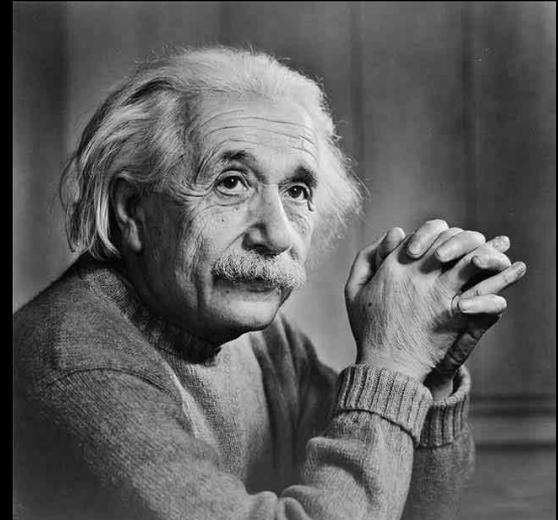
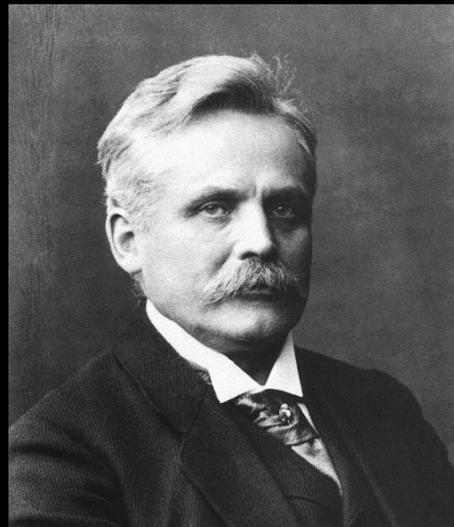


FÍSICA MODERNA

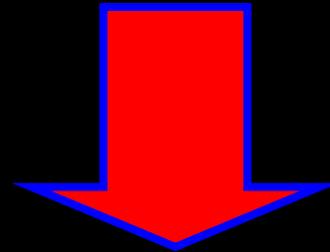
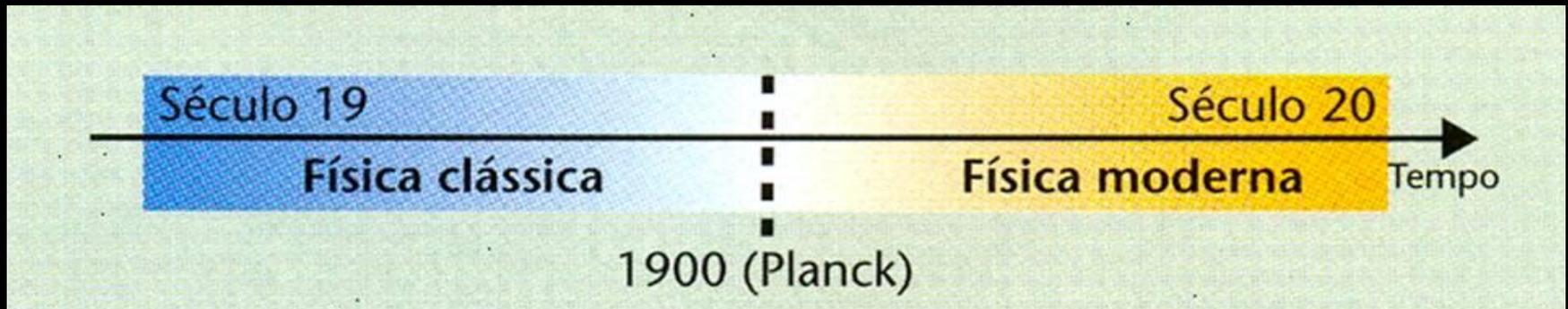
e noções de

