

# Programme de Colles

du 30 Mars au 3 Avril

## Questions de Cours

1. Soit une marche de potentielle en  $x = 0$ , d'énergie potentielle  $V(x < 0) = 0$  et  $V(x > 0) = V$ . On considère une particule incidente dans un état stationnaire d'énergie  $E$  tel que  $0 < E < V$ . L'onde incidente se propage vers les  $x$  croissant.  
Donner la forme des fonctions d'onde des ondes incidente, réfléchie, transmise.  
Écrire les conditions aux limites et en déduire l'expression de la fonction d'onde.  
Calculer et tracer la densité de probabilité de présence.
2. Soit un puit de potentiel infini d'énergie potentielle  $V(x < 0) = +\infty$ ,  $V(0 < x < L) = 0$ , et  $V(L < x) = +\infty$ .  
Écrire les conditions aux limites en  $x = 0$  et  $x = L$ .  
Résoudre l'équation de Schrödinger stationnaire pour  $0 < x < L$ .  
En déduire l'expression de la fonction d'onde dans le puits puis des niveaux d'énergie.  
Relier l'énergie de confinement à l'inégalité d'Heisenberg.
3. Donner la forme générale de la fonction d'onde de deux états stationnaires  $a$  et  $b$  d'énergie différentes  $E_a \neq E_b$ .  
Soit  $\alpha$  et  $\beta$  deux coefficients complexes tels que  $\Psi_{tot} = \alpha\Psi_a + \beta\Psi_b$  soit une fonction d'onde. Démontrer une condition vérifiée par  $\alpha$  et  $\beta$ .  
Montrer que  $\Psi_{tot}$  n'est pas un état stationnaire. On déterminera la pulsation de transition à laquelle évolue la densité de probabilité de présence.
4. A l'aide d'un bilan des forces sur un élément de volume d'atmosphère. Montrer que pour un modèle d'atmosphère isotherme  $p(z) = p(0) \exp(-z/H)$   
Montrer dans l'expression précédente qu'il intervient un facteur de Boltzmann, que l'on définira.
5. Choisir un exemple de système à deux niveaux et paramétrer leurs énergies.  
Calculer la fonction de partition du système à température  $T$ .  
Calculer l'énergie moyenne du système et la tracer en fonction de la température.  
Commenter les limites hautes et basses températures.

Calculer directement la capacité thermique du système et la tracer en fonction de la température  $T$ .

Le théorème de fluctuation dissipation indique que  $\sigma_E^2 = Ck_B T^2$ , commenter les limites hautes et basses températures de la capacité thermique.

6. Donner les hypothèses et l'énoncé du théorème d'équipartition de l'énergie.

Calculer la capacité thermique d'un gaz monoatomique

Calculer la capacité thermique d'un gaz diatomique, on supposera sans le démontrer que les rotations ne sont pas quantifiées et que les vibrations sont "gelées" dans leur état fondamental.

Montrer la loi de Dulong et Petit.