

Interro 2^e semestre :

Introduction à la physique statistique et aux phénomènes de transport

Question 1 (4 points)

La physique statistique permet d'expliquer le comportement thermodynamique à l'équilibre de systèmes macroscopiques à partir d'hypothèses sur la structure microscopique de ces systèmes et d'une approche statistique/probabiliste.

- a) Expliquez pourquoi cette approche statistique/probabiliste est inévitable.
- b) Quel concept fait le lien entre la description statistique du système à l'étude et l'état de celui-ci ?

En physique statistique, les systèmes macroscopiques sont décrits en termes d'ensembles.

- c) Quel est l'ensemble le plus simple ?
- d) À quel type de système cet ensemble correspond-il ?

Pour obtenir les propriétés physiques macroscopiques (pression, énergie totale, ...) à partir des hypothèses microscopiques, on applique une méthodologie (algorithme) précise.

- e) Décrivez cette méthodologie pour l'ensemble canonique.

Question 2 (4 points)

La loi des gaz parfaits décrit la relation entre la pression, la température et le volume d'un gaz à l'équilibre thermodynamique. Ce modèle, bien que très simple, permet de décrire sous certaines conditions le comportement de gaz réels.

- a) Donnez deux hypothèses du modèle du gaz parfait.
- b) Sous quelles conditions physiques, ces hypothèses sont-elles satisfaites ?

La physique statistique nous a montré que les vitesses des particules formant le gaz parfait, suivent une loi de distribution, appelée distribution de Maxwell.

- c) Tracez de manière qualitative la distribution de Maxwell (pour la norme des vitesses) pour un gaz monoatomique pour deux températures T_1 et T_2 avec $T_2 > T_1$.
- d) Expliquez pourquoi l'atmosphère terrestre ne contient presque pas d'hydrogène, alors que celle de Jupiter en contient une grande quantité.

Question 3 (4 points)

Tout corps ayant une température supérieure à zéro Kelvin émet du rayonnement électromagnétique. Pour un corps à l'équilibre thermodynamique, le spectre de ce rayonnement est décrit par la loi de Planck. Nous avons dérivé cette loi pour le cas particulier du corps noir.

- Quelle est la propriété principale du corps noir ?
- Expliquez pourquoi le rayonnement émis par un corps à température ambiante n'est pas visible.
- Tracez de manière qualitative le spectre de Planck d'un corps noir en fonction de la longueur d'onde du rayonnement émis, pour deux températures T_1 et T_2 avec $T_2 > T_1$.

Le rayonnement issu de la photosphère du soleil possède une couleur jaune orangé qui correspond à peu près au rayonnement émis par un corps noir ayant une température de 5800 K.

- Quelle couleur aurait la photosphère d'une étoile plus massive, et donc plus chaude, que le soleil ?

La description microscopique du spectre de Planck repose sur les propriétés quantiques de la lumière.

- Quel est la conséquence physique de cette description quantique sur le nombre de photons ?

Question 4 (4 points)

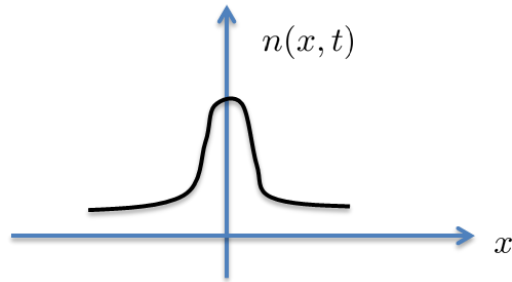
La physique statistique nous offre une méthode pour analyser les systèmes macroscopiques à l'équilibre. Cependant, les phénomènes qui permettent d'atteindre l'équilibre (transfert de masse, de chaleur, de quantité de mouvement) sont par définition hors équilibre et les méthodes de la physique statistique à l'équilibre ne sont plus applicables. Pour décrire les phénomènes de transport qui ont un caractère diffusif on utilise des lois empiriques, appelées lois de Fick.

- Expliquez l'origine microscopique de la loi de Fick dans le cas de la diffusion de particules matérielles. (Loi de Fick : $\vec{j} = -C\vec{\nabla}n(\vec{r}, t)$)
- L'équation de la diffusion de masse est donnée par

$$\frac{\partial n}{\partial t}(\vec{r}, t) = D\nabla^2 n(\vec{r}, t)$$

où n est la concentration et D la constante de diffusion. Quel principe utilise-t-on pour passer de la loi de Fick à l'équation de la diffusion ?

- Dans le schéma ci-dessous, nous avons représenté la distribution de la concentration $n(x, t)$ en une dimension à un instant t . Tracez de manière qualitative cette distribution à un instant $t + \Delta t$ ultérieur.



La vitesse des courants de matières macroscopiques générés par le transport de masse est différente de la vitesse microscopique des molécules.

- d) Comment se comparent ces deux vitesses ?

Question 5 (4 points)

Le transport de masse est un phénomène diffusif. Nous avons vu que d'autres phénomènes, comme le transfert de chaleur ou la viscosité des fluides, peuvent également être décrits par le mécanisme de la diffusion. Dans le cas du transport de masse, ce sont les particules qui se déplacent.

- a) Dans le cas de la chaleur, quelle est la quantité transportée ?
 b) Expliquez pourquoi la conductivité thermique d'un gaz parfait ne dépend pas de la densité du gaz. Piste : Utilisez le concept de libre parcours moyen.

La viscosité d'un fluide est la conséquence du transport de quantité de mouvement au sein de ce fluide.

- c) Expliquez le mécanisme physique à l'œuvre dans un fluide quand un gradient de vitesse est imposé.
 d) Pourquoi la viscosité d'un gaz parfait ne dépend-elle pas de la densité de celui-ci.