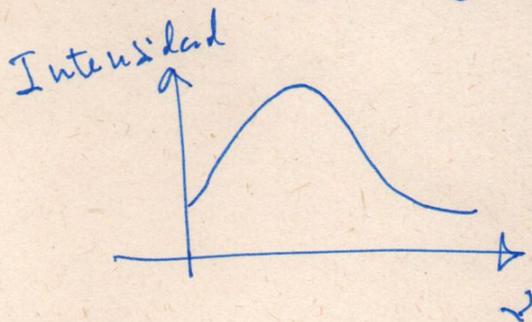


## CLASE LV 02 Dic.

- ORIGEN de  $\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$  (PLANCK RADIACIÓN de CUERPO NEGRO)
- Efecto Fotoeléctrico
- Espectros de Átomos y Energía
- Efecto Compton.

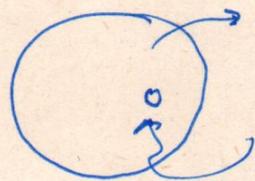


Emisión de ondas  
c/ distinta frecuencia  
λ de un cuerpo  
negro.

Cuerpo Negro:

- Radiación
- Está en Eq. térmico
- Estrella, una sonda a parafina en una pieza después de una hora encendida

FISICAMENTE se Representa como



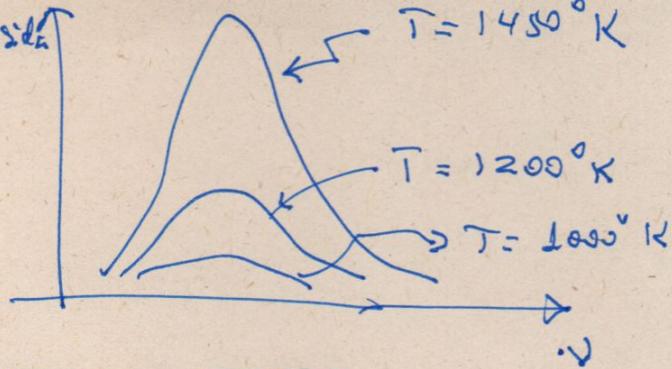
Esfera hueca pintada de negro  
(absorbe toda la radiación)

Orificio pequeño, donde se mide  
la emisión de RADIACIÓN.

Se observa



Intensidad



$$[\text{Intensidad}] = \frac{E_n}{[\text{U. de Superficie}][\text{Tiempo}]}$$

OJO: Indep. de la forma del "cuerpo negro," del material, ....

...



Debe ser un fenómeno de la naturaleza.

OJO: Incluso el UNIVERSO dejó una huella (un gráfico como ) en sus ORIGENES ( $t \sim 10^5$  años)

UNIVERSAL.

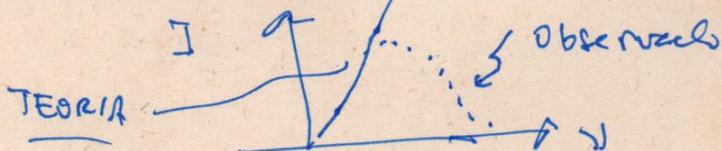
IMPORTANTE !!

PROBLEMA: Ecs. Maxwell + Termodinámica + Estadística NO podían explicar

!!

h y el "truco" de Planck

LAS TEORÍAS DABAN GRÁFICOS como



Qué hizo Planck?

$$\int_0^{\infty} \epsilon e^{-\beta \epsilon} d\epsilon$$

$\langle \epsilon \rangle \equiv$  En. promedio  
Cuerpo negro

$$\beta = \frac{1}{kT}$$

$$\langle \epsilon \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} \epsilon_i e^{-\beta \epsilon_i}}{\sum e^{-\beta \epsilon_i}}$$

