

2. EFECTO FOTOELÉCTRICO

CRISIS DE LA FÍSICA CLÁSICA

Realiza los ejercicios 4 a 12

OBSERVACIONES PREVIAS Y CONTRADICCIONES

1889: Se observaron diferentes experimentos en los que se observó que bajo la acción de radiación de λ PEQUEÑA (ALTA FRECUENCIA), los metales EMITEN ELECTRONES.

A este fenómeno se le llamó EFECTO FOTOELÉCTRICO

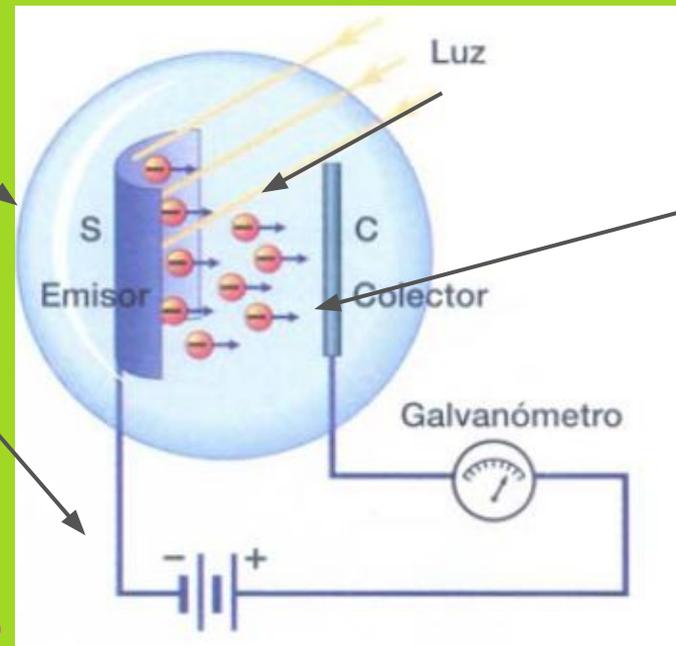
Emisor: Superficie metálica fotosensible
Generador de potencial V

Para:
 $V > 0$ \rightarrow la ddp ayudará a los e^- a viajar al colector

$V = 0$ \rightarrow puede haber algún e^- con E_c suficiente para llegar al colector

$V < 0$ \rightarrow la ddp frena a los e^- . Aquella $V = V_0$ (< 0) que impide que ningún e^- llegue (ni siquiera los de E_c Max), se llama

V_0 = potencial crítico de frenado



Colector:
Mantenido a $V+$ por el generador

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

APPLET EXPLICATIVO

Options Resources Help KCVS.ca

Wavelength nm. Frequency 9.85×10^{14} Hz

Sodium

Ammeter (pA) **-0.01**

Power Supply (V) **3.202**

Photon Density 0.01 1

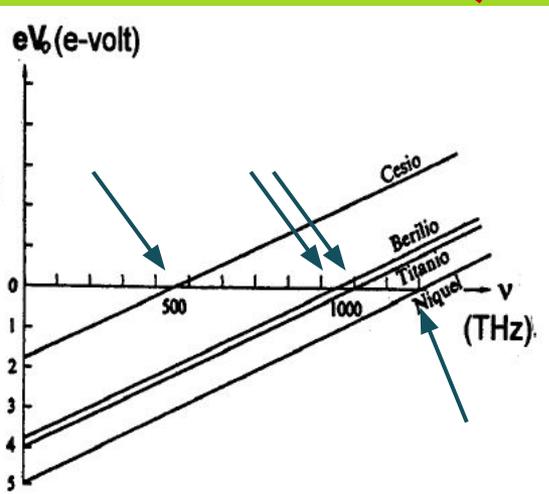
Voltage (V) 0 5

Record Data Point Show Data

OBSERVACIONES Y CONTRADICCIONES

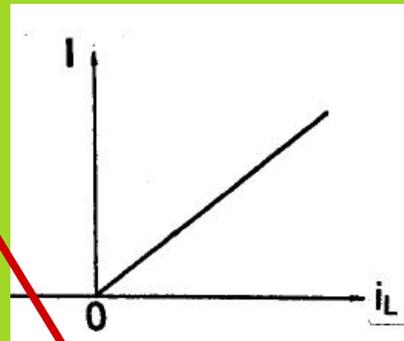
Se observaron los siguientes resultados:

