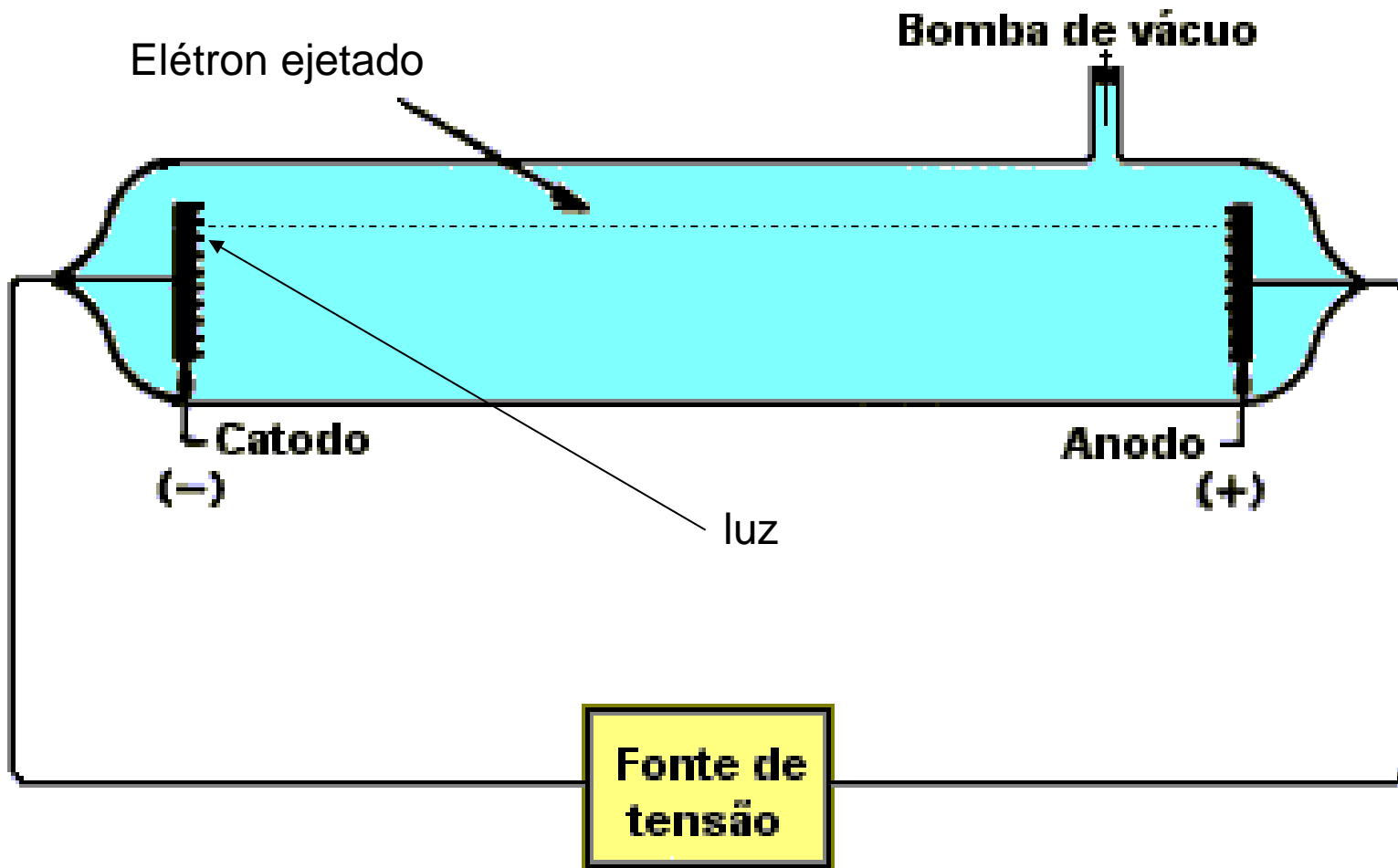


Universidade Federal do ABC

