L3. Sciences Physiques et chimiques. Mai 2008.

I. Cours : Mots clefs indispensables.

1\. a) Diamagnétisme :

- absence de moments permanents.
- $\chi < 0$.
- le moment magnétique est généré par $\vec{B}$.

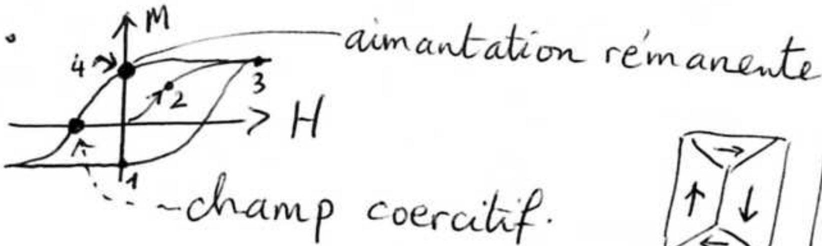
b) Paramagnétisme.

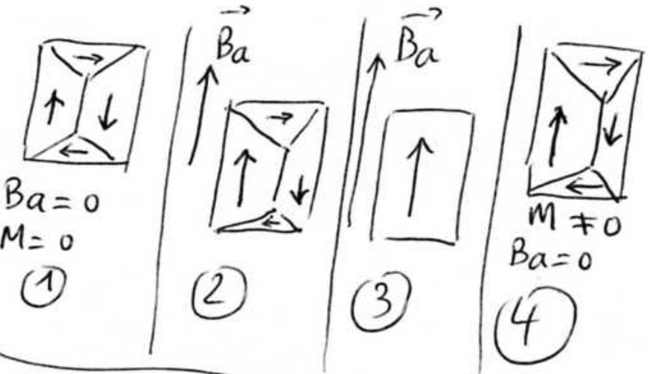
- moment magnétique permanent.
- $\chi > 0$
- Effet d'orientation des moments dans le champ $\vec{B}$.

c) Ferromagnétisme.

- aimantation même à $\vec{B}_a = \vec{0}$.
- existence d'une énergie de couplage entre atomes par leur spin : interaction d'échange.
- disparait au-dessus de la T_{curie}.

2\.



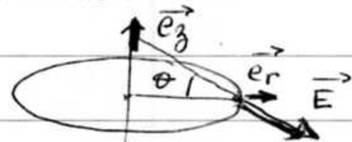


mots clefs :

- irréversibilité (ou hystérésis)
- Domaines magnétiques
- mouvement des parois de Bloch !

II. Polarisabilité électronique de l'atome d'hydrogène.

1) Soit $\vec{E}$ le champ électrique créé par le proton et agissant sur l'électron : $\vec{E} = E_z(-\vec{e_z}) + E_r \cdot \vec{e_r}$ ($\vec{e_z}$ est le vecteur unitaire de l'axe perpendiculaire à la trajectoire).



6pts quelle que soit la méthode utilisée

A l'équilibre électrostatique :

$$\frac{E_z}{E_r} = \frac{Ea}{E_r} = \frac{Ea}{\dfrac{e}{4\pi\varepsilon_0 a_0^2}} = \frac{4\pi\varepsilon_0 a_0^2\, Ea}{e}$$ 2pts

où $e = +1{,}6\,10^{-19}$ C

D'où $\tan\theta = \dfrac{d}{a_0} = \dfrac{E_z}{E_r} = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 a_0^2 Ea}{e}$ et $d = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 a_0^3 Ea}{e}$ 2pts

2) Le moment dipolaire est $p = e\,d = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 a_0^3}{e} Ea$

On sait que $p = \alpha_e \varepsilon_0 Ea \Rightarrow \boxed{\alpha_e = 4\pi a_0^3}$ 2pts

III Sphère uniformément aimantée.

1. Régime statique

a) $A_m(\vec{r}) = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\displaystyle\int_V \vec{M} \times \frac{(\vec{r}-\vec{r}')}{\|\vec{r}-\vec{r}'\|^3}\, dV \underset{\vec{M}\text{ uniforme}}{=} \vec{M} \wedge \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\int \frac{(\vec{r}-\vec{r}')}{\|\vec{r}-\vec{r}'\|^3} dV\right)$ 1pt

$= \mu_0 \vec{M} \wedge \dfrac{\varepsilon_0 \vec{E}^*}{\rho_0}$ où $\vec{E}^*$ = champ auxiliaire $= \dfrac{\rho_0}{3\varepsilon_0} r \cdot \vec{e_r}$.