FÍSICA QUÂNTICA

ALGUNS PERSONAGENS DA SUA CONSTRUÇÃO

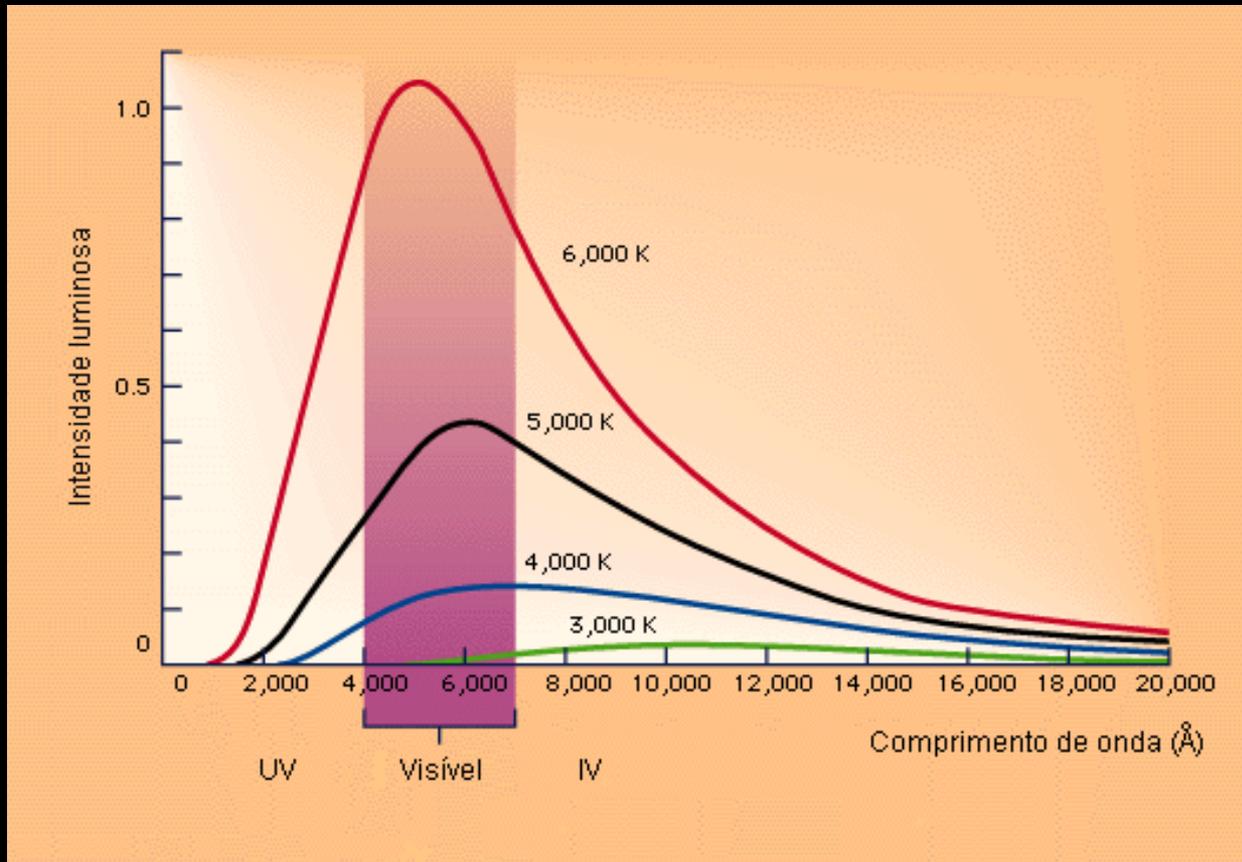


O SURGIMENTO DA FÍSICA MODERNA



CATÁSTROFE DO ULTRAVILETA ???

CURVA DO CORPO NEGRO



Um corpo negro é um absorvedor e um emissor perfeito. A intensidade da radiação emitida por este corpo depende da temperatura à qual se encontra. O perfil da curva depende ainda do comprimento da radiação para o qual a emissão é máxima.

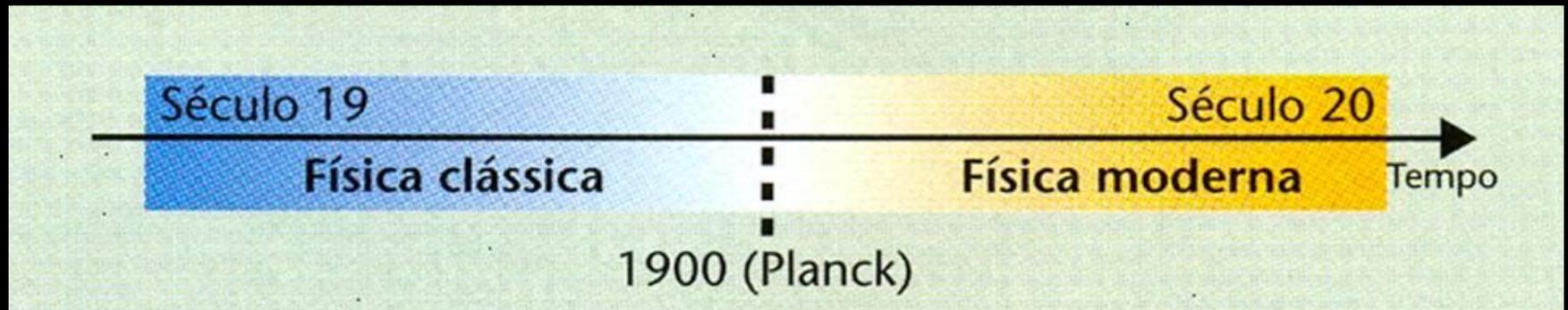


Wilhelm Wien (1864-1928)

QUESTIONAMENTOS NO FINAL DO SÉCULO XIX

Encontrar lei que relacionasse:

- **Temperatura.**
- **Comprimento de onda.**
- **Quantidade de energia irradiada pelos corpos aquecidos.**



- A energia contida nas radiações eletromagnéticas emanadas de um átomo, não é emitida de modo contínuo, mas em forma de minúsculos “pacotes” discretos.
- Esses pacotes são chamados de fótons.
- Cada fóton contém uma quantidade bem definida de energia denominada quantum de energia.

- A energia de um fóton de radiação eletromagnética de frequência f é dada por:

Onde:

$$E = h \cdot f$$

E = energia de um fóton

h = constante de Planck

$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ou $h = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$

f = Frequência da radiação emitida

Note que a frequência emitida é diretamente proporcional a energia.