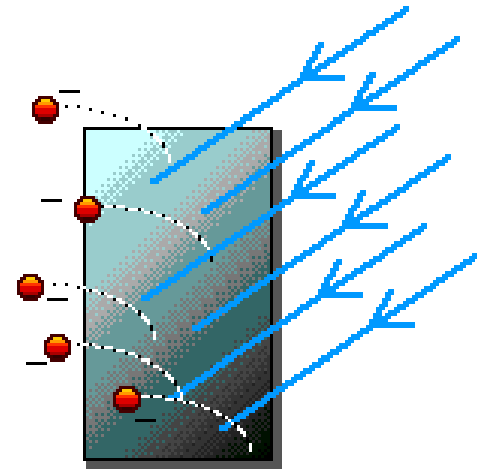
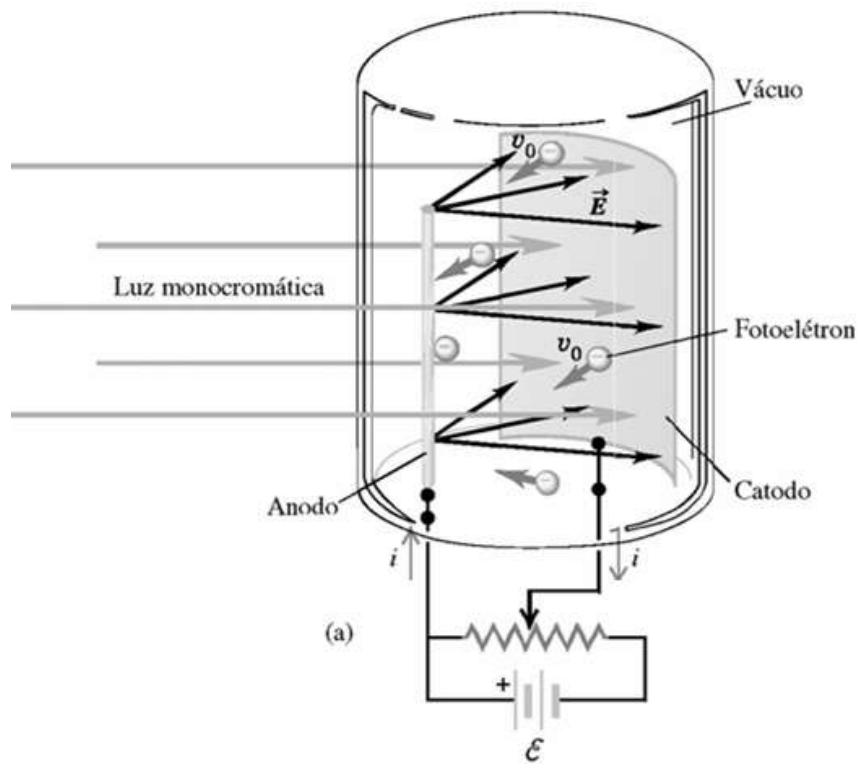
Efeito Fotoelétrico

