzeyden elektron söker ama fırlatamaz. f_0 dan büyük frekanslı fotonlar yüzeyden elektron söker ve fırlatırlar.
- ❖ Benzer şekilde λ_0 dalga boylu fotonlar yüzeyden elektron söker ama fırlatamaz. λ_0 dan küçük dalga boylu fotonlar yüzeyden elektron söker ve fırlatırlar.
- ❖ Grafiğin eğimi tüm metaller için aynı ve Planck sabitine (h) eşittir.
- ❖ Fotoelektrik olayda, bir fotonun enerjisi ne olursa olsun metal yüzeyinden ancak bir elektron sökebilir.
- ❖ Eşik enerjisi yalnız metalin cinsine bağlıdır.

ÖSYM Benzeri

Bir fotoelektrik olayı deneyinde, metalden kopan elektronların maksimum kinetik enerjisinin, metale gönderilen ışığın frekansına göre değişim grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre,

- f_0 , eşik frekansıdır.
- E_2 , metalin bağlanma enerjisidir.
- Metalin cinsi değiştiğinde θ açısı da değişir.

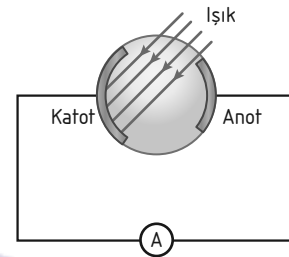
yargılarından hangileri doğrudur?

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

FOTONLARIN MAKSİMUM KİNETİK ENERJİSİ, DOYMA GERİLİMİ VE EŞİK ENERJİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

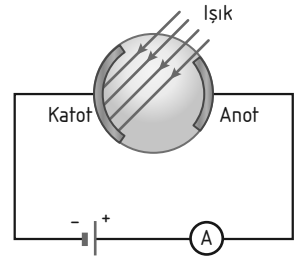
Üzerine düşürülen ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren düzeneğe **fotosel** denir. Fotosel devrede ışığın düştüğü levhaya **katot**, fotoelektronların ulaştığı levhaya ise **anot** denir.

- ❖ Devrede bir akımın oluşması için gelen ışığın enerjisi bağlanma enerjisinden büyük olmalıdır. Devrede bir üreteç olmadan şekildeki gibi ışık düşürüldüğünde, katottan kopan elektronların bir kısmının anoda ulaşması sonucunda oluşan akıma fotoelektrik akım (i_0) denir.

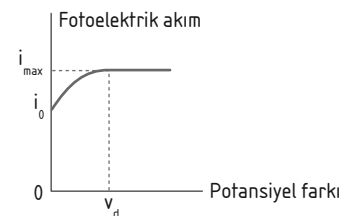


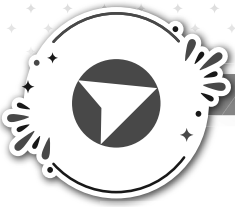
- ❖ Metal yüzeyine düşürülen ışığın şiddetini (foton sayısını) artırmak, anot-katot yüzeyini büyütmek, anot-katot levhaları arasındaki uzaklığı azaltmak, katot yüzeyine düşürülen fotonların enerjilerini artırmak, bağlanma enerjisi küçük metal kullanmak, ışık kaynağı noktasal ise ışık kaynağını katot levhasına yaklaştırmak i_0 akımını artırır.

- ❖ Fotosele bir üreteç şeklindeki gibi bağlandığında, üreteç levhaları yükleyerek bu levhalar arasında bir elektrik alanı neden olur. Oluşan elektrik alanın etkisiyle katottan kopan fotoelektronların anoda ulaşma ihtimali artar. Bu durumda fotoelektrik akım da artar.



- ❖ Potansiyel fark arttıkça fotoelektrik akım artar. Potansiyel farkın belli bir değerinden sonra akım maksimum değerine ulaşır. Akım maksimum değere ulaştığında katottan sökülen tüm elektronlar anoda ulaşmış olur. Fotoelektronların hepsinin anoda ulaşmasını sağlayan potansiyel farkına **doyma gerilimi** (V_d), oluşan akıma **doyma akımı** veya **maksimum akım** ($i_{\max}$) denir.