Por essa descoberta Planck recebeu o prêmio Nobel em 1918.



Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947)

1º Observação do efeito fotoelétrico:

- **Físico Russo, Alexander Stoletov em 1872.**
- **Dentro de um laboratório escuro, enquanto retirava ar de um pequeno frasco no qual tinha duas placas de metal ligadas a uma bateria.**
- **Quando acenderam a luz ele notou que surgia corrente elétrica no circuito, quando se apagava a luz ele deixava de existir.**



Alexander Stoletov (1839-1896)

2º Observação do efeito fotoelétrico:

-Hertz em 1887 interpretou assim:

-Quando radiações eletromagnética incidem em uma placa metálica,

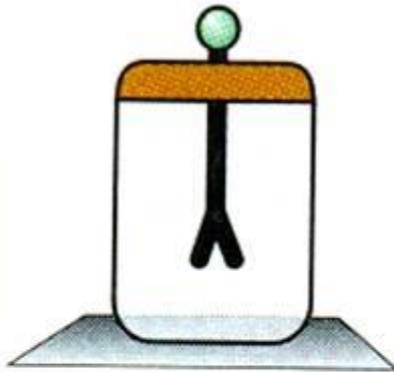
-Elétrons podem absorver energia suficiente para escaparem dela;

-A esse fato foi dado o nome de efeito fotoelétrico.

-Os elétrons extraídos do metal são chamados de fotoelétrons ou fotelétrons.



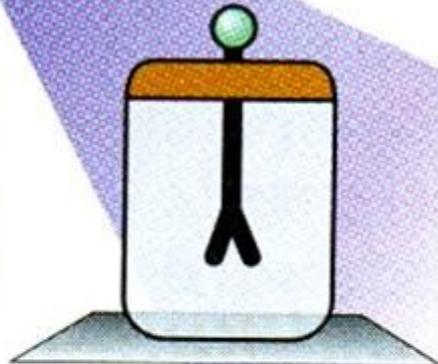
Heinrich Hertz (1857-1894)



Início

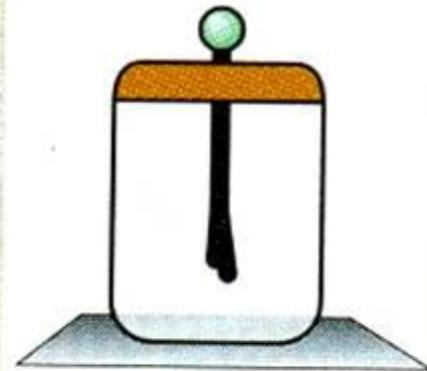
Eletroscópio de folhas carregado (folhas abertas).

Feixe de luz ultravioleta



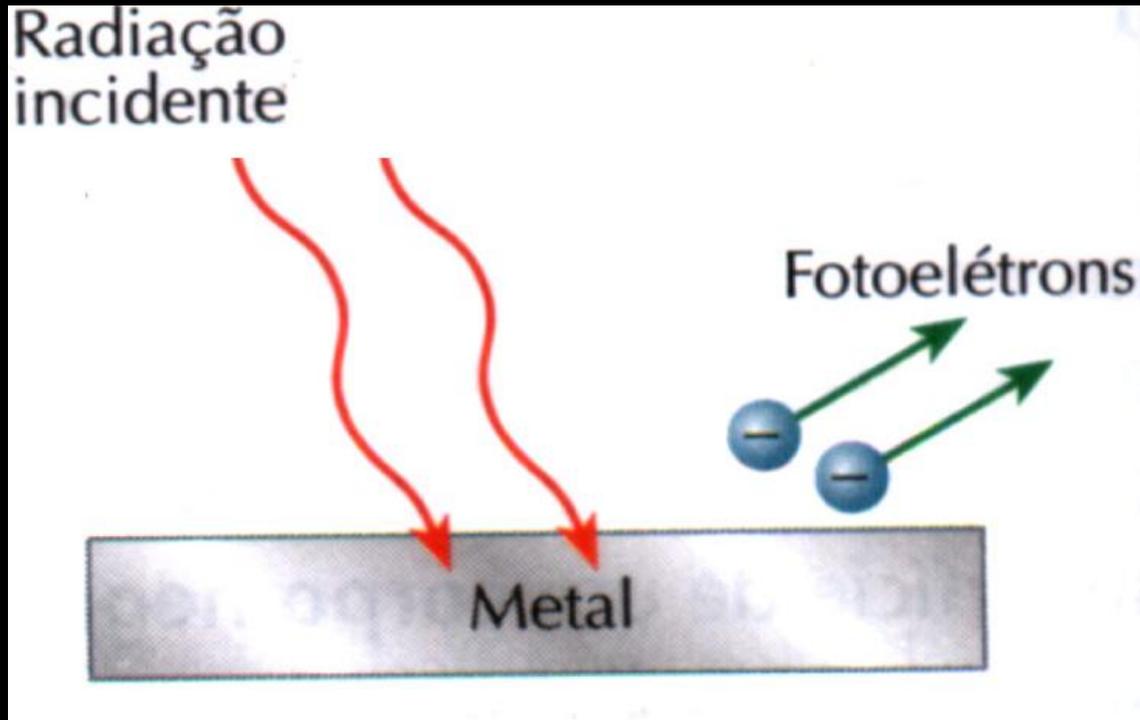
Durante

O eletroscópio de folhas ainda carregado (folhas abertas) recebe luz ultravioleta.



