

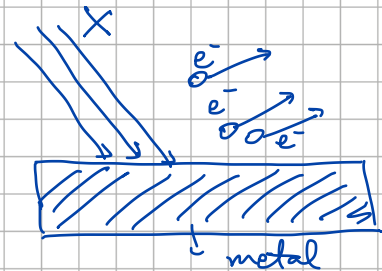
Curs 1

Mecanica cuantică studiază fizica sistemelor nanoscopice, în care dimensiunile $d \sim 10^{-9} - 10^{-6} \text{ m}$
 $d \sim \text{nm} \rightarrow \mu\text{m}.$

Fenomene fizice care au stat la baza Mecanicii cuantice.

Efectul fotoelectric

Legile efectului fotoelectric



- 1) dacă frecvența radiției incidente este mai mică ca o frecvență de prag, $\nu < \nu_p$ atunci nu se emit electroni
- 2) indiferent de intensitatea radiției X, efectul fotoelectric are loc instant.
- 3) Ptr o anumită frecvență $\nu > \nu_p$, numărul de e^- emiși este proportional cu intensitatea radiției, dar nu depinde de frecvență.
- 4) Energia cinetică a e^- emiși este proporțională cu frecvența ν , dar nu depinde de intensitate.

Efectul fotoelectric nu poate fi explicat folosind natura ondulatorie a luminii.

1905 - Einstein explică efectul fotoelectric folosind caracterul de corpuscul a luminii.

$E = h\nu$ - energia unui foton (corpusculul de lumina)

W - lucrul mecanic de extracție

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - W; \quad \nu > \frac{W}{h}$$

h - constanta lui Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

$E_c = \frac{mv^2}{2}$ - energia electronilor emisi

$\nu_p = \frac{W}{h}$ - frecventa de prag

In cazul efectului fotoelectric, lumina are un caracter de corpuscul.

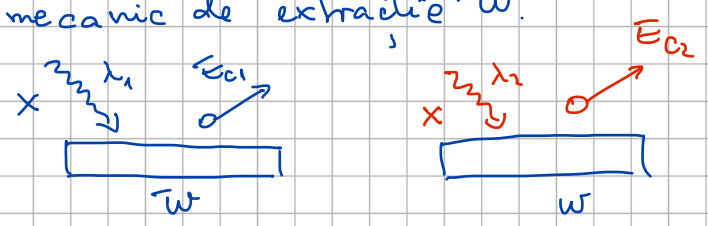
Ex: (det. a const. Planck)

Se considera un fascicul cu lungimea de unda $\lambda_1 = 280 \text{ nm}$ si $\lambda_2 = 490 \text{ nm}$, care produce e^- cu energia cinetica maxima de $E_1 = 8,57 \text{ eV}$ si $E_2 = 6,67 \text{ eV}$.

a) Sa se determine h - const. Planck

b) Sa se determine lucrul mecanic de extractie W.

$E_c = h\nu - W$



$\nu = \frac{c}{\lambda}$; $k = \frac{c}{T} \leftarrow$ perioada
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Scadem (1) - (2)

$$\begin{cases} E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} - W & (1) \\ E_2 = \frac{hc}{\lambda_2} - W & (2) \end{cases}$$

$$E_1 - E_2 = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_1 \lambda_2} (\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$h = \frac{(E_1 - E_2)}{c} \cdot \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

$$W = \frac{hc}{\lambda_1} - E_1$$

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$W = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{280 \cdot 10^{-9} \text{ m}} - 8,57 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$h = \frac{(8,57 - 6,67) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{3 \cdot 10^8} \cdot \frac{280 \cdot 10^{-9} \cdot 490 \cdot 10^{-9}}{210 \cdot 10^{-9}} \text{ J}\cdot\text{s}$$