Efeito Fotoelétrico



Originalmente observado por Hertz em 1887

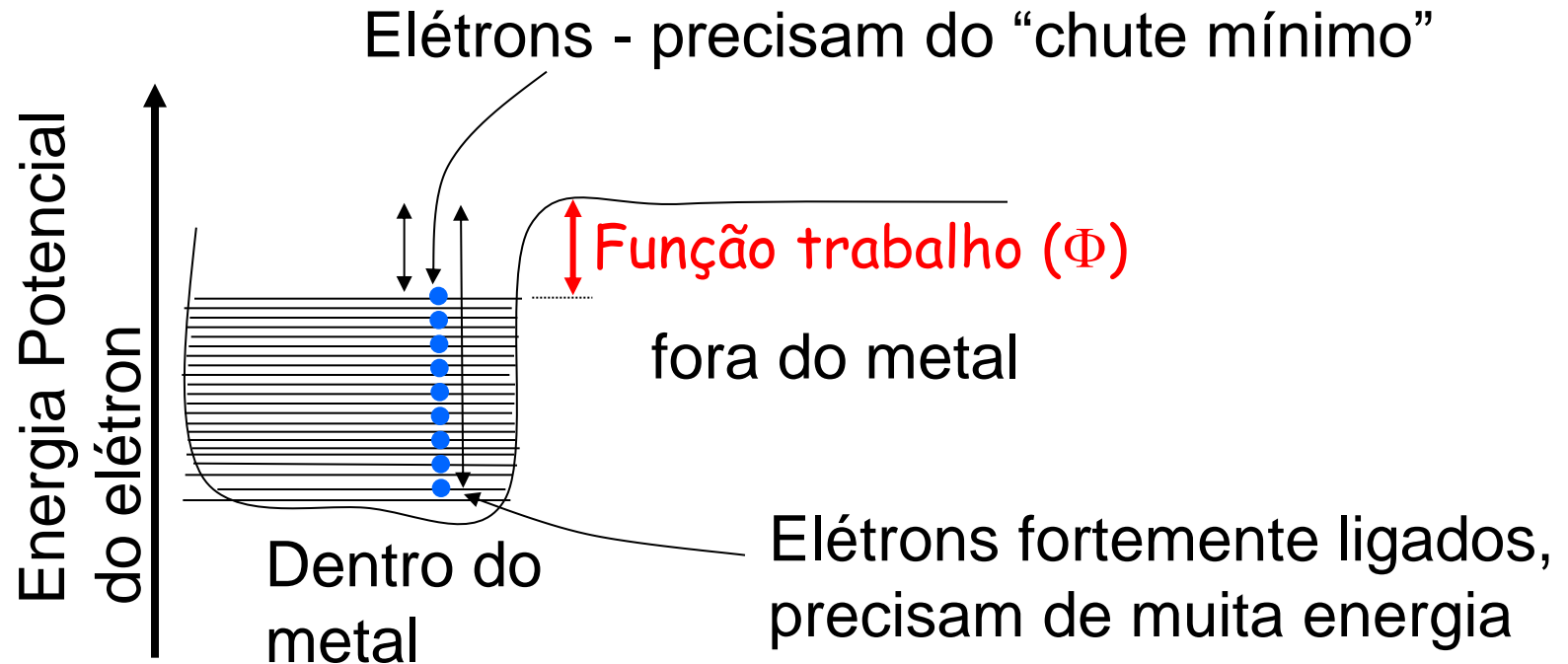
Elétrons ejetados????



- Efeito fotoelétrico: emissão de elétrons por uma placa (catodo) quando exposta a luz.
- Os elétrons emitidos do catodo são empurrados pela força do campo elétrico para o anodo.
- Efeito termoelétrico (4 anos antes): Thomas Edison descobriu a emissão termoiônica: emissão de elétrons devido o aumento de temperatura.
- Em ambos os casos os elétrons têm que vencer uma barreira de potencial (característico do material).

