

Programme de colles de la semaine 22 (du 17 au 21 mars)

Diffusion thermique

Présentation des différents mécanismes d'échange thermique. Densité de courant thermique, loi de Fourier, équation de diffusion 1D et 3D, sans terme source. Analogies avec la conduction électrique.

Régime stationnaire : résolution de $\Delta T=0$ avec conditions aux limites.

Cas 1D, profil de température, température à l'interface entre deux milieux de conductivités thermiques différentes. Résistance thermique, lois d'association.

Résistances thermiques en géométries cylindrique et sphérique.

Conducto-convection, loi de Newton, amélioration du modèle précédent.

Régimes variables : analyse en ordres de grandeur, temps caractéristique de diffusion.

Régime sinusoïdal : ondes thermiques, vitesse de propagation et effet de peau, ordres de grandeur pour

Questions de cours :

1. Densité de courant thermique, puissance thermique, loi de Fourier, dimension des grandeurs introduites
2. Equation de diffusion thermique 1D sans terme source
3. Equation de diffusion thermique 3D (en utilisant le théorème de Green) sans terme source
4. Régime stationnaire 1D : profil de température et résistance thermique
5. Résistance thermique pour une géométrie cylindrique
6. Résistance thermique pour une géométrie sphérique
7. Temps caractéristique de diffusion, ordres de grandeur
8. Ondes thermiques : établissement des solutions à l'équation de diffusion en régime sinusoïdal, mise en évidence de l'effet de peau

Physique quantique

Quelques idées quantiques : pas de localisation d'une particule, aspect probabiliste de la mesure d'une grandeur physique, quantification pour des états liés. Constante de Planck, comparaison avec une grandeur ayant la dimension d'une action.

Spectre de l'atome d'hydrogène, interprétation, niveaux d'énergie, modèle de Bohr.

Relations de Heisenberg, application à l'énergie minimale de confinement dans un puits de potentiel de largeur L et au rayon de Bohr de l'atome d'hydrogène.

Dualité onde-corpuscule, relations de Planck-Einstein.

Fonction d'onde : densité de probabilité, caractère complexe, cas 3D et 1D, normalisation, équation de Schrödinger.

Etats stationnaires : séparation des variables temps et espace, équations vérifiées par les parties spatiale et temporelle : partie spatiale en $\exp(-iEt/\hbar)$ et « équation de Schrödinger pour les états stationnaires » vérifiée par la partie spatiale. Interprétation du mot « stationnaire » : ψ varie au cours du temps mais pas la densité de probabilité $|\psi|^2$, E est définie donc aucune localisation temporelle, en lien avec Heisenberg.

Particule libre : résolution de l'équation, onde de de Broglie, interprétation du sens de déplacement associé à chaque terme par analogie avec les ondes électromagnétiques, lien entre la vitesse de groupe et la vitesse de la particule au sens classique p/m . Interprétation, sur cet exemple simple, de l'équation de Schrödinger comme conservation de l'énergie mécanique de la particule.

Courant de probabilité associé à une particule libre.

Potentiels constants par morceaux :

Puits de potentiel infini, quantification de l'énergie, expressions des fonctions d'onde associées.

Marche de potentiel : présentation, prévisions en physique classique, cas $E > V_0$ (calcul de R et T) et $E < V_0$ ($R=1$ mais probabilité de présence dans la zone classiquement interdite).

Barrière de potentiel : présentation, comportement en physique classique, calcul du coefficient de transmission (et donc de R via $R+T=1$), interprétation physique en considérant le comportement dans la zone d'évanescence, simulations pour illustrer l'influence des différents paramètres (masse et énergie de la particule, largeur de la barrière).

Questions de cours :

1. Sur des exemples proposés par l'examinateur, calculer une action caractéristique d'une situation et comparer avec la constante de Planck pour évaluer la pertinence d'un traitement quantique
2. Relier la longueur d'onde d'un photon émis ou absorbé lors d'une transition entre deux niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène, calculer numériquement celles qui sont dans le visible
3. Modèle de Bohr : présentation et calculs permettant de retrouver la quantification du rayon de la trajectoire et de l'énergie
4. Relations de Heisenberg, application à l'énergie minimale de confinement dans un puits de potentiel de largeur L
5. Relations de Planck-Einstein, en déduire $E=pc$ pour un photon et $\omega=\hbar k^2/2m$ pour une particule, longueur d'onde de deBroglie (calculer un ordre de grandeur pour un électron 1keV)
6. Etats stationnaires : séparation des variables et interprétation du caractère stationnaire
7. Puits de potentiel infini : quantification de l'énergie
8. Marche de potentiel cas $E > V_0$: prévisions en physique classique , calcul de R et T
9. Barrière de potentiel : Etablir le système d'équations vérifié par les 5 coefficients