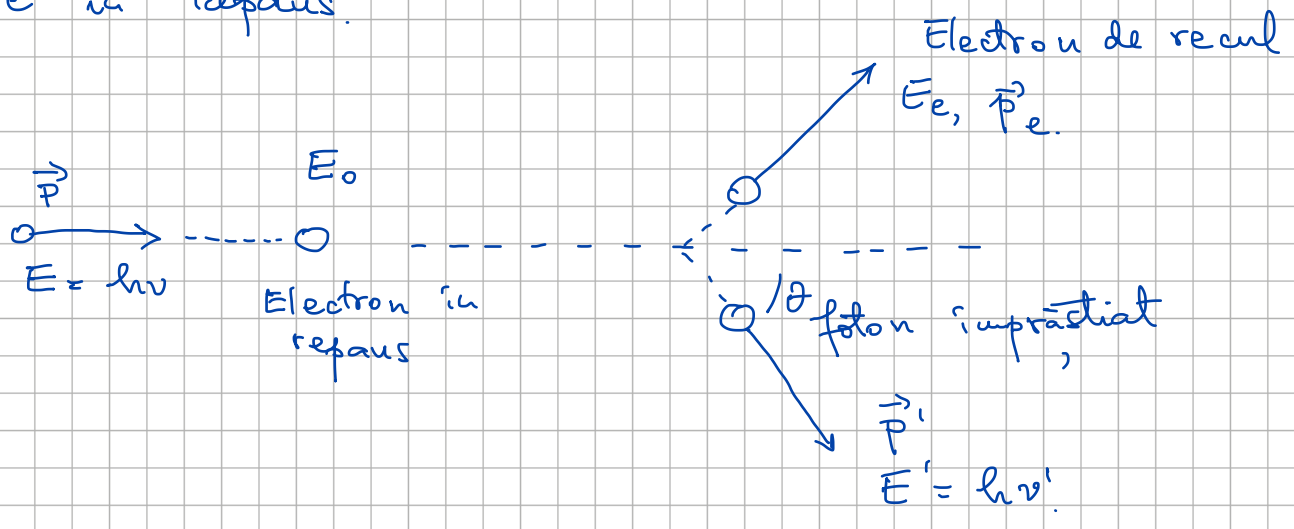
$$W = -6,619 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W = -4,13 \text{ eV}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

Efectul Compton (1923 Compton)

- reprezintă împrăștierea fotonilor pe e^- liberi, și constă în modificarea lungimii de undă inițiale $\lambda \rightarrow \lambda'$
- efectul Compton se explică folosind caracterul corpuscular a luminii și constă în împrăștierea unui foton pe un e^- în repaus.



experimental se observă că lungimea de undă crește $\Delta \lambda = \lambda' - \lambda > 0$.

- energia totală și impulsul total se conservă.

$$\begin{cases} \vec{p} = \vec{p}' + \vec{p}_e & \text{- relație vectorială.} \\ hv + E_0 = E_e + hv' \end{cases}$$

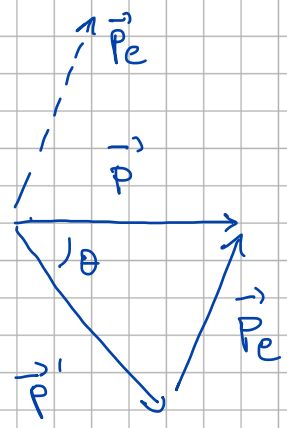
$E_0 = m_0 c^2$ m_0 - masa electronului

$$E_e = \sqrt{m_0^2 c^4 + p_e^2 c^2}$$

\nwarrow impulsul e^- .

$$\vec{p}_e = \vec{p} - \vec{p}'$$

$$p_e^2 = (\vec{p} - \vec{p}')^2$$



$$p_e^2 = p^2 + p'^2 - 2 p p' \cdot \cos \theta$$

ptr foton $m_f = 0$ (masa de repaus a unui foton este 0)

$$E = \sqrt{m_f^2 c^4 + p^2 c^2} = p \cdot c \Rightarrow p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$p_e^2 = \frac{h^2 \nu^2}{c^2} + \frac{h^2 \nu'^2}{c^2} - 2 \frac{h\nu h\nu'}{c^2} \cdot \cos \theta$$

$$p_e^2 = \frac{h^2}{c^2} (\nu^2 + \nu'^2 - 2 \nu \nu' \cos \theta)$$

$$E_e = \sqrt{m_0^2 c^4 + p_e^2 c^2} = h \sqrt{\nu^2 + \nu'^2 - 2 \nu \nu' \cos \theta + \left(\frac{m_0 c^2}{h}\right)^2}$$

$$h\nu + m_0 c^2 = h \sqrt{\nu^2 + \nu'^2 - 2 \nu \nu' \cos \theta + \left(\frac{m_0 c^2}{h}\right)^2} + h\nu'$$

$$\frac{1}{h} | h(\nu - \nu') + m_0 c^2 = h \sqrt{\nu^2 + \nu'^2 - 2 \nu \nu' \cos \theta + \left(\frac{m_0 c^2}{h}\right)^2}$$

$$\left(\nu - \nu' + \frac{m_0 c^2}{h} \right)^2 = \nu^2 + \nu'^2 - 2 \nu \nu' \cos \theta + \left(\frac{m_0 c^2}{h}\right)^2$$

$$\cancel{\nu^2 + \nu'^2} + \left(\frac{m_0 c^2}{h}\right)^2 - 2 \nu \nu' + 2 \frac{m_0 c^2}{h} (\nu - \nu') = \cancel{\nu^2 + \nu'^2} - 2 \nu \nu' \cos \theta + \left(\frac{m_0 c^2}{h}\right)^2$$

$$2 \frac{m_0 c^2}{h} (\nu - \nu') = 2 \nu \nu' (1 - \cos \theta) \quad | : \nu \cdot \nu'$$

$$\frac{m_0 c^2}{h} \left(\frac{1}{\nu'} - \frac{1}{\nu} \right) = (1 - \cos \theta) \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

