

DEVOIR SURVEILLE PHYSIQUE QUANTIQUE

Constantes physiques :

Constante de Planck $h = 6.628 \cdot 10^{-34}$ J.s

Vitesse de la lumière $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

Charge électrique élémentaire $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C

Masse de l'électron $m = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg

Masse du neutron $M = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg

On rappelle que la constante \hbar est obtenue en divisant h par 2π

Exercice 1 – Puits quantique « coloré » (10 pts)

Nous nous intéressons ici à un modèle ultra-simplifié d'émetteur de lumière quantique comme pourrait l'être un laser ou diode électroluminescente (DEL). Pour ce faire nous imaginons qu'un électron de masse m , libre de toute interaction ait pour seule contrainte de rester enfermé dans un espace unidimensionnel entre 0 et L . L'électron est décrit par une fonction d'onde qui est donc nulle en dehors de $0 < x < L$

- 1) Ecrire l'équation vérifiée par les états stationnaires en énergie
- 2) Donner la forme générale des solutions stationnaires
- 3) En appliquant les conditions aux limites, donner l'expression des énergies permises E_n

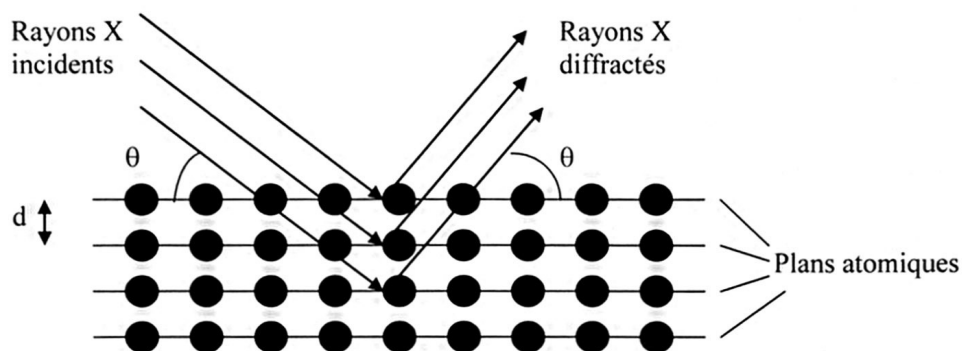
On introduira la grandeur k définie par : $k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$

On imagine à présent que nous avons pu par une influence extérieure amener l'électron dans le deuxième état (E_2). Si l'électron quitte cet état pour revenir au niveau fondamental (E_1) il lui faut perdre l'énergie correspondant à la différence entre les 2 niveaux. Nous faisons l'hypothèse supplémentaire ici qu'il évacue cette énergie sous forme de lumière.

- 4) Rappeler la relation d'Einstein liant énergie et fréquence lumineuse.
- 5) Ecrire l'équation donnant la fréquence lumineuse émise lors de la transition de l'électron entre les niveaux E_1 et E_2 .
- 6) Comment varie la longueur d'onde lumineuse ainsi émise en fonction de la largeur du puits quantique ?
- 7) Quelle largeur de puits L faudrait-il réaliser pour obtenir une émission à 550 nm ?
- 8) Est-il possible d'imaginer un émetteur de lumière blanche à partir de ce qui précède ?

Exercice 2 – Dualité onde-corpuscule (6 pts)

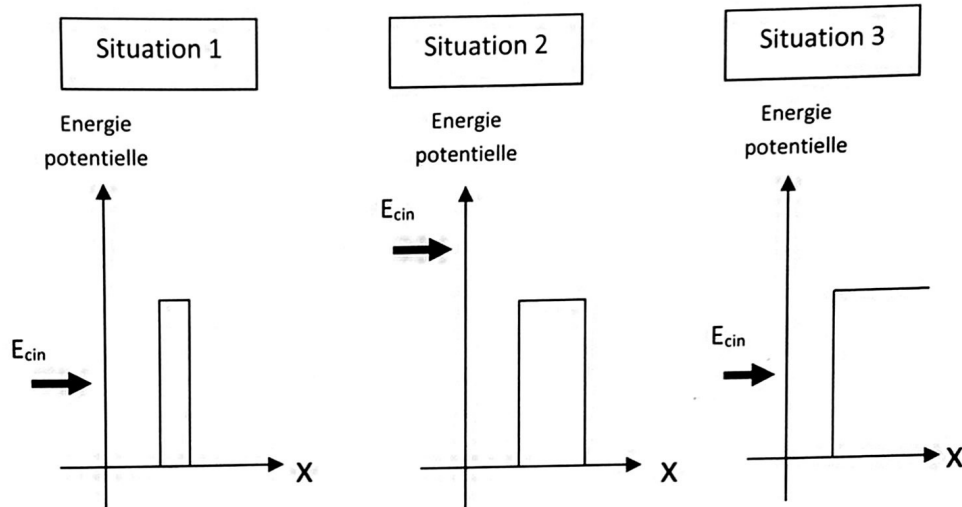
- 1) On souhaite réaliser une expérience d'effet photo-électrique avec un métal dont le travail de sortie vaut 2 eV et un faisceau lumineux de longueur d'onde λ . Donner une condition sur λ pour observer un tel effet ?
- 2) On souhaite observer de la diffraction sur un cristal dont la distance inter-atomique d vaut 0.91 Å. On emploie d'abord des photons X.



- a) Calculer la différence de marche δ entre 2 rayons diffractés par 2 plans successifs en fonction de d .
 - b) Quelle est la condition d'observation de maxima d'intensité diffractée en fonction de d , λ et θ ? Cette relation est connue sous le nom de Loi de Bragg.
 - c) Quelle devrait être leur longueur d'onde pour observer un maximum de diffraction pour un angle de 60° ?
- 3) La physique quantique nous apprend qu'il est possible de reproduire cette expérience de diffraction avec des particules. Quelle devrait être l'énergie cinétique de neutrons diffractant selon le même angle ?

Exercice 3 – Flux de particules sur puits et barrières (4 pts)

Des particules arrivent de la gauche avec une énergie cinétique E_{cin} . Ils rencontrent une barrière d'énergie potentielle d'une hauteur et largeur variables selon la situation. La flèche précise la valeur de l'énergie cinétique incidente des électrons par rapport à l'énergie potentielle rencontrée.



- 1) Quels seraient les coefficients de réflexion de particules **classiques** dans ces trois situations ?
- 2) Une seule de ces situations a un coefficient de réflexion **quantique** égal au cas « classique ». Laquelle est-ce ?
- 3) Dans la résolution de ces problèmes, des ondes évanescentes vont apparaître dans certaines zones. Donner les situations concernées.
- 4) Quelle situation correspond à ce qu'on appelle l'effet tunnel ? Décrivez l'effet en question.