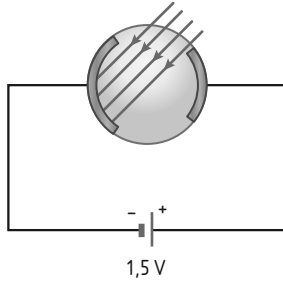




Siyah Cisim Işınması ve Fotoelektrik Olay

ÖSYM Benzeri

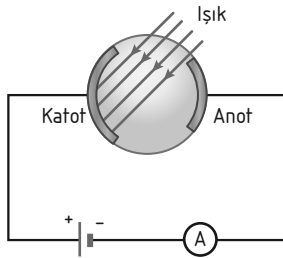
Katodunun eşik enerjisi 3,1 eV olan bir fotosel tüpü 1,5 V'lık bir üretece şekilindeki gibi bağlanmıştır.



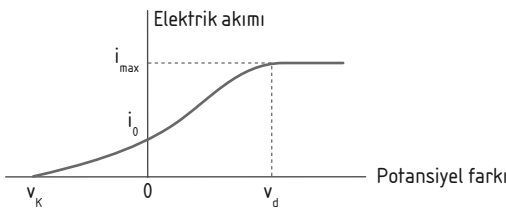
Tüpün katoduna 4 eV enerjili fotonlar gönderildiğinde, katottan sökülen elektronlar, anoda en çok kaç eV'lık kinetik enerji ile çarpar?

- A) 1,8 B) 2,4 C) 2,6 D) 2,8 E) 3

- ❖ Fotocele bir üreteç şekilindeki gibi bağlandığında levhalar arasında zıt bir elektrik alan oluşarak katottan kopan fotoelektronların anoda ulaşmasını zorlaştırır. Anoda ulaşacak fotoelektronların sayısında azalma olacağından fotoelektrik akım da azalır.

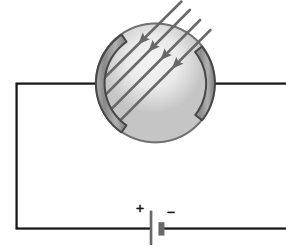


- ➔ Potansiyel fark artırılarak fotoelektronların kinetik enerjisini sıfırlayacak değere getirilirse devreden akım geçmez. Fotoelektrik akımını sıfır yapan potansiyel farkına **kesme gerilimi** (V_K) denir.



Örnek

Katodunun eşik enerjisi 2 eV olan bir fotosel tüpü bir üretece şekilindeki gibi bağlanmıştır.



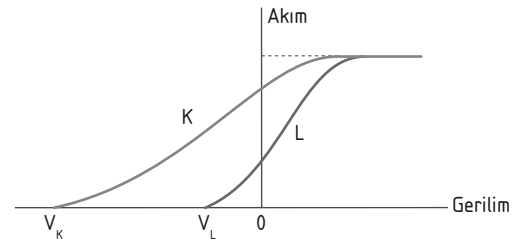
Tüpün katoduna 5 eV enerjili fotonlar gönderildiğinde, kopan elektronların maksimum kinetik enerjisi 1,4 eV olduğuna göre, üreticinin elektromotor kuvveti kaç V'dır?

- A) 1,2 B) 1,4 C) 1,6 D) 1,8 E) 2

NOT

- ❖ $i_{\max}$ akımı sadece katot yüzeyine gelen foton sayısına bağlıdır.
- ❖ Kesme gerilimi, gelen fotonun enerjisi ve frekansı ile doğru orantılıdır. Fotonun enerjisi artarsa V_K artar.
- ❖ Kesme gerilimi, gelen ışığın dalga boyu ile ters orantılıdır. Gelen ışığın dalga boyu artarsa, gelen ışığın enerjisi azalır. Bu durumda V_K azalır.
- ❖ Kesme gerilimi, katotta kullanılan metalin bağlanma enerjisi ile ters orantılıdır. Metalin bağlanma (eşik) enerjisi artarsa V_K azalır.

