

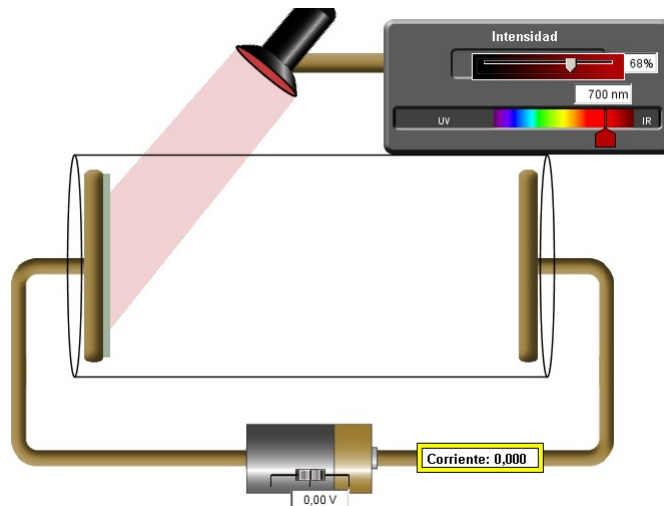
TEMA 9 LA FÍSICA QUÀNTICA.

1. Els fets que no explica la física clàssica.

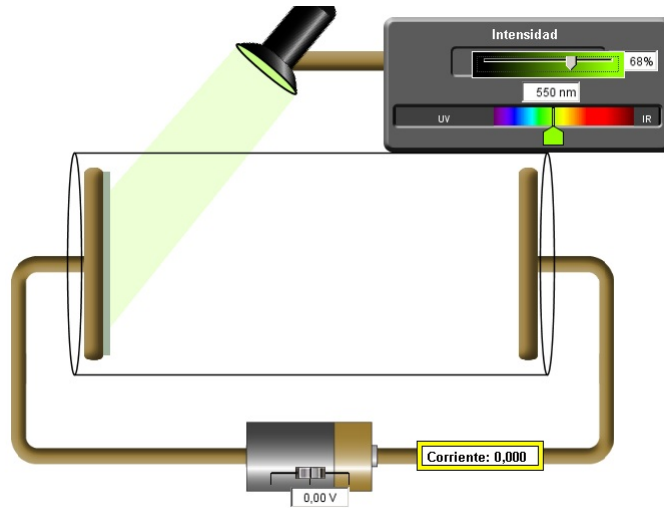
Hi ha diversos fenòmens pels quals la física clàssica no podia donar explicació, entre ells *l'espectre d'emissió d'un cos negre*, *l'efecte fotoelèctric*, *els espectres atòmics*, *l'efecte Compton*. En aquest resum tractarem l'efecte fotoelèctric.

S'anomena **efecte fotoelèctric** el fenomen a través del qual la llum, quan incideix sobre un metall, n'arrenca electrons, anomenats **fotoelectrons**.

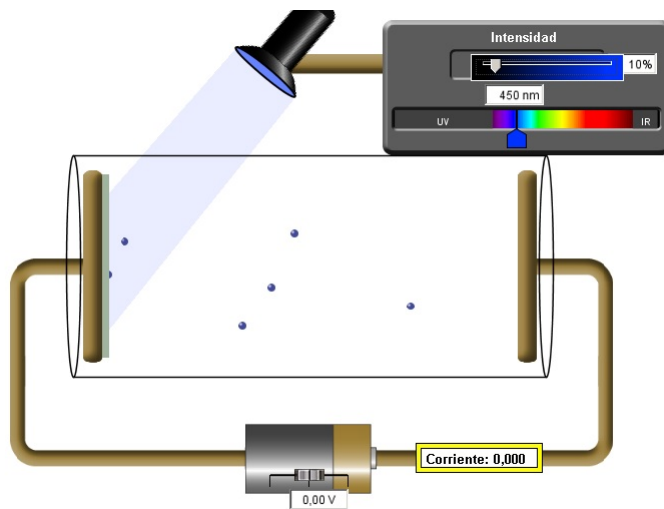
Suposem que il·luminem una placa de sodi amb llum de $\lambda = 700 \text{ nm}$ (color vermell). S'observa que, independentment de la intensitat lluminosa, no succeeix res a la placa.



