Chapitre 31 : Physique quantique

Planck	Einstein	de Broglie	Schrödinger	Heisenberg	Alain Aspect	
1900	1905	1924	1925	1927		
(1918)	(1921)	(1929)	(1933)	(1932)	(2022)	(prix Nobel)

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 $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} = \hbar\omega$ | e^- émis en surface d'1 métal éclairé par 1 lumière si $\nu > \nu_{seuil}$ t.q. $E = h\nu > W_{extraction}$

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

$(h = 6{,}63.10^{-34}\,J.s)$

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

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

I.3) Traitement quantique ou classique ?

$L \lesssim qq\lambda_{DB}$ | $L \gg \lambda_{DB}$

II) Fonction d'onde

II.1) Définition

$\Psi(M,t)$ t.q. $dP = |\Psi(M,t)|^2 d\tau$ = proba. de présence... $\iint_{espace} dP = 1$

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

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

III) Inégalité de Heisenberg spatiale (1901-1976)

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

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 e^-

$\begin{cases} TQM : mv^2/r = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \rightarrow v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r}} \\ L_0 = mrv = n\hbar \rightarrow E_n = \frac{E_1}{n^2} \text{ quantifiée}, n \in \mathbb{N}^* \end{cases}$

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 $\Delta x \simeq L$.

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

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

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