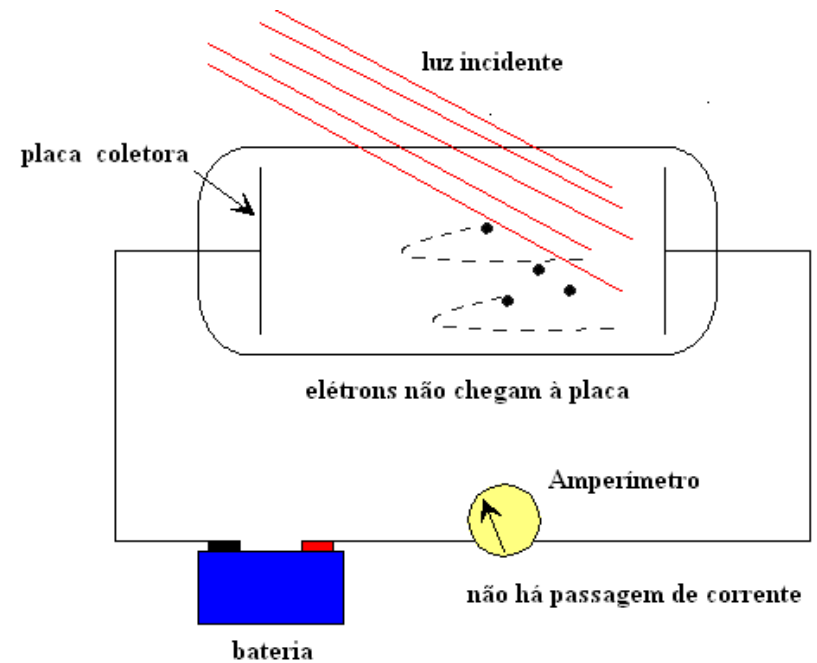
- (0) A energia mínima que um elétron precisa para escapar de uma superfície é chamada função trabalho, Φ .
- (1) Mesmo quando invertemos o sentido do campo elétrico, alguns elétrons ainda conseguem atingir o anodo.
- (2) Existe uma frequência de corte, ou seja, nenhum elétron é emitido se a f da luz incidente for menor que tal frequência.

No metal temos



Efeito fotoelétrico: observações experimentais

- Os elétrons são emitidos com uma velocidade inicial elevada.
- Isso pode ser confirmado invertendo o potencial aplicado V_{AC} .
- Podemos determinar a energia cinética máxima dos elétrons emitidos ajustando o potencial do anodo em relação ao catodo, de modo que seu valor negativo V_0 seja suficiente para anular a corrente.
- Existe uma ddp (potencial de frenamento = V_0) para a qual nenhum elétron atinge o anôdo