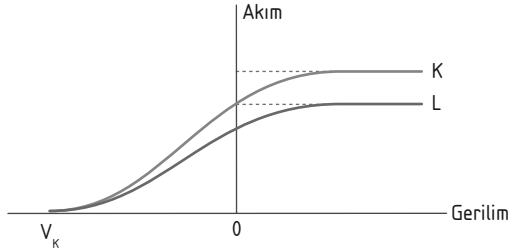
- ❖ Aynı fotosel lambaya, sabit ışık akısı ile gönderilen K ve L ışık demetlerinin oluşturduğu fotoelektrik akımın gerilime bağlı grafiği şekilindeki gibi ise,



- ➔ Kesme potansiyelleri arasındaki ilişki; $V_K > V_L$ dir. Bu nedenle, gelen fotonların frekansları arasındaki ilişki; $f_K > f_L$, dalga boyları arasındaki ilişki; $\lambda_L > \lambda_K$ dir.
- ➔ Maksimum akımları eşit olduğundan gönderilen K ve L ışık demetlerinin ışık şiddetleri arasındaki ilişki; $I_K = I_L$ dir.



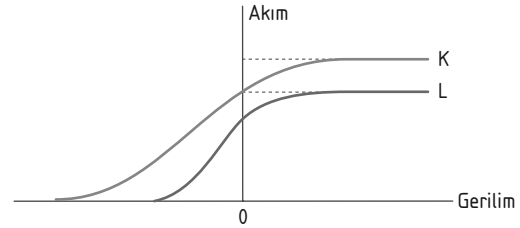
- Aynı fotosele ayrı ayrı gönderilen K ve L ışık demetlerinin akım-gerilim grafikleri şekildedeki gibi ise,



- K ve L fotonların kesme potansiyelleri V_K eşittir. Bu nedenle elektronların maksimum kinetik enerjileri ve gelen fotonların frekansları, dalga boyları ve enerjileri eşittir.
- Akımların maksimum değerlerinin farklı oluşu, K ve L ışık demetlerinin ışık şiddetlerinin farklı olduğunu gösterir. Işık şiddetleri arasındaki ilişki $I_K > I_L$ dir.

Örnek

Bir fotosel lambada aynı katod yüzeyine ışık akıları sırasıyla Φ_K ve Φ_L , frekansları sırasıyla f_K ve f_L olan ışınlar düşürülüyor. Meydana gelen fotoelektrik akımının potansiyel farka bağlı değişim grafiği şekildedeki gibi oluyor.

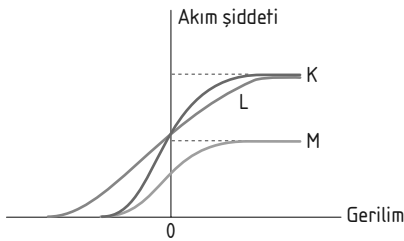


Buna göre; Φ_K ile Φ_L ve f_K ile f_L arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $\Phi_K > \Phi_L$
 $f_K < f_L$
- B) $\Phi_K > \Phi_L$
 $f_K > f_L$
- C) $\Phi_K > \Phi_L$
 $f_K = f_L$
- D) $\Phi_K < \Phi_L$
 $f_K > f_L$
- E) $\Phi_K < \Phi_L$
 $f_K < f_L$

Örnek

K, L ve M metallerinden yapılmış üç fotosele aynı renkli ışın demeti gönderildiğinde devrelerin akım şiddeti - gerilim grafiği şekildedeki gibidir.



K, L ve M metallerindeki elektronların bağlanma enerjileri sırasıyla E_K , E_L ve E_M olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $E_K = E_M < E_L$
- B) $E_M < E_L < E_K$
- C) $E_K < E_L < E_M$
- D) $E_K = E_L = E_M$
- E) $E_L < E_K = E_M$

Örnek

Bir fotosel lambaya, ayrı ayrı düşürülen X ve Y ışınlarının devrede oluşturduğu maksimum akım şiddetleri ile devrenin kesme gerilimleri tablodaki gibidir.

