

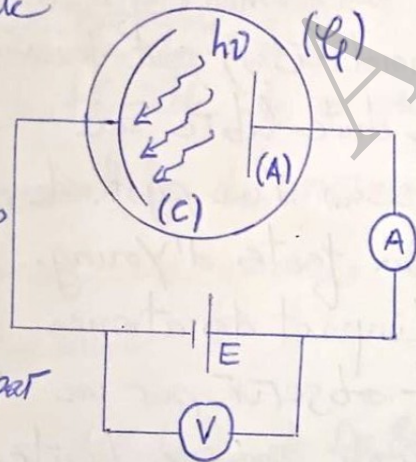
Ch.: Physique Quantique

I/ Introduction au monde quantique : dualité

onde - corpuscule

1) Cas de la lumière : effet photoélectrique

* (cf) : cellule transparente à l'U.V. contenant 2 plaques (C) et (A), cathode et anode, reliées à un générateur.



* Lorsqu'on éclaire (C) par une radiation monoch., un courant d'intensité I peut circuler dans le circuit sous certaines conditions : c'est l'effet photoélectrique.

* On constate que :

- Cet effet n'est observable que si les radiations ont une fréq. ν supérieure à une valeur seuil ν_0

- Pour $\nu < \nu_0$: $I = 0$ quelque soit la puissance du faisceau lumineux incident.

* Interprétation :

- La phys. classique permet de prévoir que les e^- seront éjectés de (C) vers (A) sous l'effet de l'énergie qui leur ai communiquée par l'onde.

Mais, elle ne peut pas expliquer la dépendance de l'énergie cinétique de ces e^- vis à vis de ν , ainsi que son indépendance du flux incident.

- L'explication fut donnée par Einstein en 1905 :

La lumière est composée de grains (corpuscules) appelés "photons" d'énergie $E = h\nu$ (quantum d'énergie) qui se transmet en totalité à l' e^- .

- Si on suppose qu'il est nécessaire de fournir un travail W pour extraire l'e du métal, celui-ci sera donc éjecté avec une énergie cinétique :

$$E_c = E - W = \frac{1}{2} m_e v_e^2 > 0$$

$$\rightarrow E - W > 0 \text{ or } E = h\nu$$

$\rightarrow$ Ainsi, l'effet photoélectrique ne peut être observé que pour une fréq. $\nu > \nu_{\text{seuil}}$ où $\nu_{\text{seuil}} = \frac{W}{h}$

* Relations de Planck-Einstein :

- À une onde électromagnétique de fréq. ν (de pulsation ω) et de vecteur d'onde $\vec{k}$, on associe une particule (un photon) d'énergie E et de quantité de mouvement $\vec{p}$ tel que :

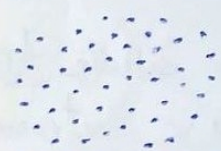
$$\begin{cases} E = h\nu = \hbar\omega \\ \vec{p} = \hbar\vec{k} \end{cases} \quad \text{Relations de Planck-Einstein}$$

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

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} : \text{cte de Planck réduite}$$

2) Cas de la matière : interférences d'atomes

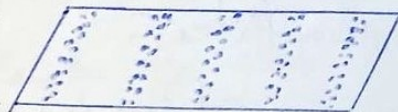
* Des atomes refroidis (immobilisés) sont laissés en chute libre au dessus d'un syst. de deux fentes d'Young. L'impact des atomes est observé sur un écran pour les fentes.



Atomes refroidis



Fentes d'Young



Écran

Lorsqu'on observe tomber un grand nbre d'atomes, les impacts se concentrent sur des bandes // aux fentes, et forment une figure similaire à celle obtenue par interf. d'ondes lumineuses.

* Interprétation :

- Les atomes ont un comportement typique d'une onde (diffraction et interf.).
- Les atomes, considérés comme des corpuscules, présentent aussi un aspect ondulatoire.

* Relations de Louis De Broglie :

- À une particule matérielle de masse m , d'énergie E et de quantité de mouvement $\vec{p} = m\vec{v}$, on associe une onde, de fréq. ν et de vecteur d'onde $\vec{k}$ tel que :

$$\begin{cases} E = h\nu = \hbar\omega \\ \vec{p} = \hbar\vec{k} \end{cases} : \text{Relations de De Broglie}$$

Rques :

- * La longueur d'onde de l'onde de matière associée à une particule de masse m et de quantité de mouvement $\vec{p} = m\vec{v}$ s'écrit :

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

$$\lambda = \frac{h}{mv} : \text{longueur d'onde de De Broglie}$$

- * Les phénomènes quantiques apparaissent lorsque les distances mises en jeu sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de De Broglie λ .

exemples :

- a - Une balle de Tennis et de masse $m \approx 60g$. Au service, elle peut avoir une vitesse $v \approx 100 \text{ km/h}$ et elle parcourt des distances de l'ordre $d \sim 1m$. La longueur d'onde de l'onde de matière associée à la balle est :

$$\lambda = \frac{h}{mv} \sim 10^{-32} \text{ m}$$

$\lambda \ll d \rightarrow$ approche classique

- b - Un e^- de masse $m \approx 10^{-31} \text{ kg}$, se déplace à une vitesse $v \approx 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ sur des distances caractéristiques de l'ordre $d \sim 1\text{\AA}$.

$$\lambda = \frac{h}{mv} \approx 7 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$\lambda \sim d \rightarrow$ approche quantique.