~~1- Para cada metal emisor, existe una frecuencia umbral ν_0 por debajo de la cual el efecto fotoeléctrico no se produce.~~

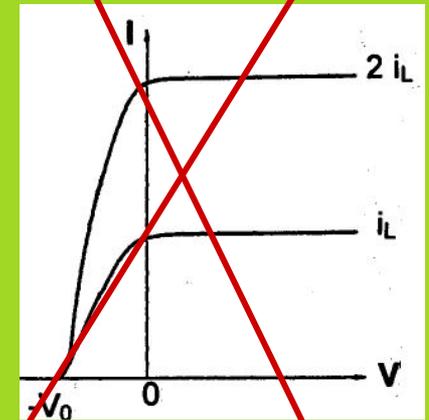


~~2- El efecto fotoeléctrico se produce "instantáneamente".~~

3- La intensidad de la corriente eléctrica I es proporcional a la intensidad de la radiación incidente i_L .



~~4- Para cada metal emisor, el potencial crítico retardador V_0 (y por tanto, la energía cinética máxima de los electrones extraídos) es independiente de la intensidad de la radiación i_L .~~



V_0 **SI QUE** depende de la frecuencia de la radiación

INEXPLICABLES POR LA FÍSICA CLÁSICA

Experimento dice:

2- El efecto fotoeléctrico se produce "instantáneamente".

1- Para cada metal emisor, existe una frecuencia umbral ν_0 por debajo de la cual el efecto fotoeléctrico no se produce.

4- Para cada metal emisor, el potencial crítico retardador V_0 (y por tanto, la energía cinética máxima de los electrones extraídos) es independiente de la intensidad de la radiación I_L . V_0 **SI QUE** depende de la frecuencia de la radiación

Física clásica dice:

Debería de haber un tiempo de refardo entre el comienzo de la iluminación y la aparición de la corriente: es el tiempo que **tarda el metal en absorber la energía** suficiente que es proporcionada por la onda incidente (unas 10 horas, por ejemplo)

La energía de la onda es proporcional a su intensidad ->

- Para cualquier frecuencia puede producirse, es cuestión de **subir la intensidad**
- La E_{cMax} de los electrones (es decir, V_0) debería ser proporcional a I_L

CONTRADICCIÓN
INEXPLICABLE

PROPUESTA DE EINSTEIN BASADA EN LOS CUANTOS DE PLANCK

1905: Propuesta de solución de Einstein basándose en los cuantos de Luz postulados por Max Planck. Hipótesis cuántica:

LA CAPTACIÓN DE ENERGÍA SE HACE EN CUANTOS DISCRETOS DE ENERGÍA

$$E = h\nu \quad \text{con } \nu = \text{frecuencia [Hz]} \text{ y } h = \text{cte Planck } 6.63 \cdot 10^{-34}$$

Entonces, la **energía absorbida** $E = h\nu$ se utiliza para:

1. Superar el TRABAJO DE EXTRACCIÓN (liberarlo de la atracción del núcleo)
2. Lo que sobra, se lo llevan los electrones en forma de energía cinética

$$h\nu = W + \frac{1}{2} m v^2$$

Los **electrones menos ligados** requieren una **energía (o trabajo) de extracción mínima W_0** , y son los que entonces mayor E_c se llevarán.

$$h\nu = W_0 + \frac{1}{2} m v_{\max}^2$$



$$\frac{1}{2} m v_{\max}^2 = h(\nu - \nu_0)$$

Expresando la **energía de extracción mínima W_0** como $W_0 \equiv h\nu_0$ siendo la **FRECUENCIA UMBRAL ν_0** .

Para: $\nu < \nu_0$ la energía de los fotones es menor que la energía umbral W_0 \Rightarrow NO efecto fotoeléctrico

$\nu = \nu_0$ El electrón quedaría justo libre, sin E_c

$\nu > \nu_0$ El electrón sale del metal con una E_c de salida:

$$\frac{1}{2} m v_{\max}^2 = h\nu - W_0 = h(\nu - \nu_0)$$

Si en el generador ponemos una $V+$, la E_c de llegada será aún mayor

EXPLICACIÓN CUÁNTICA DE LAS CONTRADICCIONES

Experimento dice:

Física clásica dice:

Física cuántica dice:

2- El efecto fotoeléctrico se produce "instantáneamente".

Debería de haber un tiempo de retardo

La absorción de Energía no es gradual (**ONDAS**) sino instantánea (**FOTONES**)

1- Para cada metal emisor, existe una frecuencia umbral ν_0 por debajo de la cual el efecto fotoeléctrico no se produce.

