

Interrogation de cours n°25

1 Mécanique quantique

- Expliquer en quoi consiste l'effet photoélectrique.

- Donner les relations de Planck-Einstein définissant l'énergie et la quantité de mouvement d'un photon en fonction de sa longueur d'onde. Quelle relation lie E et p pour un photon ?

- Pour une particule quantique de masse m , donner l'expression de son énergie cinétique E_c et sa quantité de mouvement (relation de De Broglie) ? On donnera à nouveau l'énergie cinétique et la quantité de mouvement du quanton en fonction de sa longueur d'onde de De Broglie. Quelle relation lie E_c et p dans ce cas ?

- Quand un problème doit-il être traité de manière quantique ?

- Rappeler l'expression de l'inégalité spatiale d'Heisenberg à une dimension. On précisera la signification des termes introduits.

2 Particule quantique libre

- Rappeler l'expression de l'équation de Schrödinger dans le cas général.

- Qu'appelle-t-on un état stationnaire en mécanique quantique, dans le cas unidimensionnel ?

• Comment s'écrivent les états stationnaires de l'équation de Schrödinger dans le cas unidimensionnel lorsque le potentiel est indépendant du temps (démonstration non demandée)? Quelle est la particularité de leur densité de probabilité?

• Montrer que la fonction d'onde d'une particule quantique libre peut s'écrire sous la forme :

$$\psi(x, t) = Ae^{-i(\omega t - kx)} + Be^{-i(\omega t + kx)} \quad \text{ou} \quad \psi(x, t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et - px)} + Be^{-\frac{i}{\hbar}(Et + px)}$$

• Remplir le tableau suivant (on redémontrera uniquement la relation de dispersion et la vitesse de propagation dans le cas d'un quanton - toutes les autres expressions peuvent être données sans justification) :

	particule quantique libre (quanon)	comparaison avec le photon
Énergie		
Impulsion (non relativiste)		
Relation de dispersion		
Vitesse de propagation		

• Retrouver l'expression du vecteur densité de courant de probabilité par analogie avec celle du vecteur densité de courant en électromagnétisme.

3 Particule quantique dans un potentiel

3.1 Marche de potentiel d'une énergie de la particule incidente inférieure à celle de la marche : $E < V_0$

- Faire un schéma et une analyse classique rapide.

- Calculer les états stationnaires pour $x < 0$ et $x > 0$, puis les fonctions d'onde correspondantes. On introduira les grandeurs k et δ dont on précisera l'expression et la signification, et les coefficients de réflexion \underline{r} et de transmission \underline{t} en amplitude.

- Calculer les expressions de \underline{r} et \underline{t} en fonction de k et δ .

- En déduire les probabilités de réflexion R et de transmission T . Calculer la densité de probabilité de présence après la marche. En quoi est-ce surprenant ?

- Donner une situation conduisant à des équations analogues en électromagnétisme.

3.2 Barrière de potentiel et effet tunnel

- Montrer que dans le cas où $E < V_0$, dans la limite de la barrière épaisse, la probabilité de transmission s'écrit : $T \simeq e^{-\frac{2L}{\delta}}$, où L est l'épaisseur de la barrière et δ est la distance caractéristique de décroissance de l'amplitude de la fonction d'onde dans la barrière. Expliquer pourquoi on parle d'effet tunnel.

3.3 Puits de potentiel infini

- Faire le calcul complet des états stationnaires à l'intérieur d'un puits infini unidimensionnel de largeur L , avec $V(x) = 0$ dans le puits.

- En déduire les énergies correspondantes et vérifier qu'on retrouve bien le même résultat qu'avec l'analogie avec la corde de Melde utilisée en MPSI.