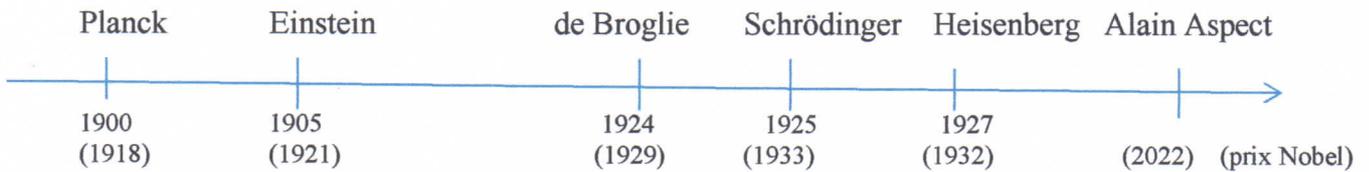


Chapitre 31 : Physique quantique



I) Dualité onde-particule pour la lumière et la matière

I.1) Cas de la lumière

Expérience mettant en évidence la nécessité de la notion de photon : l'effet photoélectrique

Photon : relation de Planck-Einstein

impulsion

$$\vec{p} = \frac{h}{\lambda} \vec{u} = \frac{E}{c} \vec{u}$$

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \hbar \omega$$

e⁻ émis en surface d'un métal éclaboué par la lumière si $\nu > \nu_{seuil}$ t.q. $E = h\nu > W_{extraction}$

I.2) Généralisation à la matière ; relation de de Broglie

Expérience mettant en évidence le comportement ondulatoire de la matière : interférences électron par électron ou atome par atome avec des fentes de Young

$$\lambda = \frac{h}{p} \text{ soit } p = \frac{h}{\lambda} = \hbar k. \text{ Si particule de masse } m, \text{ de vitesse } v \ll c, p = mv.$$

I.3) Traitement quantique ou classique ?

$$L \lesssim \lambda_{dB} \quad | \quad L \gg \lambda_{dB}$$

II) Fonction d'onde

II.1) Définition. $\Psi(M,t)$ t.q. $dP = |\Psi(M,t)|^2 dV = \text{proba. de présence} \dots \int_{\text{espace}} dP = 1$

II.2) Interprétation de l'expérience des fentes de Young en termes probabilistes

$$dP \neq dP_1 + dP_2, \text{ c'est } \Psi = \Psi_1 + \Psi_2 \rightarrow |\Psi|^2 = |\Psi_1|^2 + |\Psi_2|^2 + \text{terme d'interférences}$$

III) Inégalité de Heisenberg spatiale (1901-1976)

III.1) Analogie avec la diffraction des ondes lumineuses (dém) $\rightarrow \Delta x \Delta p_x \approx h$

III.2) Généralisation : principe d'indétermination de Heisenberg $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$

IV) Quantification de l'énergie

IV.1) Modèle planétaire de Bohr

(dém)

$\cdot e^-$

$$\text{TAQ: } m v^2 / r = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \rightarrow v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m r}}$$

$$L_0 = m r v = m \hbar \rightarrow E_n = \frac{E_1}{n^2} \text{ quantifiés, } n \in \mathbb{N}^*$$

IV.2) Particule dans un puits de potentiel rectangulaire infini unidimensionnel

$$\begin{cases} V = E_p = 0 & \text{si } 0 < x < L \\ V = \infty & \text{sinon} \end{cases}$$

a) Energie minimale de confinement (dém) $E \geq \frac{\hbar^2}{8mL^2}$ à partir de $\Delta x \approx L$.

b) Analogie avec la corde vibrante fixée à ses deux extrémités

Quantification de l'énergie (dém) $\Psi(x=0,t) = 0$ et $\Psi(x=L,t) = 0 \rightarrow L = m \frac{\lambda}{2} \rightarrow E_n = m^2 E_1$
 $m \in \mathbb{N}^*$

c) Lien qualitatif entre confinement spatial et quantification

Généralisation : une particule quantique confinée dans une région de l'espace a son énergie quantifiée

d) Exemple

e) Exercice : résolution de l'équation de Schrödinger