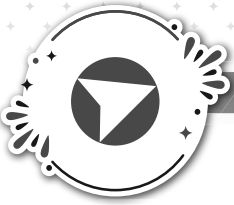
Işın	Akım şiddeti	Kesme gerilimi
X	i	2V
Y	2i	V

Buna göre, X'in;

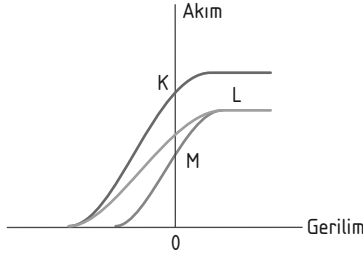
- ışık akısı,
- frekans,
- dalga boyu

niceliklerinden hangileri Y'ninkinden büyüktür?

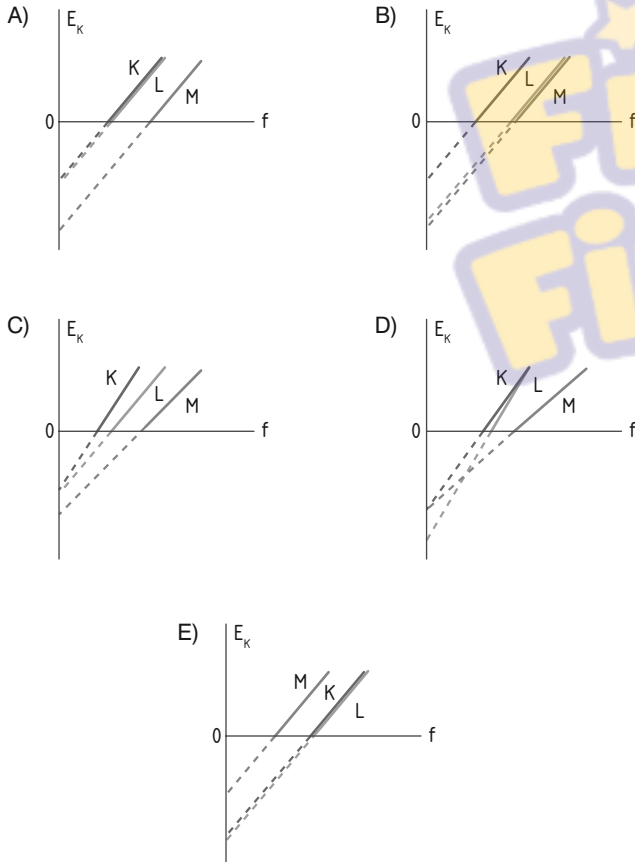
- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) II ve III

**Örnek**

K, L ve M metallerine düşürülen aynı renkli ışığın söktüğü fotoelektronların devrede oluşturduğu akımın gerilime bağlı grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre, bu metallerden kopan elektronların kinetik enerjilerinin, gönderilen ışığın frekansına bağlı grafiği ($E_k - f$) aşağıdakilerden hangisi olabilir?

**GÜNLÜK HAYAT VE TEKNOLOJİDEKİ YERİ**

- Bir akkor ampulün parlaması kara cisim ışımasından kaynaklanır. Sıcaklık arttıkça ışığın rengi kırmızıdan sarı - beyaz tonlarına kayar, bu da kara cisim ışımasının sıcaklıkla nasıl değiştiğini gösterir.
- Güneş panelleri, Güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmek için fotoelektrik etkiyi kullanır.
- Röntgen makineleri, vücudun içini görüntülemek için fotoelektrik etkiyi kullanır. X ışınları (yüksek enerjili fotonlar), dedektördeki malzemelere çarptığında atomlardan elektron koparır ve farklı dokuların X ışınlarını nasıl emdiğine dayalı bir görüntü oluşturur.
- Televizyon gibi cihazlar için kullanılan uzaktan kumandalar, fotoelektrik etkiye dayanan kızılötesi sensörler kullanır.
- Uydular, Mars gezginleri ve uzay sondaları gibi uzay araçları, uzayda enerji üretmek için fotovoltaiik hücreler kullanır.
- Hırsız alarmlarında ve duman dedektörlerinde fotosel devreler kullanılır.



Sensörlü döner kapı



Sensörlü musluk