La energía de la onda es **proporcional a su intensidad** ->

Para $\nu < \nu_0$ no tiene lugar el efecto fotoeléctrico

4- Para cada metal emisor, el potencial crítico retardador V_0 (y por tanto, la energía cinética máxima de los electrones extraídos) es independiente de la intensidad de la radiación I_L . V_0 **SI QUE** depende de la frecuencia de la radiación

- Para cualquier frecuencia puede producirse, es cuestión de **subir la intensidad**
- La E_{cMax} de los electrones (es decir, V_0) debería ser proporcional a IL

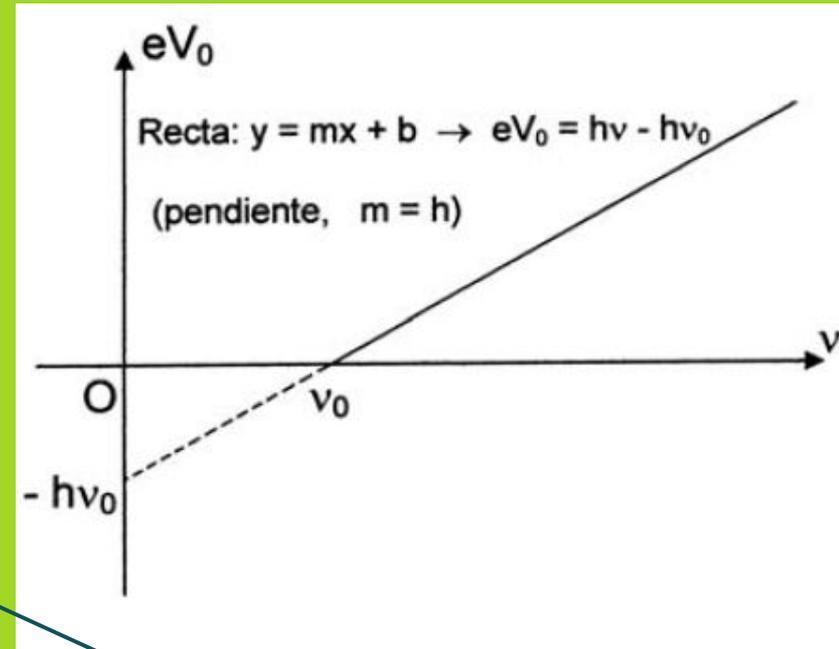
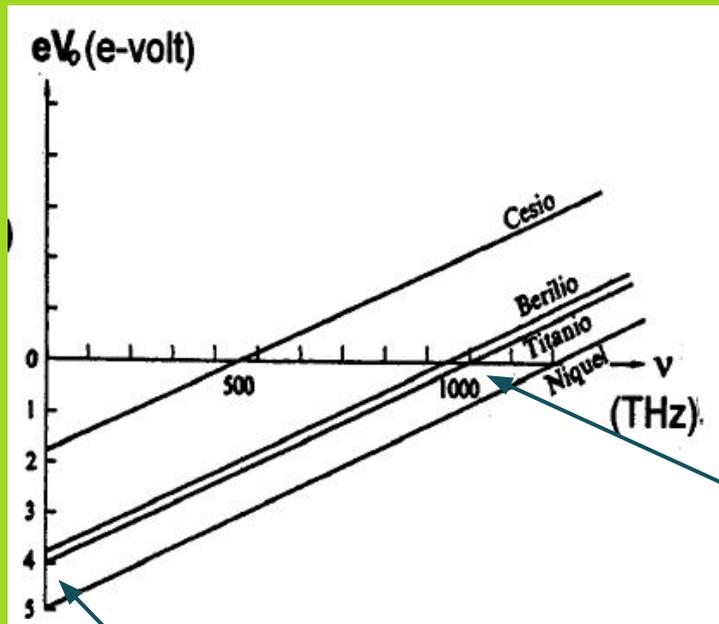
$$eV_0 = h\nu - h\nu_0$$

V_0

Depende de

ν

LECTURA DE LAS GRÁFICAS



Por ejemplo, Titanio:

$$eV_0 = h\nu_0 = 4 \text{ eV} = 6.4 \text{ e}^{-19} \text{ J}$$



$$\nu_0 = 6.4 \text{ e}^{-19} / h = 9.65 \text{ e}^{14} \text{ Hz} = 965 \text{ THz}$$