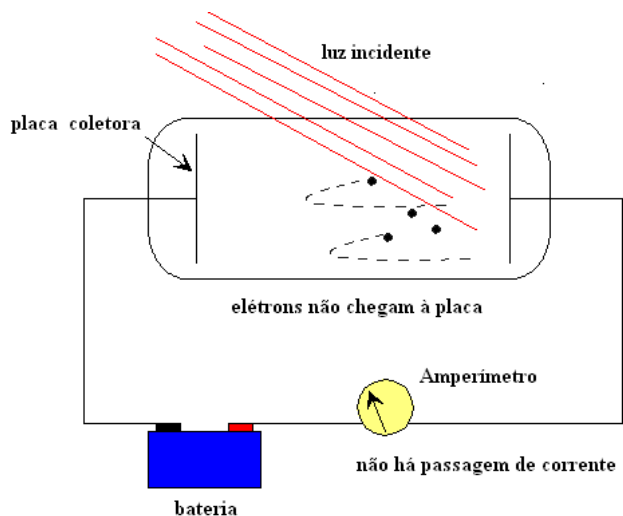


$$\left(\frac{1}{2} m v^2 \right)_{\max} = e V_0$$

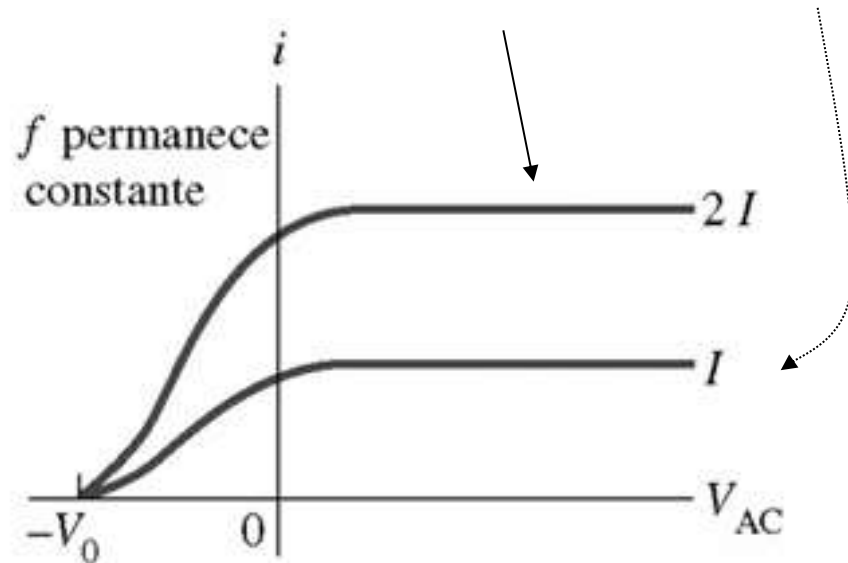
$$K_{MAX} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = e V_0$$

Efeito fotoelétrico: explicando as observações experimentais

- Aumentar a intensidade \neq aumentar energia
amplitude freqüência



Intensidade alta Intensidade baixa



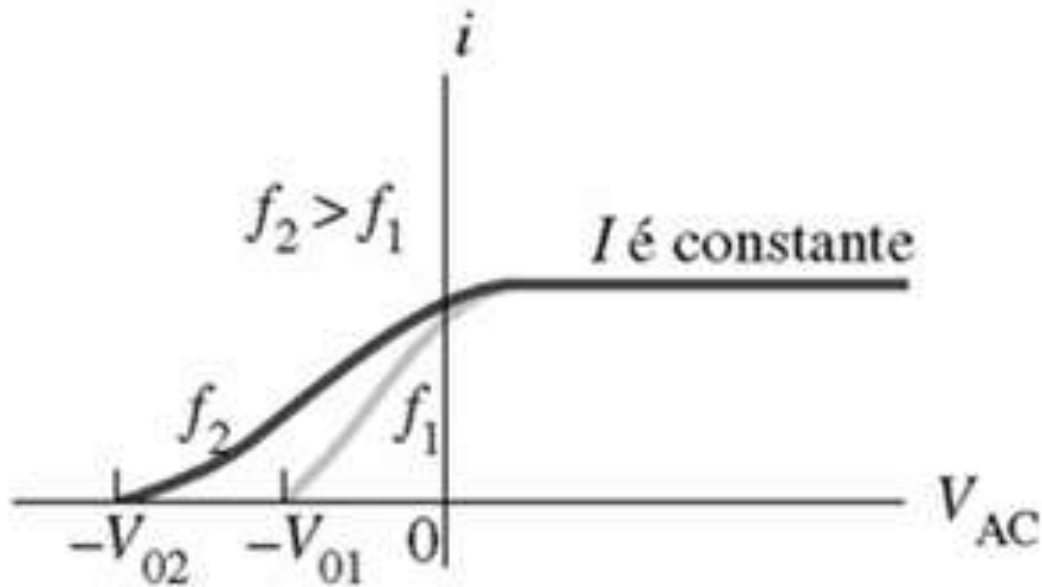
Corrente fotoelétrica i em função do potencial V_{AC} do anodo em relação ao catodo para uma frequência da luz constante.

O potencial de frenamento (de corte) independe da intensidade da luz I , contudo a corrente fotoelétrica é diretamente proporcional à intensidade.

Mesma frequência, mas Intensidade diferente!!!

Efeito fotoelétrico: observações experimentais

Para frequências menores do que ν_0 o efeito fotoelétrico não ocorre



Mesma Intensidade, mas diferentes frequências!!!