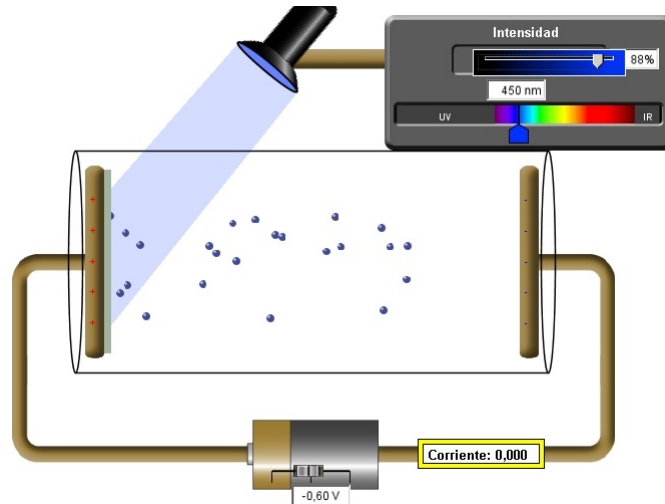
Si ara modifiquem la radiació a $\lambda = 550 \text{ nm}$ (color verd), veiem que no hi ha cap canvi.



Ara, bé, a partir de cert valor de λ s'observa que es comencen a desprendre electrons de la placa de sodi. Per exemple, amb $\lambda = 450 \text{ nm}$ hi ha emissió d'electrons fins i tot amb intensitats molt baixes.



Una vegada establert l'efecte fotoelèctric, podem polaritzar les plaques per tal de *frenar* els electrons emesos. Aquest potencial depèn de la freqüència de la llum però no de la intensitat i s'anomena *potencial de frenada*, està relacionat amb l'energia cinètica màxima dels electrons emesos.



Les conclusions que es poden extreure de tot això són

- (a) Perquè una radiació provoqui efecte fotoelèctric ha de tenir una freqüència mínim, anomenada *freqüència llindar* f_0 . Aquest valor depèn del material. Si la freqüència de la radiació és menor que f_0 , no es produeix efecte fotoelèctric, sigui quina sigui la intensitat d'aquesta radiació.
- (b) Si la radiació que il·lumina el metall supera la freqüència llindar, es produeixen fotoelectrons que es poden detectar perquè circula corrent pel circuit muntat. Llavors, la intensitat d'aquest corrent és proporcional a la intensitat de la radiació.
- (c) Si modifiquem el voltatge extern podem invertir la polaritat de les plaques i fer que, encara que s'emetin fotoelectrons, aquests no arribin a l'altre extrem. El mínim potencial que produeix aquest efecte s'anomena *potencial de frenada*.

Des d'un punt de vista clàssic, no és possible explicar aquest fenomen. Einstein va guanyar el premi Nobel el 1921, entre altres coses, per explicar l'efecte fotoelèctric. El que va fer Einstein és suposar que la llum es compona de partícules o *quants* de llum, anomenats **fotons**. L'energia **d'un** fotó de freqüència f es calcula com

$$E = h \cdot f$$

on $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ és l'anomenada constant de Planck. Llavors, el balanç d'energia a l'efecte fotoelèctric es pot escriure

$$h \cdot f = h \cdot f_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

2. La mecànica quàntica.

Els avenços teòrics a partir de l'explicació de l'efecte fotoelèctric i d'altres fenòmens va permetre formular una sèrie de principis sobre els quals s'assenta la **mecànica quàntica** que tracta sobre la física a nivell atòmic i subatòmic. Els punts de partida de la mecànica quàntica són la dualitat ona-corpúscle i el principi d'incertesa.

(a) La dualitat ona-corpúscle

Amb l'efecte fotoelèctric i d'altres es va veure que la llum es pot considerar com composta per partícules. Més endavant es va postular que també les partícules es podien comportar com a ones. Al final es va arribar a la conclusió que és en funció de l'experiment que fem que la natura *decideix* comportar-se com a ona o com a partícula. La relació deguda a **de Broglie**

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

ens diu quina és la longitud d'ona associada a una partícula de massa m que es mou a velocitat v . Cal notar que en el cas dels fotons, que no tenen massa, la seva quantitat de moviment s'ha de calcular a partir de l'equació relativista més general

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

que relaciona la massa m_0 , en repòs d'una partícula, la seva quantitat de moviment p , i l'energia total E , que té. D'aquesta manera, per fotons

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

(b) El principi d'indeterminació de Heisenberg

El principi d'incertesa de Heisenberg postula que no es pot conèixer amb la mateixa precisió la posició i el moment lineal d'una partícula al mateix temps.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

on $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ s'anomena constant de Planck *reduïda*.

De forma semblant tenim

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

per les variables energia i temps en un sistema quàntic (podria ser el buit).