$$\epsilon_i = i \cdot (h\nu)$$

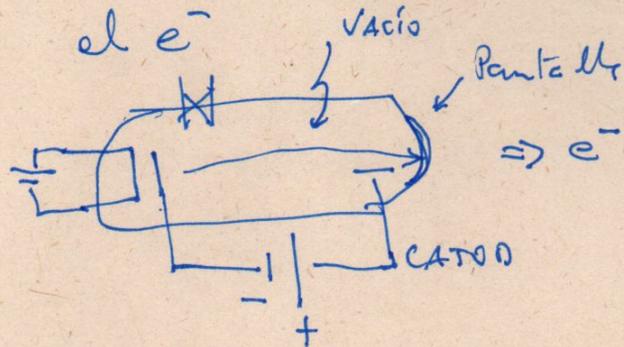
$i = 1, 2, \dots$

$h$ : cte que se ajusta para dar la curva correcta

¿ FUNCIONÓ ? ? ?  $\Rightarrow$  NACE  $h$   
1900

1905: Einstein VALIDA este MODELO

Experimento de J J THOMSON:



JJ. THOMSON también descubrió la razón

$$\frac{e}{m} = 1,76 \times 10^8 \frac{\text{Coulomb}}{\text{g}}$$

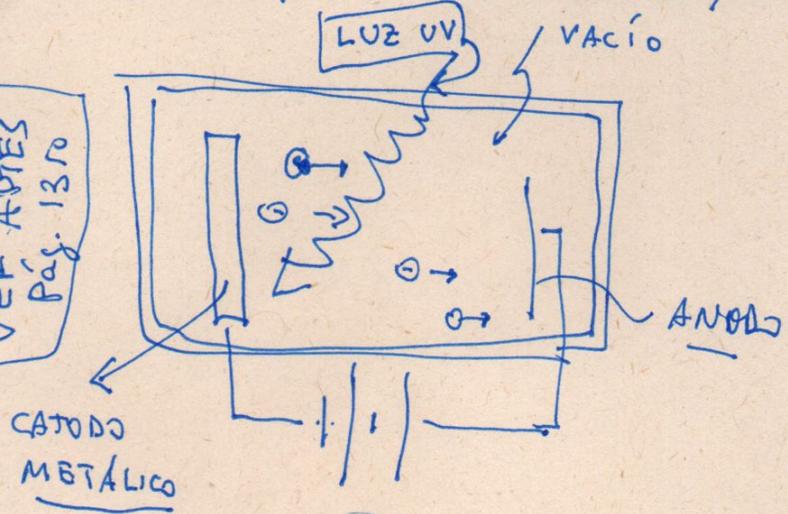
APORTE de HERTZ

"La tecnología y la ciencia van de la mano"

Ver dibujos en Sears-Z  
pág 1310  
o simulación en

<https://phet.colorado.edu/simulation/legacy/photoelectric>

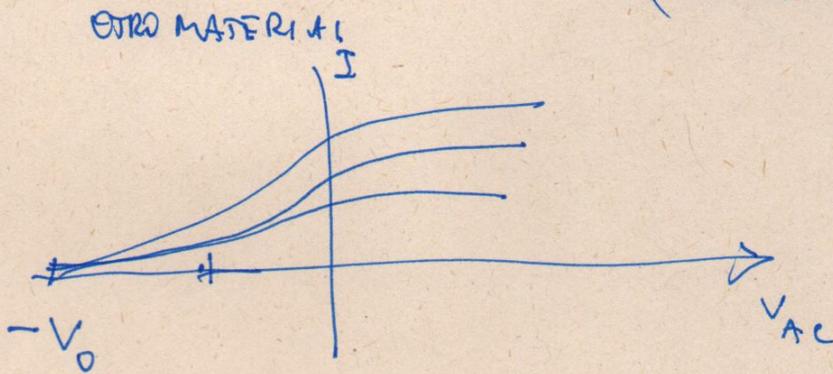
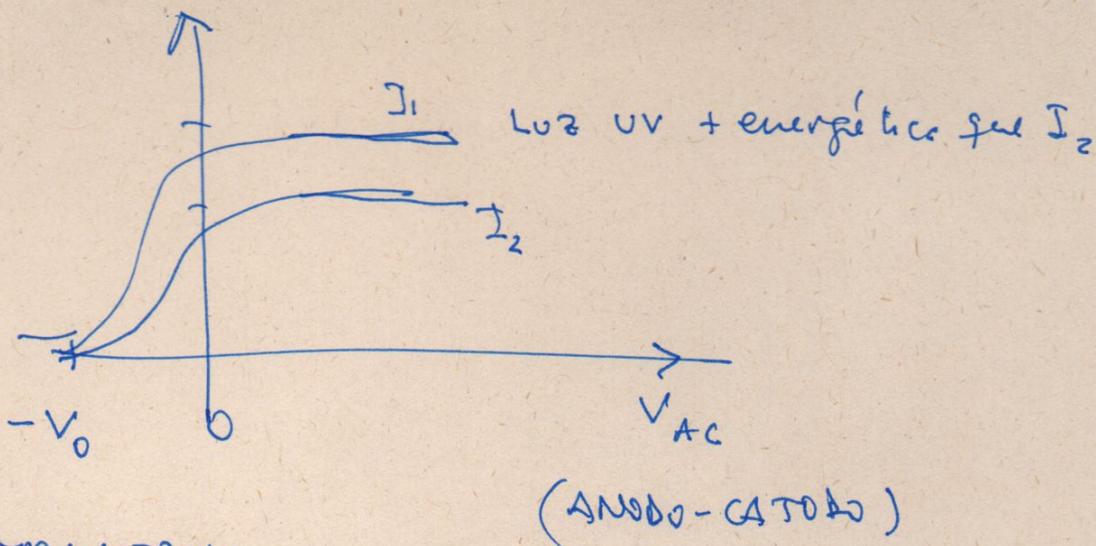
VER ADTES  
Pág. 1310



