

LP n° 44 **Titre :** Capacités thermiques : description, interprétation microscopiques.

Présentée par : V. Lusset

Rapport écrit par : V. Scottez

Correcteur : Y. Guldner

Date : 08/02/19

Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Éléments de physique statistique	Chardin, Debu, Perez	Les presses de l'ENSTA	2012
Thermo.	Diu		
Phy. Stat.	Diu		

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : L3

Pré-requis :

Thermodynamique classique
Notion de physique statistique
Bases de mécanique quantique

I Généralités

- 1 Définitions et relation thermodynamique
- 2 Propriétés des capacités thermique
- 3 Étude d'un système à deux niveaux

II Application aux gaz parfaits

- 1 Gaz parfait monoatomique
- 2 Gaz parfait diatomique

III Capacité thermique des solides

- 1 Résultats expérimentaux
- 2 Modèle d'Einstein
- (3 Modèle de Debye) Non traité par manque de temps

Questions posées par l'enseignant

Quel message avez-vous voulu faire passé ?

Quelle est l'échelle d'énergie considérée ici ? Pour les Températures ?

A quoi sert la partie sur l'étude d'un système à deux niveaux ?

C'est quoi le théorème d'équipartition de l'énergie ?

Le graphe d'évolution de $C_{v,m}$ décrit un gaz réel ou parfait ?

Lien avec les gaz à effet de serres, et l'absorption du rayonnement de corps noir terrestre.

Pourquoi avez-vous insisté sur la notion d'isolant ?

À partir de quelle température l'influence des électrons se fait elle sentir sur l'évolution de la capacité ?

Quel est l'apport important de cette manip ? (électrons de conduction=gaz de fermi)

Pour le calcul de l'énergie totale, d'où viens le facteur 3 ?

C'est quoi la température d'Einstein ? (C'est la température caractéristique des excitations des vibrations du solide).

Quel ordre de grandeur Pour T_E ?

Pourquoi faut-il introduire le modèle de Debye ? Quel est son apport principal ?

Comment peut-on montrer expérimentalement et simplement qu'il y a des modes de très haute énergie dans un solide ? (Transmission des ondes acoustiques)

Combien y a t-il de mode dans un solide simple ?

Comment mesure -t-on une capacité thermique ?

RQ : le I-3 système à deux niveaux n'est pas nécessaire ici.

Commentaires donnés par l'enseignant

Partie réservée au correcteur

Avis sur le plan présenté

Bon plan sauf le I-3 (système à 2 niveaux) qui n'apporte rien ici et qui représente une perte de temps.

Concepts clés de la leçon

Comparaison de kT avec les excitations possibles de la matière considérée (gaz, liquide, solide...).

Concepts secondaires mais intéressants

Relation de dispersion $\omega(K)$ pour une chaîne d'oscillateurs harmoniques identiques couplés. Présence de modes harmoniques jusqu'à $\omega=0$. Influence sur la capacité thermique d'un solide cristallin à basse température. Approximations du modèle de Debye.

Les électrons libres dans un métal forment un gaz de Fermi, ce qui explique la loi en T de la capacité thermique électronique des métaux.

Savoir expliquer simplement lors des questions du jury la notion de phonon.

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Pas indispensable dans cette leçon

Points délicats dans la leçon

Bien faire ressortir le message de la leçon : « Pour une température T donnée, on peut activer les excitations de la matière d'énergie égale ou inférieure à kT ».

Ne pas faire trop de calculs en physique statistique mais choisir des modèles simples (oscillateur harmonique 1D par exemple). Donner toujours la priorité à la Physique par rapport aux calculs.

Bien faire apparaître les ordres de grandeurs : domaine de température considéré, énergies des excitations de la matière intervenant ici (translation, vibration, rotation...). Donner les valeurs en Kelvin et en meV. Projeter des courbes expérimentales (livres, internet...) et commenter les résultats en suivant bien le message de la leçon.

Bibliographie conseillée

Ne pas oublier le Kittel pour être capable de répondre aux questions du jury sur la capacité thermique des solides.