

Programme de colle MP semaine 21

du 18/03 au 22/03 2024

Cours 24 : Quelques concepts fondamentaux

Fonction d'onde et équation de Schrödinger : rappels historiques ; densité de probabilité, condition de normalisation ; équation de Schrödinger, superposition d'état ; équation de Schrödinger indépendante du temps, état stationnaire.

Particule libre : fonction d'onde de de Broglie ; paquet d'onde ; principe d'incertitude (d'indétermination plutôt) d'Heisenberg ; courant de probabilité.

Cours 25 : Quelques exemples fondamentaux

Particule dans un puits de potentiel infini – quantification de l'énergie : énergie minimale pour un confinement 1D ; résolution de l'équation de Schrödinger ; superposition d'états stationnaires et évolution temporelle ; exemples physiques.

Particule dans une marche de potentiel – réflexion et transmission : exemples physiques ; prédictions classiques ; résolution dans le cas $E > V$: calcul des coefficients de réflexion et transmission ; résolution dans le cas $E < V$: calcul des coefficients de réflexion et transmission, longueur de pénétration.

Barrière de potentiel – effet tunnel : coefficient de transmission ; applications.

Cours 26 : Statique des fluides (cours)

Echelles d'étude de la matière : échelle macroscopique, microscopique et mésoscopique ; pression dans un fluide.

Relation fondamentale de la statique des fluides (énoncé et démonstration) ; applications au cas des fluides incompressibles (baromètre) ; application au cas des gaz parfaits : modèle de l'atmosphère isotherme.

Loi de Boltzmann : de la pression à la probabilité d'occupation ; interprétation physique de la loi de Boltzmann.

Questions de cours :

1. Énoncer l'équation de Schrödinger, donner les propriétés de la fonction d'onde. Donner la fonction d'onde pour une particule libre. Démontrer l'expression de la vitesse de groupe ?
2. Retrouver l'équation de Schrödinger indépendante du temps. Définir un état stationnaire et donner son évolution temporelle.
3. Donner l'expression du courant de probabilité et l'équation de conservation de la probabilité. Énoncer le principe d'indétermination d'Heisenberg et expliquer son sens.
4. Donner le nom des principaux fondateurs de la mécanique quantique par ordre chronologique de leur(s) contribution(s). Expliquer succinctement leur(s) contribution(s).
5. Résoudre l'équation de Schrödinger dans le cas du puits infini. Donner l'expression des niveaux d'énergie et de la fonction d'onde associée.
6. Résoudre l'équation de Schrödinger dans le cas de la marche de potentiel et $E > V$: calcul des coefficients de réflexion et transmission.
7. Résoudre l'équation de Schrödinger dans le cas de la marche de potentiel et $E < V$: calcul des coefficients de réflexion et transmission.
8. Expliquer l'effet tunnel et donner des applications.
9. Énoncer et démontrer la relation fondamentale de l'hydrostatique.
10. Relation fondamentale de l'hydrostatique dans le cas d'un fluide incompressible. Applications.
11. Relation fondamentale de l'hydrostatique dans le cas d'un gaz parfait isotherme.

Programme prévisionnel de la semaine suivante :
Physique statistique

Eléments du programme en rapport avec la colle :

6.1. Fonction d'onde et équation de Schrödinger	
Fonction d'onde ψ d'une particule sans spin et densité de probabilité de présence.	Interpréter en termes de probabilité l'amplitude d'une onde associée à une particule.
Équation de Schrödinger à une dimension dans un potentiel $V(x)$.	Utiliser le caractère linéaire de l'équation (principe de superposition).
États stationnaires de l'équation de Schrödinger.	Procéder à la séparation des variables temps et espace. Distinguer l'onde associée à un état stationnaire en mécanique quantique d'une onde stationnaire au sens usuel de la physique des ondes. Relier l'énergie de la particule à l'évolution temporelle de sa fonction d'onde et faire le lien avec la relation de Planck-Einstein. Identifier le terme associé à l'énergie cinétique.
6.2. Particule libre	
Fonction d'onde d'une particule libre non localisée.	Établir les solutions. Interpréter la difficulté de normalisation de cette fonction d'onde.
Relation de de Broglie.	Relier l'énergie de la particule et le vecteur d'onde de l'onde plane associée.

Inégalité d'Heisenberg spatiale et paquet d'ondes.	Expliquer, en s'appuyant sur l'inégalité d'Heisenberg spatiale, que la localisation de la particule peut s'obtenir par superposition d'ondes planes.
Densité de courant de probabilité associée à une particule libre.	Utiliser l'expression admise du courant de probabilité associé à une particule libre ; l'interpréter comme un produit densité*vitesse.
6.3. États stationnaires d'une particule dans des potentiels constants par morceaux	
États stationnaires d'une particule dans le cas d'une marche de potentiel. Cas $E > V$: probabilité de transmission et de réflexion. Cas $E < V$: évanescente.	Citer des exemples physiques illustrant cette problématique. Exploiter les conditions de continuité (admisses) relatives à la fonction d'onde. Établir la solution dans le cas d'une particule incidente sur une marche de potentiel. Expliquer les différences de comportement par rapport à une particule classique Déterminer les coefficients de transmission et de réflexion en utilisant les courants de probabilités. Reconnaître l'existence d'une onde évanescente et la caractériser.
Barrière de potentiel et effet tunnel.	Décrire qualitativement l'influence de la hauteur ou de largeur de la barrière de potentiel sur le coefficient de transmission. Exploiter un coefficient de transmission fourni. Citer des applications.
États stationnaires d'une particule dans un puits de potentiel infini.	Établir les solutions et les niveaux d'énergie de la particule confinée. Identifier des analogies avec d'autres domaines de la physique.
Énergie de confinement.	Estimer l'énergie d'une particule confinée dans son état fondamental pour un puits non rectangulaire. Associer l'analyse à l'inégalité d'Heisenberg.
6.4. États non stationnaires d'une particule dans un puits de potentiel infini	
Combinaison linéaire d'états stationnaires.	Expliquer qu'une superposition de deux états stationnaires engendre une évolution au cours du temps de l'état de la particule. Établir l'expression de la densité de probabilité de présence de la particule dans le cas d'une superposition de deux états stationnaires ; interpréter le résultat.

7.1. Facteur de Boltzmann	
Modèle de l'atmosphère isotherme.	Établir la variation de la pression avec l'altitude dans l'hypothèse d'une atmosphère isotherme.
Poids de Boltzmann d'une particule indépendante à l'équilibre avec un thermostat.	Interpréter la loi du nivellement barométrique avec le poids de Boltzmann. Identifier un facteur de Boltzmann. Comparer kT à des écarts d'énergie et estimer les conséquences d'une variation de température.