

Commentaires/Liste de questions/Biblio LP44 - Capacités thermiques

Prépa agreg ENS Paris-Saclay

1 Titres alternatifs/Proposition de plan

1.1 Titres alternatifs

- Capacités thermiques des solides - Modélisation microscopique
- Capacités thermiques des gaz et des solides
- Capacités thermiques - Milieux isolants, milieux conducteurs

1.2 Proposition de plan

Intro : Définition de la capa thermique comme quantité d'énergie à fournir à un kilo de matériau pour élever sa température d'un degré, discussion qualitative sur le fait que cette énergie est très différente pour les gaz et les solides (valeurs expé à donner).

I- Le cas des gaz

(on se limite au gaz parfait...)

- (a) Approche thermo : relation de Mayer, coeff adiabatique γ , calcul de C_p et C_v pour le GP en fonction de γ et R .
- (b) Théorie cinétique : cas du gaz parfait monoatomique
- (c) Approche quantique pour une molécule diatomique

II- Cas des solides non conducteurs

- (a) Modèle d'Einstein
- (b) Modèle de Debye

III- Cas des conducteurs

- (a) Constatations expérimentales : le modèle de Debye n'est pas suffisant
- (b) Capacité du gaz de fermions à basse température

Tout dépend de ce qui est traité : on peut ouvrir en conclusion vers des problèmes plus élaborés, avec les interactions, ou bien si les conducteurs n'ont pas été traités mentionner que le gaz d'électrons contribue à la capa thermique, ou si seul le modèle d'Einstein est développé alors une conclusion plus étoffée est bienvenue, avec le modèle de Debye, et le cas des conducteurs...

2 Biblio

- BFR Thermo
- Suardet, Thermo → Bonne partie sur le GP diatomique, avec des valeurs de température
- Blundell, Concepts in thermal physics
- Diu, Thermo
- Diu, Phy stat
- Ngo, Ngo, Phy stat
- Callen, Thermo et phy stat
- Ashcroft et Mermin, pour la partie sur les solides (et une petite vision de l'effet des interactions dans la partie sur le liquide de Fermi, il y a aussi une courte discussion de la capa thermique des supraconducteurs, chap 34)

3 Commentaires et questions

3.1 Commentaires sur la présentation

- La plan proposé est cohérent (il est assez dur d'en dévier franchement)
- Présentation assez dynamique, et plutôt claire
- Les aspects phénoménologiques et thermo sont bien présentés
- Attention au vocabulaire, qui est devenu un peu moins précis dans la précipitation de la deuxième partie (Einstein → Newton plusieurs fois)
- Timing pas tout à fait maîtrisé : il faudrait peut-être passer un peu moins de temps sur la partie thermo pour avoir plus de temps à consacrer au traitement du modèle de Debye
- La présentation gagnerait à s'enrichir de quelques courbes expérimentales (pour les gaz, et pour les solides). Plus précisément, pour les gaz : une courbe montrant l'évolution de C avec T montrant l'activation des différents ddl, et une courbe pour un solide non conducteur (valider le modèle d'Einstein à haute température, puis valider le modèle de Debye à basse température dans le cas non conducteur) puis un solide conducteur (pour introduire les contributions du gaz d'électrons).
- Petit point technique : Dans la discussion du modèle du gaz diatomique, on peut inclure la contribution des électrons dans l'hamiltonien, et s'en débarrasser

ensuite avec des considérations sur la température. On compare l'énergie d'agitation thermique au rydberg pour obtenir un ordre de grandeur.

13. Ordre de grandeur de la température d'activation des ddl de rotation? qq K, cf Suardet par ex.

3.2 Liste de questions

Toutes n'ont pas été posées, mais je les inclus pour vous donner plus d'idées en cas de besoin.

1. Comportement de la capacité thermique à température nulle? Du point de vue thermo, on justifie avec le troisième principe que $C \rightarrow 0$, et on constate que ce comportement est reproduit par les modèles discutés en phy stat
2. Autre manière de montrer $C > 0$? Par les conditions de stabilité thermo
3. Interprétation qualitative de C extensive?
4. Pourquoi $Z_{vib} = \frac{1}{N!} \cdot z_{vib}^N$? Particules indiscernables (pour la factorielle) et indépendantes (pour la puissance N). D'un point de vue technique, revient à dire que l'espace de Hilbert associé a une structure de produit tensoriel
5. Dans le gaz diatomique : pour quoi 2 ddl en rotation et pas 3? La rotation autour de l'axe de la molécule est bloquée, le moment cinétique associé est très faible (puisque l'essentiel de la masse est concentrée dans les noyaux, dont l'extension typique est de l'ordre du fm. En conséquence, l'échelle d'énergie associée à l'activation de ce ddl est énorme
6. À quelles infos a-t-on accès à travers la mesure de C ? À partir de la fonction de partition, on montre que la capa thermique est proportionnelle aux fluctuations de l'énergie autour de la valeur moyenne
7. Comment mesurer γ ?
8. Comment évolue γ avec le nombre de ddl? On peut mq $\gamma = 1 + 2/D$, avec D le nb de ddl : pour un gaz polyatomique, $\gamma \rightarrow 1$.
9. Comment s'écrit la relation de Mayer généralisée? $C_p - C_v = TV\alpha^2/\chi_T$, qui montre notamment que pour une phase condensée idéale $C_p = C_v$.
10. Ordre de grandeur de la température d'activation des ddl électroniques?
11. Comment se comporte la capa thermique lors d'une transition de phase? Discontinue, elle diverge autour du point critique ou dans une transition de phase du premier ordre
12. Quelle est l'influence des interactions sur la capacité thermique d'un gaz d'électrons? Pas de changement majeur dans l'expression pour des interactions raisonnables : la masse devient la masse effective, qui tient compte des interactions \rightarrow Théorie du liquide de Landau-Fermi