Fim

O eletroscópio de folhas está descarregado (folhas fechadas).

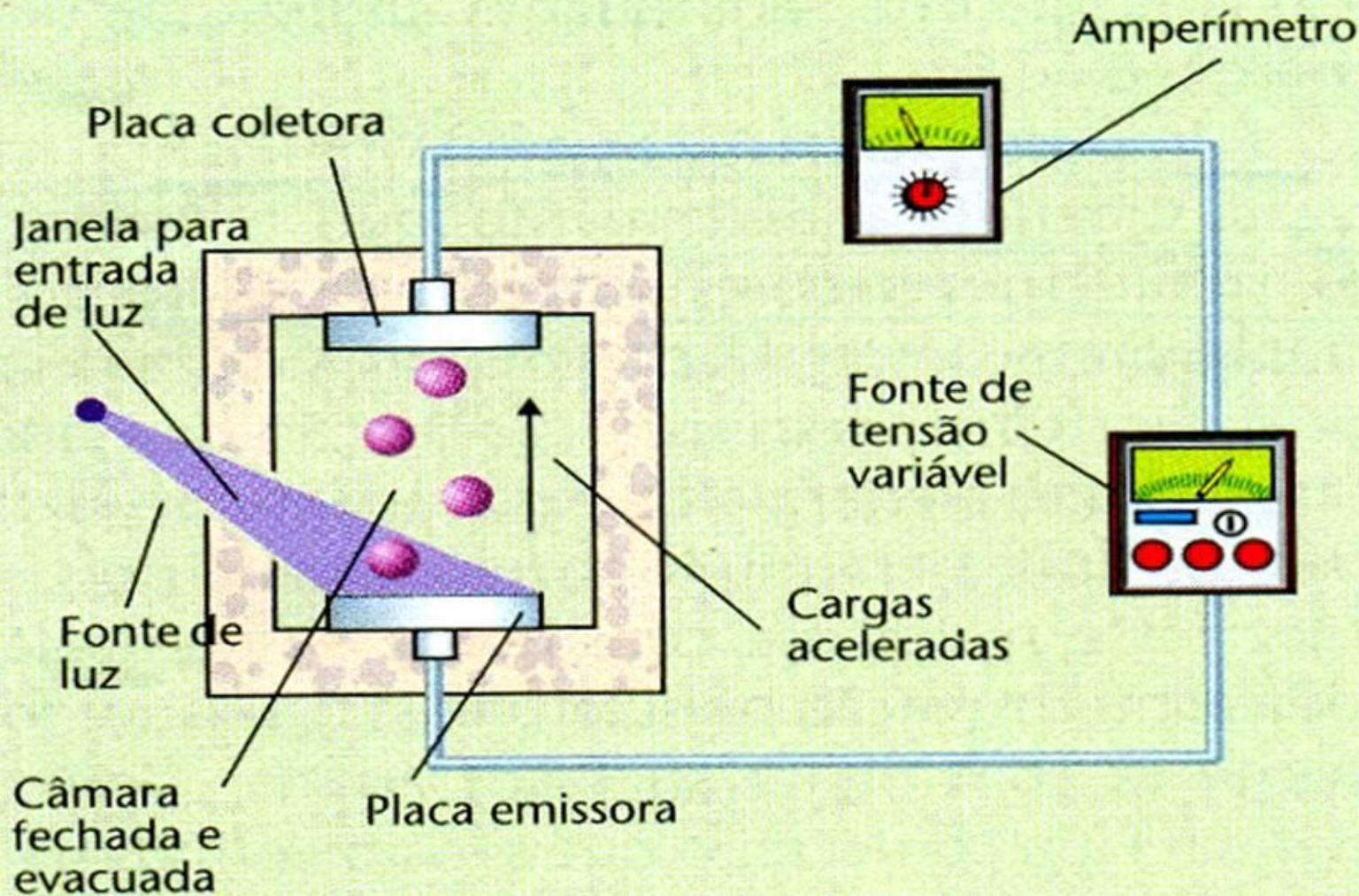


- Mesmo Hertz na época não conseguia explicar tal fato:
- Pois pela teoria proposta pela física clássica, a luz era considerada uma radiação eletromagnética, portanto ela se comportava como uma onda.