Efeito fotoelétrico: considerações de Einstein (Nobel 1921)

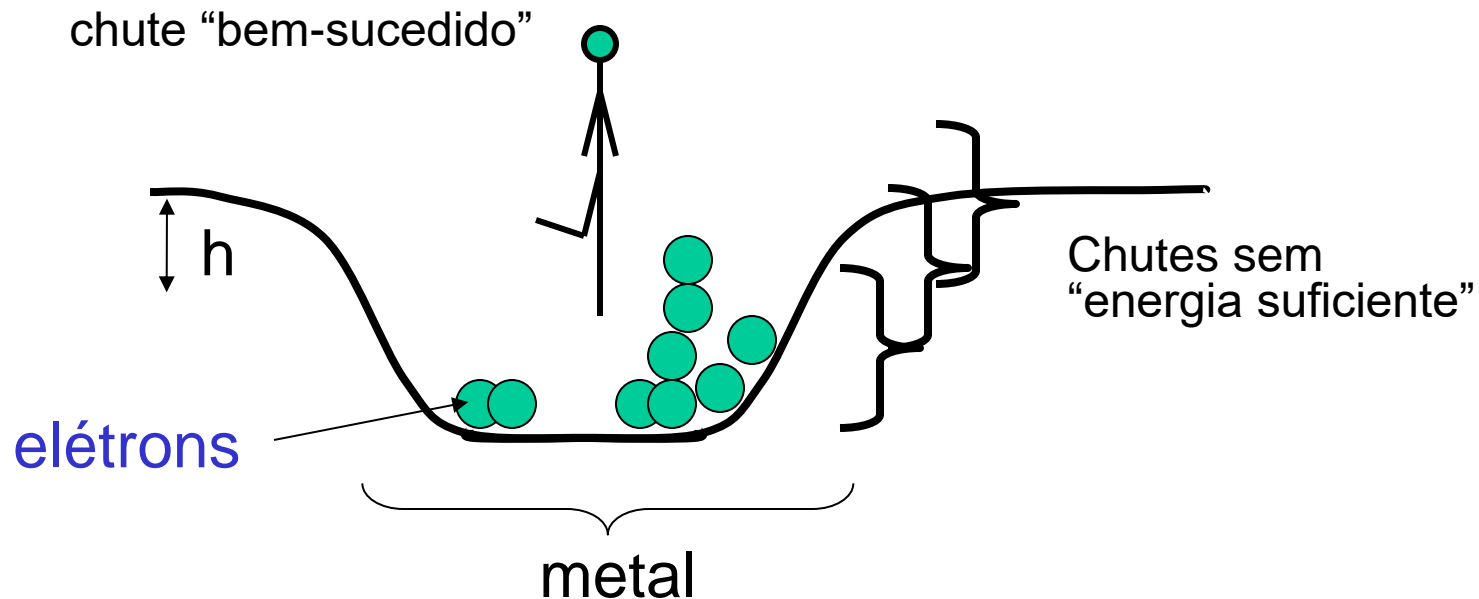
Utilizou a idéia do corpo negro de Planck!

Analogia: bola em um buraco

Quanto mais forte o chute, maior a probabilidade da bola sair

O chute deve ter uma energia mínima para que a bola saia!

$$\text{Energia Cinética da Bola} = \text{Energia do chute} - mgh$$



Efeito fotoelétrico: considerações de Einstein (Nobel 1921)

•Equação de Einstein

$$\left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{\max} = h\nu - \phi$$

Energia cinética
do elétron

“chute”