b) A l'intérieur de la sphère :

$\vec{A}_{m,in} = \mu_0 M \vec{e_z} \wedge \dfrac{\varepsilon_0}{\rho_0}\left(\dfrac{\rho_0}{3\varepsilon_0} r\, \vec{e_r}\right)$ 1pt [on prend $\vec{M} = M\vec{e_z}$]

$= \mu_0 \dfrac{M}{3} \cdot r\underbrace{(\vec{e_z} \wedge \vec{e_r})}_{\sin\theta\, \vec{e_\varphi}} \Rightarrow \vec{B}_{m,in} = \mu_0 \dfrac{M}{3} \vec{rot}\{\underbrace{r.\sin\theta\ \vec{e_\varphi}}_{=\rho\,\vec{e_\varphi}}\}$

$(\vec{rot}\,\vec{A})_\rho = 0$ car $A_z = 0$ et A_φ ne dépend pas de z.

$(\vec{rot}\,\vec{A})_\varphi = 0$ car $A_\rho = 0 = A_z$ et $(\vec{rot}\,\vec{A})_z = \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial}{\partial\rho}(\rho A_\varphi)$ 1pt

$(\vec{rot}\,\vec{A})_z = \dfrac{1}{\rho}\cdot\dfrac{d}{d\rho}(\rho^2)\dfrac{\mu_0 M}{3} \Rightarrow \vec{B}_{m,in} = \dfrac{2}{3}\mu_0 \vec{M}$ 1pt

L3 - Sc. Phys. et Chim. exam 2007-2008.

III - 2 . régime sinusoïdal.

a) $\underline{\vec{B}}(t) = \frac{2}{3}\mu_0 \underline{\vec{M}} = \frac{2}{3}\mu_0 M_0 \, e^{-i\omega t}\,\vec{e_z}$ (*)

$\vec{B}(t) = \frac{2}{3}\mu_0 M_0 \cos\omega t \, \vec{e_z}$ 2 pts

b) plan d'antisymétrie des sources de courant contenant Oz

$\Rightarrow \vec{E} = E \, \vec{e_\varphi}$ 1 pt

c) M.F. $\vec{rot}\,\underline{E} = -\frac{\partial \underline{\vec{B}}}{\partial t} = \frac{2}{3}\, i\omega\, \mu_0 \underbrace{\vec{M_0}}_{\text{selon } Oz} e^{-i\omega t}$ 1 pt (**)

$\left(\vec{rot}\,\underline{\vec{E}}\right)_z = \frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial}{\partial\rho}(\rho\,\underline{E}_\varphi) - \underbrace{\frac{\partial E_\rho}{\partial\varphi}}_{0}\right] = \frac{2}{3}\mu_0 M_0\, i\omega\, e^{-i\omega t}$

$\left\{\frac{\partial}{\partial\rho}(\rho\,\underline{E}_\varphi) = \frac{2}{3}\mu_0 M_0\, i\omega\, e^{-i\omega t}\rho\right\} \Rightarrow \left\{\rho\,\underline{E}_\varphi = \frac{2}{3}\mu_0 M_0\, i\omega\, e^{-i\omega t}\frac{\rho^2}{2} + C^{te}\right\}$ 1 pt

la $C^{te} = 0$ car $\underline{E}_\varphi$ ne dépend pas de φ (invariance par rotation autour de Oz) et ne dépend pas de z (sinon $(\vec{rot}\,\vec{E})_\rho \neq 0$)

Donc $\underline{E}_\varphi = \frac{1}{3}\mu_0 M_0 \rho\, i\omega\, e^{-i\omega t}$; $E_\varphi = \frac{1}{3}\mu_0 M_0 \rho\, \omega \sin\omega t$ 1 pt

d) $\underline{\vec{P}} = \chi_e \varepsilon_0 \underline{\vec{E}} = \frac{1}{3}\mu_0 \varepsilon_0 \chi_e M_0 \rho\, i\omega e^{-i\omega t}\,\vec{e_\varphi}$

$\vec{P} = \frac{1}{3}\mu_0 \varepsilon_0 \chi_e M_0 \rho\, \omega \sin\omega t \, \vec{e_\varphi}$ 1 pt

---

(*) dans (a) on met 0,5 pt seulement si $\underline{\vec{B}}$ est en $e^{-i\omega t}$ mais avec l'usage de χ_m.

(**) on ne pénalise pas l'erreur de "a" dans la suite (on donne tous les points)

On écrête à 20 !