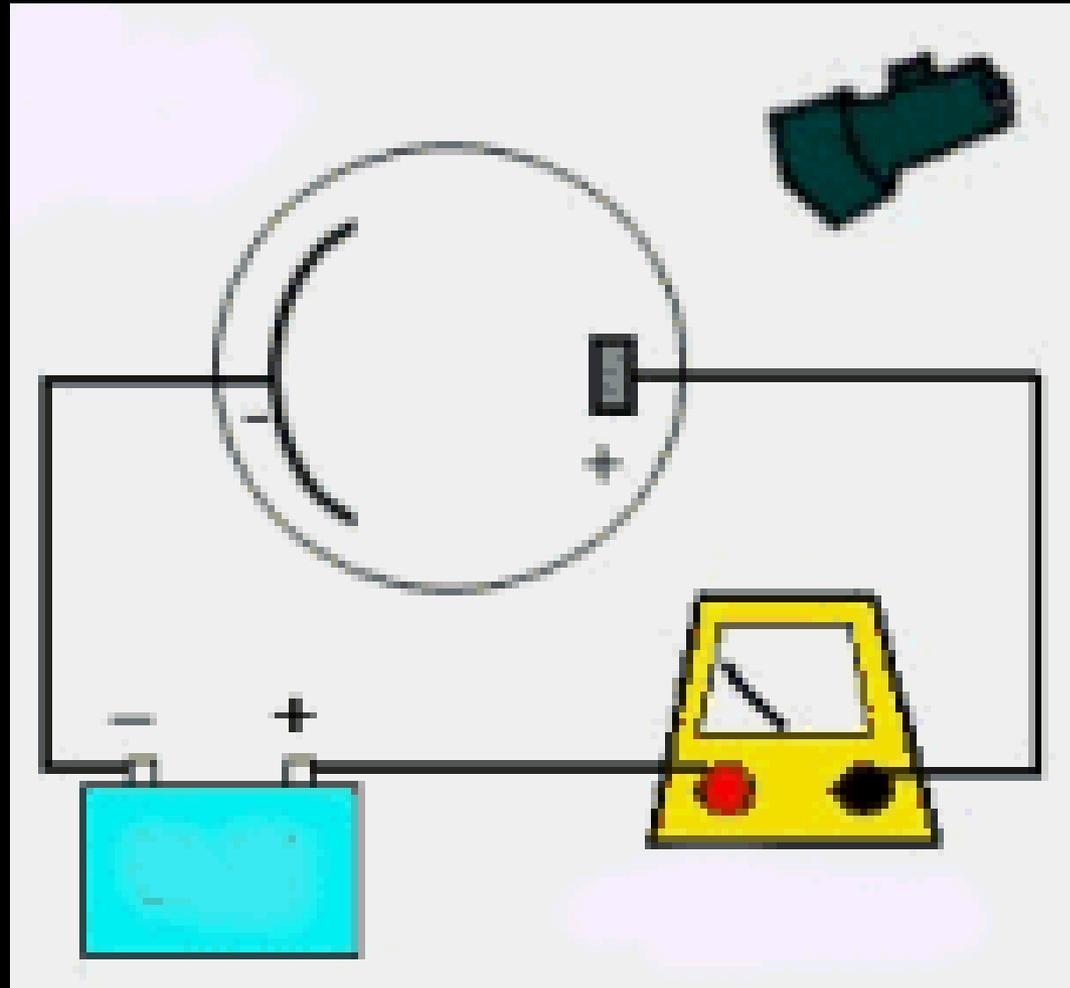


Philippe Lenard (1862-1947)

Esquema do experimento de Lenard



EXEMPLO DO EFEITO FOTOELÉTRICO



Diante dos resultados experimentais, o físico alemão Lenard, concluiu que:

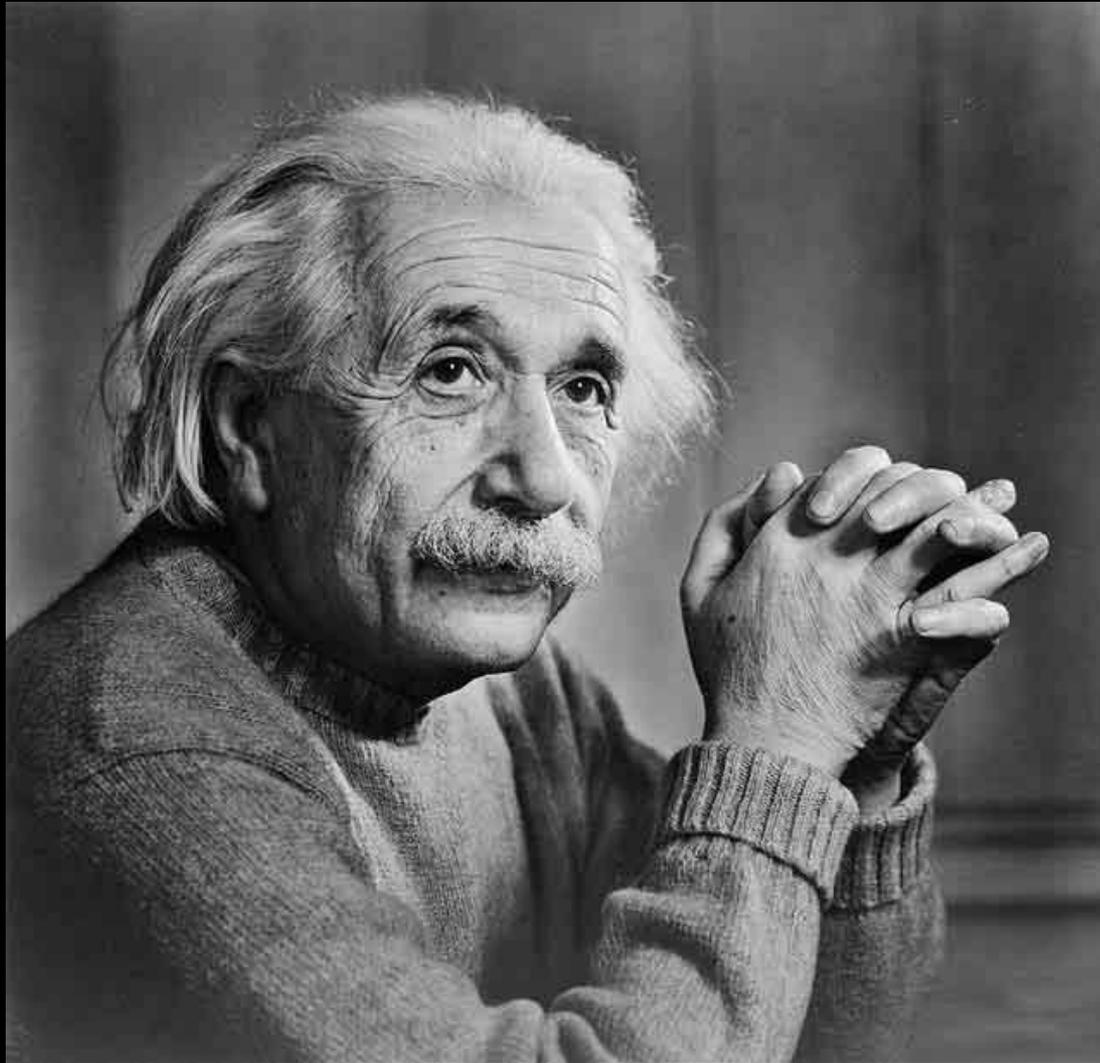
I – O efeito fotoelétrico só ocorre a partir de uma determinada frequência $f_{\text{mín}}$.

