

LP-51-Propriétés macroscopiques et microscopiques des propriétés magnétiques de la matière

Maxime

12 juin 2022

1 Intro

2 Approche macroscopique

2.1 Moment magnétique

moment magnétique : grandeur extensive qui explique les propriétés magnétiques de la matière

2.2 Dipôle magnétique

il est l'analogie du moment dipolaire. il est pour $\vec{B}$ ce que $\vec{p}$ est pour $\vec{E}$. On fait le calcul pour avoir le potentiel vecteur en fonction du moment magnétique. On exprime $\vec{B}$ en fonction du moment magnétique. On exprime l'énergie de ce moment dans un champ $\vec{B}$ extérieur et on prend une manip' qualitative pour montrer les lignes de champ (analogie à celle d'un dipôle électrostatique donc l'analogie est bonne), on peut retrouver l'aimant en U et montrer que la boussole change de sens pour bien minimiser son énergie.

2.3 Aimantation

Grandeur intensive donc qui permet de quantifier les effets magnétiques. On exprime le potentiel vecteur en fonction de l'aimantation et on fait le calcul (on donne le résultat) pour faire apparaître un courant volumique et surfacique en fonction de l'aimantation. On voit qu'il y a bien un lien entre les deux. **Approximation des milieux linéaires** : On réécrit maxwell ampère pour la matière pour pouvoir introduire $\vec{H}$, excitation magnétique (c'est ce que l'on impose avec les courants libres). On a pour les milieux linéaires, $\vec{M} = \chi_m \vec{H}$. On présente le dia (toujours là), le para (le dioxygène) et le ferro magnétisme (on en parle pas ici parce qu'on sort de l'approximation linéaire)

3 Approche microscopique

3.1 Origine du moment magnétique

3.1.1 Approche classique

Modèle planétaire de l'électron autour du noyau On fait la démo pour montrer que le moment magnétique est proportionnel au moment orbitalaire. On introduit le facteur γ le facteur gyromagnétique

3.1.2 Approche quantique

Le moment cinétique est quantifié. On exprime le moment magnétique en fonction du moment cinétique $\vec{J}$ total. On introduit le facteur de Landé qui rend compte de qui de $\vec{L}$ ou $\vec{S}$ contribue le plus.

3.2 Paramagnétisme

On regarde l'aimantation moyenne par un raisonnement de thermo dans l'ensemble canonique. On obtient l'équation d'autocorrélation, on trace la tangente ou on montre une zone où les spin sont alignés et une autre non.

4 Questions

- **d'où vient la boussole ? la magnétique ?** ça date de l'antiquité, la boussole vient de Chine
- **application des champs magnétiques dans la vie quotidienne :** capteurs (induction), Moteur, IRM, plaque à induction,
- **nom du théorème intégrale contour en surface** Stokes
- **exemple ou tous les spins vont pas être alignés entre eux :** OA les spins sont anti-alignés (principe de pauli) ; rmq : pas d'électrons délocalisés en magnétisme
- **a quoi sont dues les lignes privilégiées lors de l'expérience :** les aiguilles se sont aimantées à force d'avoir approché des aimants forts ;
- **transitions para-ferro :** dipôle organisé et desorganisé, c'est une transition d'ordre 2,
- **comment on sait si ordre 1 ou ordre 2 :**
- **qu'est ce qu'on regarde ?** le paramètre d'ordre : l'aimantation
- **courbe de l'aimantation entre fonction de la température**
- **comment annuler l'aimantation sans chauffer ?** : faire parcourir les cycle d'hystérésis
- **application de ces propriétés** datation des inversions des pôles magnétiques ;
- **comment varie la susceptibilité magnétique à la transition ? que représente-t-elle ?** elle dit comment les dipôles vont répondre à l'excitation
- **ordre de grandeur du facteur de Landé ? et pour l'électron ?** 2 pour l'électron et de manière générale c'est le même ordre de grandeur
- **pourquoi le moment magnétique ne peut prendre que deux valeurs ?** on se place où L est nul donc le moment magnétique prend que deux valeurs dues au spin.
- **modèle de spins indépendants, que se passe-t-il lorsqu'ils ne sont pas indé ?** on est obligé de prendre en compte l'interaction entre les spins sinon on ne peut pas expliquer le ferromagnétisme : intégrale d'échange, couplage entre les deux
- **comment on peut expliquer l'existence de Weiss ?** il s'agit d'un coût en énergie pour la création des parois, compétition entre l'entropie (plusieurs domaines, nombres de configurations accessibles) et l'énergie magnétique (un seul domaine). 3 effets à considérer : interaction dipole-dipole, domaine différent pas tous aligné avec le champ, entropie qui veut multiplier les configurations accessibles pour les spins
- **comment on peut observer les domaines de Weiss ?** Interaction entre photon/électrons classique mais on peut aussi mettre de la limaille de fer, elle s'aligne sur les parois des domaines
- **pourquoi avoir choisi l'ensemble canonique ?** parce que N est fixé
- **dans quel cas N peut ne pas être fixé ?** pour les photons, les fermions, les bosons
- **intro historique amène des questions dessus donc peut être être raccord sur les dates des découvertes, prix nobels etc**