

LP 41 : Effet tunnel

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Ebauche de plan - Niveau : L3

Introduction : Limites de la microscopie optique et comment on peut utiliser un phénomène quantique pour les dépasser. Il faut connaître les principes, résolutions et grossissements des différents microscopes : optique, électronique à balayage (en réflexion et en transmission), à champ proche (effet tunnel et force atomique) pour d'éventuelles questions, ainsi que des dimensions typiques : cellule végétale : 100 microns, cellule animale : 10 microns, bactérie : 1 micron, virus : 100 nm, petite molécule : 1 nm, atome : 0,1 nm.

Prérequis

- Equation de Schrödinger indépendante du temps
- Etats stationnaires
- Ondes planes progressives harmoniques, ondes évanescentes

1 Barrière de potentiel en mécanique quantique

1.1 Problème simplifié: Marche de potentiel [1] p.67, [2] p.68, [3] p.563

- Poser le problème
- Résoudre dans chaque zone l'éq de Schrödinger
- Faire les hypothèses pour réduire les inconnues. Supposer la continuité de la fonction d'onde et de sa dérivée
- En déduire la possibilité de détecter la particule dans la marche
- Possiblement en sortir le coefficient de réflexion

1.2 Barrière de potentiel

- Poser le problème
- Pour chaque domaine, donner la forme de la solution par analogie avec le 1.1
- Avec les conditions aux limites, arriver au système 4x4
- Poser la solution pour le coefficient de transmission bien défini
- Détailler le profil dans le cas de la "barrière épaisse"
- Ordre de grandeur pour un proton et un électron sur une barrière atomique (voir [2] p.75)

2 Applications de l'effet tunnel

2.1 Microscopie à effet tunnel [4] [5]

- Détailler le principe de fonctionnement
- Animation tout est quantique (3)
- Expliquer l'asservissement en courant
- Montrer des photos

2.2 Modélisation de la radioactivité α [7]

- Suivre la modélisation faite
- Selon le temps, détailler plus ou moins le calcul
- Faire des ordres de grandeurs
- Montrer qu'on peut en déduire la loi de Gamow sur l'évolution du logarithme de la période qui ajuste remarquablement bien les données

Conclusion

Ouvrir vers une autre application : spectroscopie par effet tunnel (théorie des bandes, voir le coral de fer autour de l'atome de cuivre), effet Josephson, MASER (être au point sur le principe) ...

Bibliographie

- [1] Basdevant, Dalibard, Mécanique quantique
- [2] Cohen-Tannoudji, Mécanique quantique, tome 1
- [3] Aslangul, Mécanique quantique, tome 1
- [4] Tout en un PC-PC*, Sanz, Dunod
- [5] BUP 699 - Le microscope à effet tunnel
- [6] BUP 734 - L'effet tunnel : quelques applications
- [7] Notes de cours de Damir Buskulic
- [8] Cours ESPCI : <https://cours.espci.fr/site.php?id=73fileid=382>

Animations, ressources

- (1) Paquet d'onde sur une barrière de potentiel :
https://www.sci-phy.org/static/python/physique/Effet_tunnel.py
- (2) Vidéo IBM "A Boy And His Atom: The World's Smallest Movie" :
<https://www.youtube.com/watch?v=oSCX78-8-q0>
- (3) Animation de Tout est quantique pour l'effet tunnel :
<https://www.youtube.com/watch?v=DC0U5viudt0>