Hertz mostró que los e<sup>-</sup>'s descubiertos por JJ THOMSON, se pueden crear con LUZ ULTRAVIOLEA INCIDIENDO en un Metal.

Presentaba además una gran ventaja: MANIPULANDO (V) se podía cancelar el flujo de electrons en el tubo y ASÍ CANCELAR la corriente en el circuito. MAS AÚN! si se aumentaba el potencial eléctrico para que los e<sup>-</sup> el # de e<sup>-</sup>'s aumentara, se llegaba a una constante corriente constante.

⇒ Este ~~modelo~~ experimento se puede MODELAR!



CAMBIA el potencial de corte

$$V_{AC} \gg 1$$

$$\Rightarrow I = C t^e$$

Solo depende de la luz ultravioleta.

**MODELO REQUERIDO**  
 1. Fotón de Einstein  
 2. Modelo de un conductor

Recordatorio:

$$(c\Delta t)^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2 =$$

1.

$$= c(\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 - (\Delta y')^2 - (\Delta z')^2$$

$\Rightarrow$  un invariante: constante en todos los sist. Inerciales y con el mismo valor

de una partícula

4-velocidad definida como en Newton:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

ABSOLUTO

$$u^\mu = \frac{\Delta x^\mu}{\Delta s}$$

$$\Delta x^0 \equiv c(\Delta t), \quad \Delta x^1 = x_2 - x_1 = \Delta x$$

$$\Delta x^2 = \Delta y$$

$$\Delta x^3 = \Delta z.$$

$$(u^0)^2 - (u^x)^2 - (u^y)^2 - (u^z)^2 = 1$$

(ver appts. en Cuadrivelsocidad)

$$P^\mu \equiv \text{cuadri-momentum} \equiv (m_0 c) u^\mu$$

Definida

$m_0$ : un  $\#$ , constante para cada partícula

$$(P^0)^2 - (P^x)^2 - (P^y)^2 - (P^z)^2 = m_0^2 c^2$$

$$P^\mu \equiv m_0 c \gamma \left( 1, \frac{\vec{v}}{c} \right), \quad \begin{array}{l} \text{partícula} \\ \text{de masa } m_0 \end{array}$$

Einstein: si  $m_0$  + Planck  $\rightarrow E = h\nu \equiv \hbar\omega$

$$\text{Einstein} \Rightarrow P^0 = |\vec{P}| \quad \text{si } m_0 = 0$$

$$p^0 \equiv \frac{E}{c} = \gamma m_0 c \quad (\text{si } \vec{v}=0 \Rightarrow \gamma=1)$$