II – a partir do momento que o fenômeno tem início, a quantidade de cargas emitidas (fotoelétrons) da placa é diretamente proporcional à intensidade da luz.

III – Para frequências menores que $f_{\text{mín}}$ o fenômeno não existe.

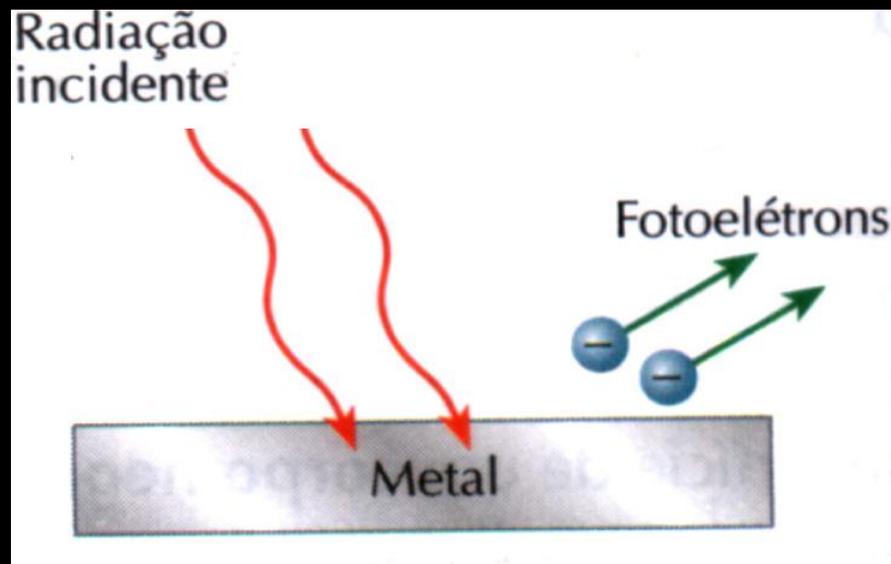
Einstein pois fim ao mistério:

- Levando em consideração a quantização da energia proposta por Planck;
- O fóton de radiação incidente ao atingir o metal é completamente absorvido por um único elétron, concedendo-lhe sua energia hf .
- Essa interação é semelhante a colisão de duas partículas, onde o elétron do metal recebe a energia hf .



Albert Einstein (1879-1955)

Segundo Einstein, as partículas de luz deveriam se chocar contra os elétrons, transferindo energia para eles durante a colisão. Só que o elétron está preso no material e, para libertar-se de sua "prisão energética" precisava receber uma certa dose de energia que, fisicamente corresponde a um trabalho a ser realizado. Essa dose de energia para arrancar o elétron é chamada de função trabalho (ϕ).



O elétron recebe um quanta de energia :

$$E_c = h.f - \phi$$

I) Se a energia ($h.f$) for menor que a função trabalho (ϕ), não haverá energia mínima suficiente para liberar o elétron e nada ocorre.

II) Se a energia ($h.f$) for maior que a função trabalho (ϕ), haverá energia suficiente para liberar o elétron com "sobra". Esse excedente de energia ($hf - \phi$), será igual a energia cinética (E_c) adquirida pelo elétron ($E_c = hf - \phi$).