Putem considera că lumina are un caracter dual:

- * în anumite experimente se manifestă caracterul corpuscular
 - ef. fotoelectric, Compton, producerea de perechi.
- * în alte experimente se manifestă caracterul de undă
 - interferența (disp. Young), difracția,
 - electrodinamica

Ipoteza de Broglie

- lumina are un caracter dual, dar și alte particule pot avea un caracter de undă (ex. electronul)

O undă este descrisă de $\nu, \lambda, \omega = 2\pi\nu$ (pulsatia)

O particulă este descrisă de E, \vec{p} .

$$E = h\nu = \hbar\omega = \left(\frac{h}{2\pi}\right)(2\pi\nu)$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

sau vectorul de undă $\vec{k} = \frac{\vec{p}}{\hbar}$

particula asociată

	Undă	Corpuscul	unda
	$\nu, \omega, \lambda, \vec{k}, T$	\vec{p}, \vec{E}	
Energie:	$\hbar\omega, h\nu$	E	ν - frecvența
impuls:	$\hbar\vec{k}$	\vec{p}	T - perioada
	$\nu = \frac{1}{T}$		λ - lungimea de undă
	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$		c - viteza luminii
	$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{\nu}$		k - vectorul de undă
	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$		(nr. de undă)
			ω - pulsatia

Exp. Davison - Germer - pune în evidență caracterul de undă a unui fascicul de e^- .

- interferența cu e^- a fost realitatea în exp. Thompson.
(\sim exp Young cu electronii)

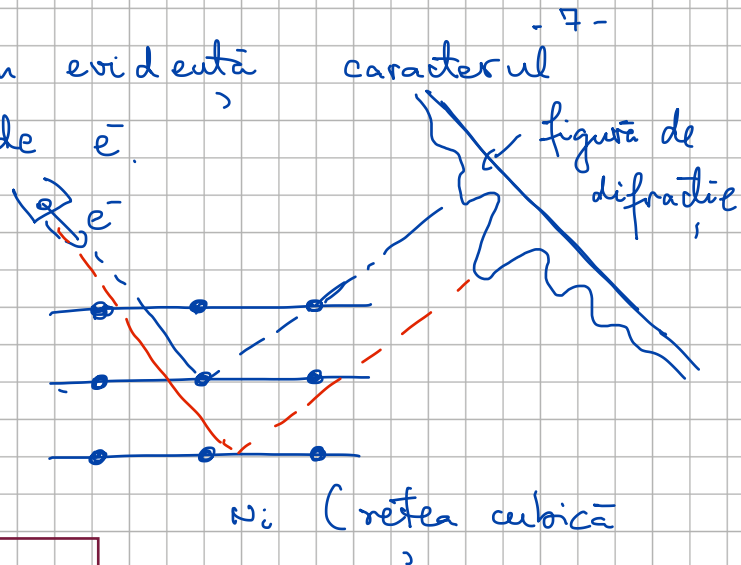


$$E = \hbar \omega$$

$$\vec{p} = \hbar \cdot \vec{k}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

← formularea matematică a ipotezei de Broglie.



Principiul de nedeterminare Heisenberg

Pentru experimentul Young:

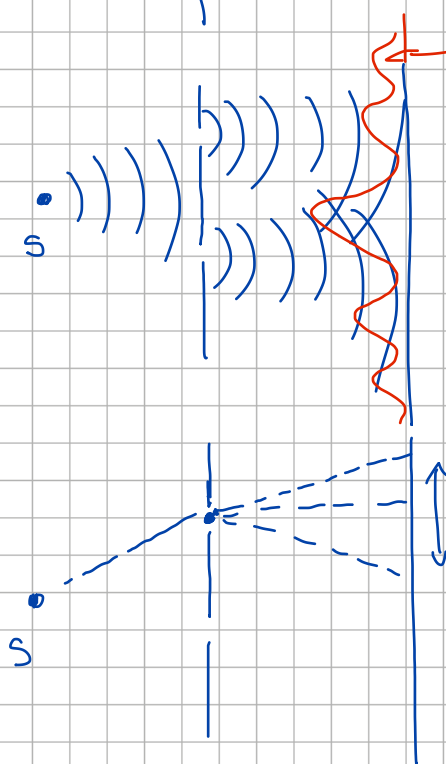


figura de interferență

Enunț: La o măsurătoare, poziția unei particule nu poate fi determinată cu o precizie infinită.

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

Δx - nedeterminarea (abaterea) în poziție

Δp_x - nedeterminarea în impuls

Ptr mișcare 3D :

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \geq \frac{\hbar}{2}, \quad \Delta z \cdot \Delta p_z \geq \frac{\hbar}{2}$$