↑ definida

$$\underline{E = m_0 c^2}$$

FOTÓN  $\equiv$  una partícula  $\Rightarrow$

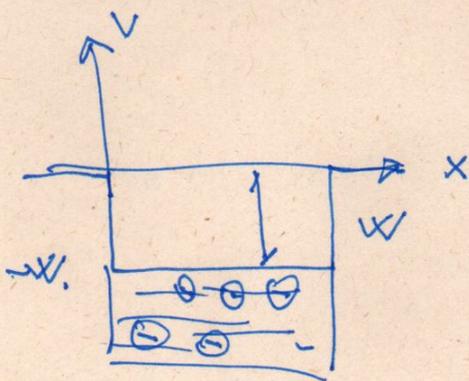
$$p^0 = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu}{c}$$

$$\vec{p} = \frac{h\nu}{c}, \quad (p^0)^2 - |\vec{p}|^2 = 0$$

Fotón:  $E = h\nu, \quad |\vec{p}| = \frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu}{c}$

2-

MODELO de un ~~SOL~~ METAL (1-Dimensión)

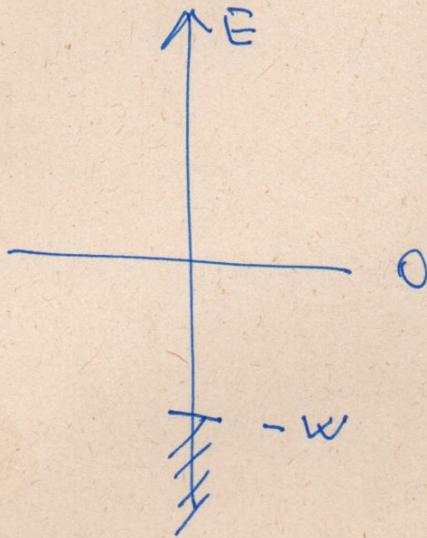


Los electrones ~~son~~ están bajo un potencial negativo.

Existe una función

TRABAJO  $W$  que separa los  $e^-$  más energéticos de la libertad

Einstein propone q los  $e^-$  adquieren  
(de alguna forma sin especificar  
cómo!!)



1 fotón  $\equiv h\nu = h\nu$

$\nu \equiv$  frecuencia

$W \sim 10 \text{ eV}$ ,

Ver  
TABLA  
38.1  
Pag 1312

Lu2 UV  $\equiv$

- $1 \text{ nm} \equiv 10^{-9} \text{ m}$
- Radio  $\rightarrow 1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$
- Infra-rojo  $\rightarrow 10^4 - 10^6 \text{ nm}$
- Azul  $\sim 400 \text{ nm}$
- Verde  $\sim 500 \text{ nm}$
- 550nm Amarillo  $\sim 600 \text{ nm}$
- Rojo  $\sim 700 \text{ nm}$  (680 nm)
- UV  $\sim 10 - 100 \text{ nm}$
- X-Ray  $\sim 1 \text{ nm}$
- $\gamma$ -Ray  $\sim 10^{-2} \text{ nm}$

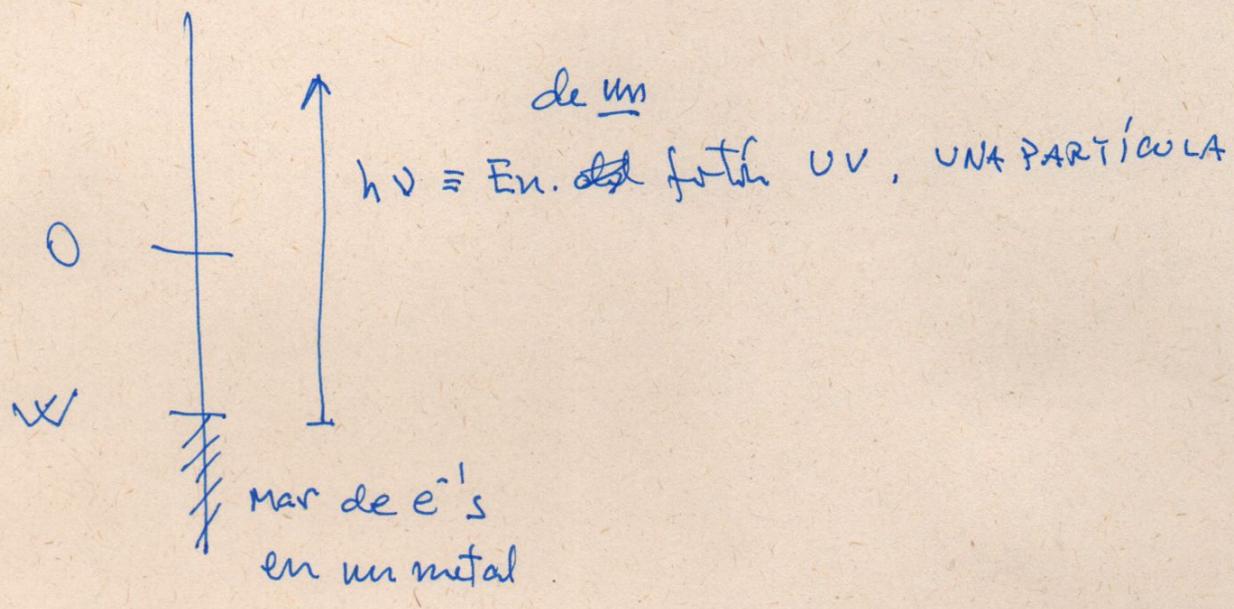
$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joules}$

