

J'apprends mon cours de physique quantique 1

I. Questions de cours

1. Exprimer la longueur d'onde de De Broglie d'une particule: $\lambda = \frac{h}{mv}$

2. Donner l'ordre de grandeur de la taille d'un noyau: $d \sim 10^{-15} \text{ m}$

et de la distance entre deux atomes $d \sim 10^{-10} \text{ m}$

3. Préciser le sens de l'expression "absence de déterminisme" *Données des Cs données et des forces données il est impossible de prévoir la position et la vitesse d'une particule au cours du temps, on parle donc de probabilité de présence et non de position.*

4. On note $\psi(x, t)$ la fonction d'onde d'une particule.

Exprimer la densité linéique de probabilité de présence de cette particule

$$\frac{dP}{dx} = |\psi(x, t)|^2 = \psi(x, t) \psi^*(x, t)$$

Exprimer la probabilité de trouver la particule entre $x = a$ et $x = b$

$$P = \int_a^b |\psi(x, t)|^2 dx$$

La fonction d'onde vérifie l'équation de Schrödinger: $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \psi(x, t) + U(x) \psi(x, t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(x, t)$.

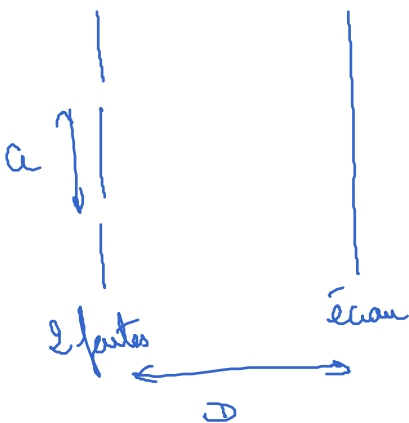
Que représenter $U(x)$ et quelle est son unité?

l'énergie potentielle de la particule en Joule, appelée potentiel en mécanique quantique

Que traduit l'équation de Schrödinger? *la conservation de l'énergie mécanique de la particule.*

II. Longueur d'onde de De Broglie

1. On réalise une expérience d'interférences avec des électrons de masse m et d'énergie cinétique $E_c = 30 \text{ eV}$ à travers deux fentes identiques distantes de $a = 0,5 \mu\text{m}$ et placées à une distance $D = 1 \text{ m}$ d'un écran. Données: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Préciser à quoi correspondent les franges brillantes sur l'écran. Calculer l'interfrange.



$$\lambda = \lambda \frac{D}{a} \quad \text{avec} \quad \lambda = \frac{h}{mv}$$

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \quad \text{soit} \quad v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$$

$$\text{Avec: } v = \sqrt{\frac{2 \times 30 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{9 \cdot 10^{-31}}} = 3,27 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9 \cdot 10^{-31} \times 3,27 \cdot 10^6} = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,22 \mu\text{m}$$

2. On étudie la désintégration α du noyau de plutonium 238. La particule α émise lors de cette désintégration a une énergie $E_\alpha = 5,9 \text{ MeV}$. Montrer que l'étude de la désintégration doit se faire par un traitement quantique. Données: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (masse de la particule α)

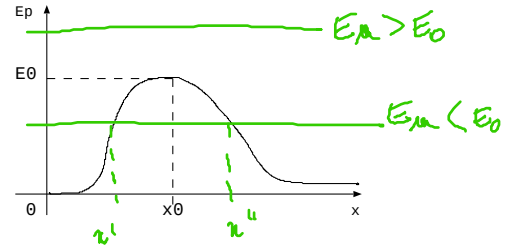
$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad \text{avec} \quad E_\alpha = \frac{mv^2}{2} \quad \text{soit} \quad v = \sqrt{\frac{2E_\alpha}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 5,9 \cdot 10^6 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,64 \cdot 10^{-27}}} = 1,7 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

Alors: $\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{6,64 \cdot 10^{-27} \times 1,7 \cdot 10^7} = 5,8 \cdot 10^{-15} \text{ m}$: de l'ordre de grandeur de la taille du noyau donc on doit traiter la désintégration du noyau avec le fait de ne pas quantifier (on ne peut pas négliger la nature ondulatoire de cette particule)

III. Exercice de cours

1. Dans cette première question, on réalise un approche classique.

On donne l'énergie potentielle d'une particule de masse m astreinte à se déplacer sur l'axe Ox sur la demi droite $x > 0$.



1.a. Dédurre de cette énergie potentielle les valeurs de x pour lesquelles la particule subit une force attractive, puis une force répulsive.

$$\vec{F} = -\text{grad } E_p(x) = -\frac{dE_p}{dx}$$

pour $x < x_0$: $E_p \uparrow$ donc $\frac{dE_p}{dx} > 0$ donc $\vec{F} < 0$
 pour $x > x_0$: $E_p \downarrow$ donc $\frac{dE_p}{dx} < 0$ donc $\vec{F} > 0$

On a une force attractive pour $x < x_0$ et une force répulsive pour $x > x_0$.

1.b. La particule a une énergie mécanique constante $E_m > E_0$. Préciser les valeurs de x accessibles par la particule.

$E_m = E_c + E_p$ avec $E_c \geq 0$ donc le x est possible uniquement pour $E_m \geq E_p$
 Or $E_m > E_0$: la particule peut se trouver partout sur l'axe Ox .

1.c. La particule a une énergie mécanique constante $0 < E_m < E_0$. Préciser les valeurs de x accessibles par la particule.

Le x est possible uniquement dans la zone où $E_m \geq E_p$ soit ici pour $x < x'$ ou $x > x''$. La particule ne peut pas passer d'une zone à l'autre, elle est confinée en $x < x'$ ou en $x > x''$.

2) $\Psi_I(x,t) = 0$ car dans cette région $V \rightarrow \infty$

$$\Psi_I \text{ vérifie : } -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi_I}{\partial x^2} + 0 \times \Psi_I = i\hbar \frac{\partial \Psi_I}{\partial t}$$

$$\Psi_{II} \text{ vérifie : } -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi_{II}}{\partial x^2} + E_0 \times \Psi_{II} = i\hbar \frac{\partial \Psi_{II}}{\partial t}$$

$$\Psi_{IV} \text{ vérifie : } -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi_{IV}}{\partial x^2} + 0 \times \Psi_{IV} = i\hbar \frac{\partial \Psi_{IV}}{\partial t}$$

La normalisation de la fonction d'onde s'écrit : $\int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi|^2 dx = 1$
la particule se trouve qq part sur l'axe des

$$\int_{-\infty}^0 |\Psi_I|^2 dx + \int_0^{x_1} |\Psi_{II}|^2 dx + \int_{x_1}^{x_2} |\Psi_{III}|^2 dx + \int_{x_2}^{+\infty} |\Psi_{IV}|^2 dx = 1$$

Les équations de continuité s'écrivent :

en $x=0$: le potentiel diverge : $\Psi_I(0,t) = \Psi_{II}(0,t) = 0$

en x_1 et x_2 : le potentiel ne diverge pas :

$$\Psi_{II}(x_1,t) = \Psi_{III}(x_1,t) \text{ et } \frac{\partial \Psi_{II}}{\partial x}(x_1,t) = \frac{\partial \Psi_{III}}{\partial x}(x_1,t)$$

$$\Psi_{III}(x_2,t) = \Psi_{IV}(x_2,t) \text{ et } \frac{\partial \Psi_{III}}{\partial x}(x_2,t) = \frac{\partial \Psi_{IV}}{\partial x}(x_2,t)$$