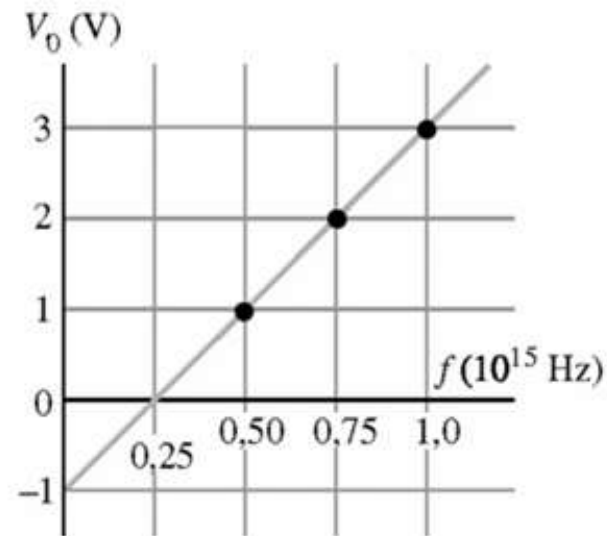
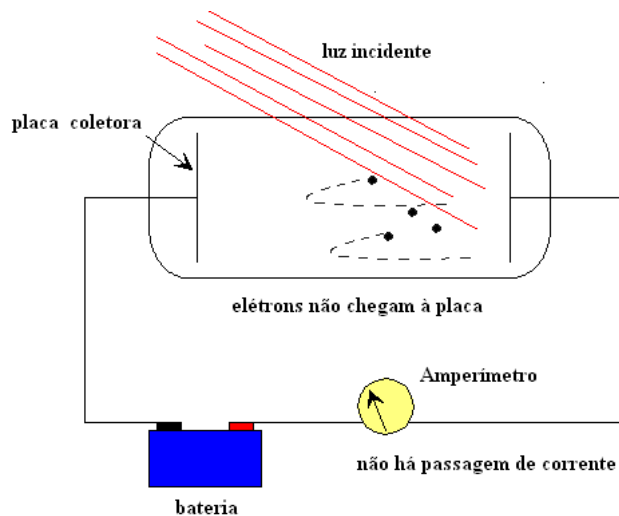
Φ = função trabalho (energia necessária para “arrancar” o elétron) característica do material.

Potencial de frenamento

$$\left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{\max} = eV_0 = h\nu - \phi$$

Efeito fotoelétrico: obtenção de parâmetros importantes

$$eV_0 = h\nu - \phi \quad V_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{\phi}{e}$$



Potencial de corte em função da frequência. Para um material do catodo que possua uma função trabalho diferente, a linha reta seria deslocada para cima ou para baixo, porém teria a mesma inclinação dada por h/e dentro dos limites do erro experimental.

Efeito fotoelétrico: considerações de Einstein (Nobel 1921)

Como e quem dá o chute?

Proposta: Quantização (Planck) é um aspecto geral das ondas eletromagnéticas

- Quanta = fótons
- Energia fornecida em pacotes (chutes)

Efeito fotoelétrico: explicando as observações experimentais

- Aumentar a intensidade \neq aumentar energia
 amplitude freqüência
- Energia é transportada em pacotes
- Limiar de freqüências

$$\left(\frac{1}{2} m v^2 \right)_{\max} = 0 \rightarrow h \nu_0 = \phi$$

A função trabalho da maioria dos metais está na região do ultravioleta!

Efeito fotoelétrico: argumentos

- Interferência e difração = fenômenos coletivos (resultados médios)
- Fótons = fenômenos corpusculares (caráter individual)
- Comparação: gotas d'água – jato de água

Não é possível identificar gotas d'água em um jato na mangueira do jardim!

Curiosidades

- Millikan tentou, por cerca de dez anos, refutar a teoria de Einstein;
- Aplicações
 - Energia solar
 - Detectores de presença
 - Focélulas
 - Etc.



Um tubo fotomultiplicador para visão noturna usa o efeito fotoelétrico. Os fótons que entram no tubo colidem com a placa, produzindo fotoelétrons. Esses elétrons passam através de um disco fino no qual existem milhares de minúsculos canais. A corrente através de cada canal é ampliada eletronicamente e a seguir é direcionada para uma tela que cintila quando atingida por elétrons. A imagem sobre a tela (mostrada na parte inferior da figura), formada por milhões de cintilações, é milhares de vezes mais nítida do que a imagem formada a olho nu.

Dualidade onda-partícula

- Explicação dos fenômenos associados à ondas eletromagnéticas:
 - Ondas – difração, interferência, ...
 - Partículas – Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, criação e destruição de pares ...