III) Se a energia (hf) for igual a função trabalho (ϕ), haverá energia suficiente apenas para liberar o elétron, mas não teremos "sobra". Nesse caso, $E_c = 0$. Essa hipótese corresponde o caso limite a partir do qual o elétron passa a ser liberado do metal. A frequência na expressão $hf = \phi$ corresponde ao valor mínimo (f_{\min}) a partir do qual o efeito fotoelétrico começa ocorrer. Assim:

$$hf_{\min} = \phi$$

Para o elétron conseguir escapar é necessário que:

- Tenha quantidade mínima de energia,
- Para vencer o choque os átomos vizinhos e a atração dos núcleos desses átomos.
- A energia mínima para esse elétron escapar do metal corresponde a uma função trabalho (ϕ), que é característico de cada metal.

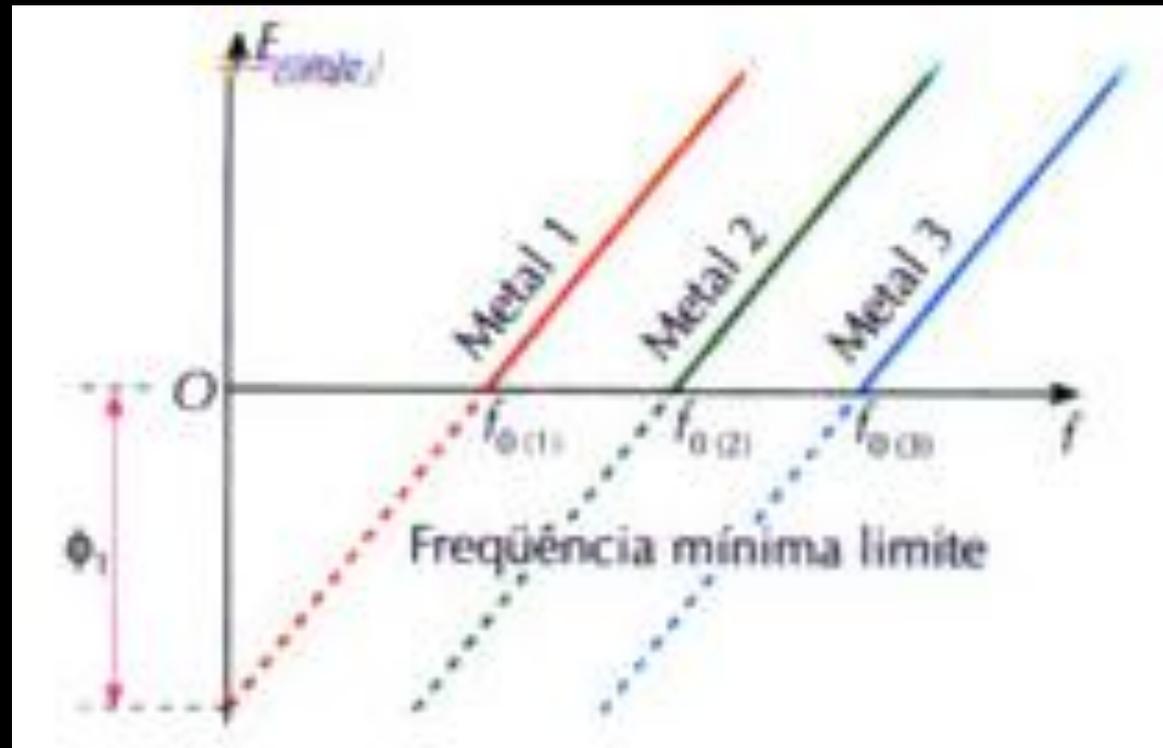
Metal	ϕ (eV)
Sódio	2,28
Alumínio	4,08
Zinco	4,31
Ferro	4,50
Prata	4,73

- Quando o elétron recebe energia hf , essa deve ser superior a função trabalho (ϕ) para que o elétron possa escapar.
- O excesso de energia é conservado pelo fotoelétron em forma de energia cinética.

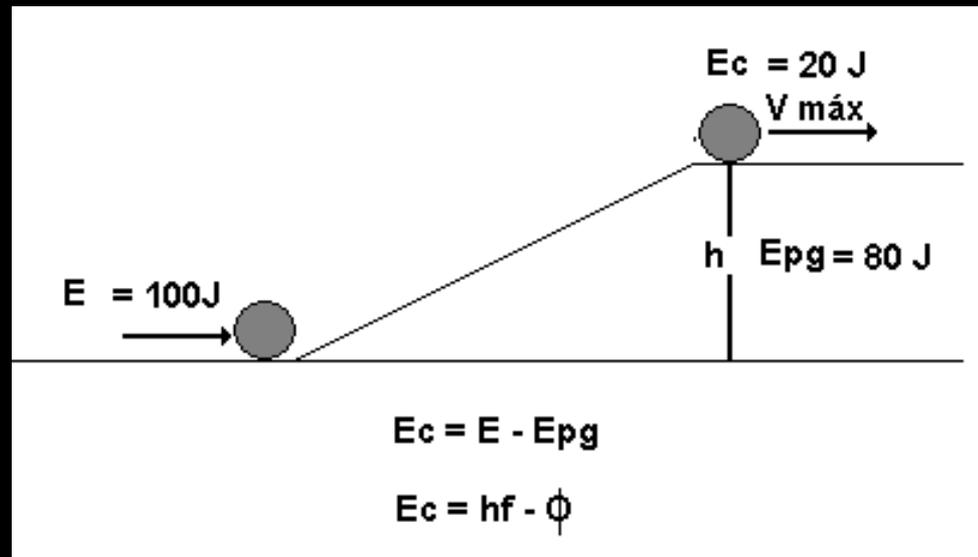
Observação:

$$E_c = hf - \phi$$

$$y = ax + b$$



Analogia:



Frequência de corte (f_{\min}):

- para acharmos a frequência de corte (f_{\min});
- $hf_0 = \phi$, note que se isso ocorrer-se, $E_c = 0$.

Observação:

- A emissão de fotoelétrons pela placa **não depende da intensidade de radiação incidente**, mas **sim da frequência da radiação** (essa frequência é a frequência de corte f_{\min}).
- A **intensidade** de radiação incidente tem haver com o **número de elétrons arrancados**, **maior** intensidade corresponde a um **maior** número de elétrons arrancados.

Exercícios:

(UEPA) As afirmações abaixo referem-se ao efeito fotoelétrico:

I- Quando se aumenta apenas a intensidade da luz na superfície fotoelétrica, o número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta. ✓

II- É necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente, para arrancar os elétrons do metal que constitui uma fotocélula. ✓

III- O efeito fotoelétrico parte do pressuposto de que a energia da luz é quantizada. ✓

IV- Quanto maior o comprimento de onda da luz, tanto menor a energia do fóton. ✓

Pode-se afirmar que:

a) apenas a I e a IV são verdadeiras.

d) apenas a III e a IV são verdadeiras.

b) todas estão corretas. ←

c) apenas a I e a III são verdadeiras.

e) todas são falsas.

(UFPA) Para remover um elétron de um metal, necessita-se de 4,2 eV de energia. Quando fótons de luz ultravioleta atingem o metal, elétrons com energia cinética de 1,5 eV são liberados, a energia dos fótons incidentes é em eV:

a) 4,2

$$E_c = h.f - \Phi$$

b) 2,7

$$1,5 = h.f - 4,2$$

c) 1,5 a 4,2

$$1,5 + 4,2 = hf$$

d) 1,5

$$5,7 = hf$$

~~e) 5,7~~

(UFPA) A energia, em eV de um fóton da luz verde do mercúrio, cujo comprimento de onda é 5461 Ângstrons no vácuo, vale (constante de planck = $6,63 \cdot 10^{-34}$ Js):

a) 1,50

b) 2,28

c) 3,55

d) 4,75

e) 6,50

Resolução:

PREGUIÇOSO!

FAZ JUNTO COM TURMA

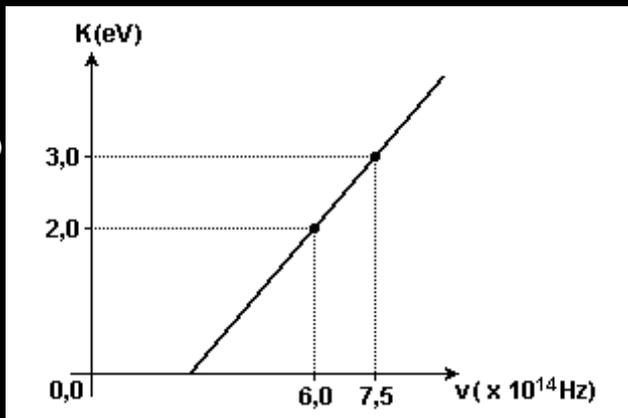
(ITA) Incide-se luz em um material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons.

Para que ocorra emissão de elétrons do mesmo material basta que se aumentem:

- a) a intensidade da luz**
- b) a frequência da luz**
- c) o comprimento de onda da luz**
- d) a intensidade e a frequência da luz**
- e) a intensidade e o comprimento de onda da luz.**

(Ufc 2002) O gráfico mostrado a seguir resultou de uma experiência na qual a superfície metálica de uma célula fotoelétrica foi iluminada, separadamente, por duas fontes de luz monocromática distintas, de frequências $\nu_1=6,0 \times 10^{14}\text{Hz}$ e $\nu_2=7,5 \times 10^{14}\text{Hz}$, respectivamente. As energias cinéticas máximas, $K_1 = 2,0 \text{ eV}$ e $K_2 = 3,0 \text{ eV}$, dos elétrons arrancados do metal, pelos dois tipos de luz, estão indicadas no gráfico. A reta que passa pelos dois pontos experimentais do gráfico obedece à relação estabelecida por Einstein para o efeito fotoelétrico, onde h é a constante de Planck e ϕ é a chamada função trabalho, característica de cada material. Baseando-se na relação de Einstein, o valor calculado de ϕ , em eV, é:

- a) 1,3
- b) 1,6
- c) 1,8
- d) 2,0
- e) 2,3



Resolução:

Adivinha?

FAZ NO QUADRO OTÁRIO