$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$

$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ [J}\cdot\text{s]}$

$h = 4.136 \times 10^{-15} \text{ [(eV)\cdot s]}$

Una Ec. Aplicamos un contra-potencial  $-eV_0$ , tal que la corriente entre el ánodo y el cátodo

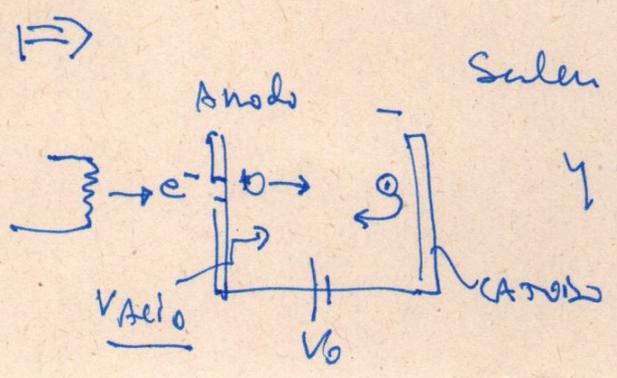


Haremos un GRÁFICO del juego entre

$\nu$ : frecuencia de la luz U-V

$V$ : Potencial aplicado que mínimo que impide a los  $e^-$ 's llegar al cátodo

⇒



Salen con  $K = \frac{1}{2} m_e v_0^2$

y antes de llegar al cátodo

$v_{el.} \equiv 0.$

↑  $\phi$  Energía para liberarse (depende del material)

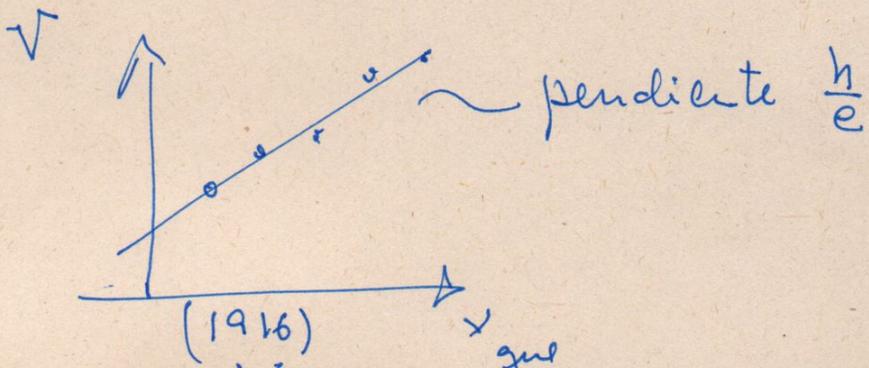
$$h\nu - W - eV = 0$$

↑ caso crítico

↑  
En. ~~potencia~~  
proporcionada  
por la luz

↑  
potencial de  
frenado del  
 $e^-$  libre

$$\Rightarrow V = \left(\frac{h}{e}\right) \nu - W$$



Millikan  $\checkmark$  verificó  $\checkmark$  el valor  $\left(\frac{h}{e}\right)$  encontrados experimentalmente coincidiendo con el encontrados por PLANCK para ajustar la curva a la emisión de los cuerpos en eq. termodinámico.