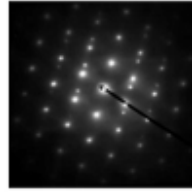
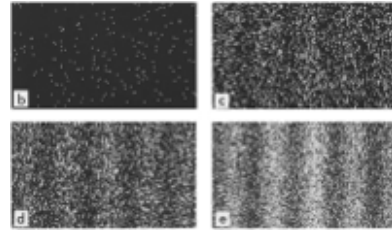


1923 : Louis de Broglie émet l'hypothèse que toute particule peut avoir un comportement ondulatoire, on lui associe alors une << onde de matière >>.

$$\lambda_{DB} = \frac{h}{p}$$



1927 : Davisson et Germer réalisent la diffraction d'électrons dans un cristal.



1989 : Une équipe japonaise réalise des interférences d'électrons

Historique

**Une particule**

Possède les propriétés d'une particule

**Quantité de mouvement**

Particule non relativiste ( $v < c/10$ ) :  $\vec{p} = m\vec{v}$

Particule relativiste ( $v > c/10$ ) :  $\vec{p} = \gamma m\vec{v}$

**Énergie**

$E = E_m = E_c + E_p = \frac{p^2}{2m} + E_p$

**Longueur d'onde**

$\lambda_{DB} = \frac{h}{p}$

**Vecteur d'onde**

$\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda_{DB}} \vec{u}$

**Possède les propriétés d'une onde << de matière >>**

**La probabilité de détecter une particule en un point est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde de matière en ce point.**

Applications actuelles

Microscopie électronique

Diffraction de neutrons

La mesure d'une grandeur X sur un système quantique donne un résultat aléatoire.

L'indétermination quantique de X nous renseigne sur la dispersion des résultats.

$$\Delta X = \sqrt{\langle X^2 \rangle - \langle X \rangle^2}$$

**Les mesures de position et de quantité de mouvement sont affectées d'indéterminations quantiques telles que :**

$$\Delta x \Delta p_x \gtrsim \hbar \text{ avec } \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

L'inégalité de Heisenberg

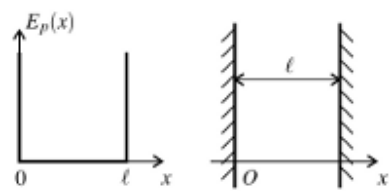
Une particule confinée possède une énergie minimale.

$$\langle E_c \rangle \gtrsim \frac{\hbar^2}{2m\ell^2} = E_{c,\min}$$

L'énergie d'un oscillateur harmonique quantique possède une valeur minimale :

$$E \gtrsim \hbar\omega_0$$

Conséquences



Quantification d'une particule confinée

Une étude ondulatoire suppose la présence d'ondes stationnaires telles que :

$$\ell = n \frac{\lambda_{DB}}{2}$$

Son énergie est alors quantifiée.

$$E_{c,n} = \frac{p^2}{2m} = n^2 \frac{h^2}{8m\ell^2}$$

Dualité onde-particule

Historique

1900 : Planck utilise l'hypothèse d'un échange d'énergie entre lumière et matière par multiple d'un << quantum d'énergie >>.

$$E = h\nu$$

1905 : Einstein propose une interprétation de l'effet photoélectrique en considérant que le rayonnement est constitué de << quanta de lumière >>.

$$\nu > \nu_s = \frac{W}{h}$$

1922 : Compton interprète la diffusion des rayons X par la matière en considérant des collisions entre électrons et particules de lumière.

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

La lumière

Possède les propriétés d'une onde

Fréquence  $\nu$

Célérité  $c$

**Masse nulle**

$m = 0$

**Énergie**

$E = h\nu$

**Quantité de mouvement**

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

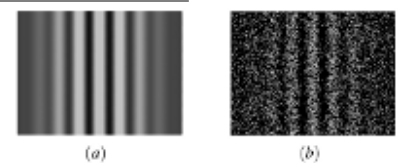
**Possède les propriétés d'une particule : le photon**

**La probabilité de détecter un photon en un point est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde lumineuse en ce point.**

Expériences avec des photons uniques

Faisceau de photons uniques sur une lame semi-réfléchissante

Fentes d'Young



(a)

(b)