L3 - Sciences Physiques et Chimiques.

I. Cours

1. Supraconductivité (3pts)

Effet MEISSNER $\Rightarrow \vec{B}_{in} = \vec{B}_a + \vec{B}_{m,in} = \vec{0}$ (0,5)

Les lignes de champ $\vec{B}$ sont expulsées du matériau.

$$\vec{H}_{in} = \frac{\vec{B}_{in}}{\mu_0} - \vec{M} \underset{0,5}{=} -\vec{M} \Rightarrow \vec{M} = \underbrace{-\vec{H}_{in}} = \chi_m \left(\frac{\vec{B}_{in}}{\mu_0}\right)$$

donc $\chi_m \xrightarrow[0,5]{} -\infty$ et le matériau peut ~~être~~ donc être considéré comme diamagnétique parfait.

Description de l'expérience de ~~l~~évitation magnétique utilisant un matériau supraconducteur : expulsion des lignes de champ (0,5), force magnétique (0,5), azote liquide (0,5).

2. $\overrightarrow{Grad}\, B$

. L'énergie potentielle est :

$$\langle \epsilon_p \rangle = \Sigma \langle -\vec{\mu}\cdot\vec{B} \rangle \underset{(0,5)}{=} \langle -\vec{M}\cdot\vec{B} \rangle \propto (-\chi B^2) \ (0,5)$$

$$\overrightarrow{Force} \underset{(0,5)}{=} -\overrightarrow{grad}\langle \epsilon_p \rangle = \underset{(0,5)}{\overrightarrow{grad}}(\chi B^2) = \chi\, \overrightarrow{grad}\, B^2 \ (0,5)$$

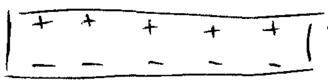
Si $\chi > 0 \Rightarrow$ signe de $\overrightarrow{Force}$ = signe de $\overrightarrow{grad}(B^2)$ = signe de grad$|B|$ (0,5)

II Condensateur à diélectrique (6pts)

1. $\vec{E} \left| \begin{array}{l} \vec{E}_{in} = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}\vec{E}_a \\ \vec{E}_{ex} = \vec{E}_a \end{array}\right.$ (1) $\quad \vec{D} \left| \begin{array}{l} \vec{D}_{in} = \varepsilon_0 \vec{E}_a \\ \vec{D}_{ex} = \varepsilon_0 \vec{E}_a \end{array}\right.$ (1) $\quad \vec{P} \left| \begin{array}{l} \vec{P}_{in} = \vec{D}_{in} - \varepsilon_0 \vec{E}_{in} \\ \quad = \varepsilon_0 \vec{E}_a \left(1 - \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}\right) \\ \vec{P}_{ex} = \vec{0} \end{array}\right.$ (1)

On a bien $\vec{E}_{in} = \vec{E}_{m,in} + \vec{E}_a = -\frac{\vec{P}}{\varepsilon_0} + \vec{E}_a = -\underbrace{\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} - 1\right)}_{\chi_e = \varepsilon_r - 1} \vec{E}_{in} + \vec{E}_a$

Distribution des charges :



$\leftarrow \sigma_{in} = \vec{P}\cdot\vec{n}$, $\vec{n} = \pm \vec{e}_x$ (1) $\quad \sigma_{in} = \pm P$; Continuité de D_n.

2. $\vec{D}_1 = \varepsilon_1 \vec{E}_1$ et $D_2 = \varepsilon_2 \vec{E}_2$; $\vec{D}_1 \underset{(0,5)}{=} \vec{D}_2 = \vec{D}_{ex} \underset{(0,5)}{=} -\sigma_{ex}\vec{e}_x$

$$U \underset{(0,5)}{=} e_1 E_1 + e_2 E_2 = e_1 \frac{D_1}{\varepsilon_1} + e_2 \frac{D_2}{\varepsilon_2} = \left(\frac{e_1}{\varepsilon_1} + \frac{e_2}{\varepsilon_2}\right) D = \left(\frac{e_1}{\varepsilon_1} + \frac{e_2}{\varepsilon_2}\right)\frac{Q}{a\,b}$$

$$C = \frac{a\,b}{\frac{e_1}{\varepsilon_1} + \frac{e_2}{\varepsilon_2}} \ (0,5) \ = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

, 2 capacités en série.

III. Cylindre uniformément aimanté selon son axe. (4pts)

1. $\vec{J}_{S,in} \overset{(1)}{=} \vec{M} \times \vec{n}_{ex} = M\vec{e_z} \times \vec{e_r} \overset{(1)}{=} M.\vec{e_\varphi}$ donc $J_S = M$.

2. $\vec{B}_m \overset{(1)}{=} \mu_0 \vec{M}$ car $\vec{J_S} \overset{(1)}{=} n I \vec{e_\varphi}$ et $\vec{B}_m = \mu_0 \underbrace{(nI)}_{J_S} \vec{e_z}$

IV. Modèle de Drude. (4pts)

1. $$m\frac{d^2\vec{s}}{dt^2} = -e\Big(\vec{E} + \underbrace{\frac{d\vec{s}}{dt} \wedge \vec{B}}_{\text{négligeable}}\Big) - \frac{m}{\tau}\frac{d\vec{s}}{dt} - m\omega_0^2 \vec{s} \quad (1)$$

τ est le temps de relaxation de la vitesse (long si la vitesse reste inchangée). (0,5)

2. $\underline{\vec{E}} = \underline{\mathcal{E}}(\vec{r})\, e^{-i\omega t}$ et $\underline{\vec{s}} = \underline{S}(\vec{r})\, e^{-i\omega t}$

$$-m\omega^2 \underline{\vec{S}} = -e\,\underline{\vec{\mathcal{E}}} + i\frac{m\omega}{\tau}\underline{\vec{S}} - m\omega_0^2 \underline{\vec{S}}$$

$$\Rightarrow \underline{\vec{S}} = -\frac{e}{m}\frac{\underline{\vec{\mathcal{E}}}}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\frac{\omega}{\tau}} \quad \text{et} \quad \underline{\vec{P}} = N(-e)\,\underline{\vec{S}}$$

$$\Rightarrow \underline{\vec{P}} = \frac{Ne^2}{m} \cdot \frac{1}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\omega/\tau}\,\underline{\vec{E}} \quad (1)$$

3. $$\underline{\vec{P}} = \underbrace{\underbrace{\frac{Ne^2}{m\omega_0^2\varepsilon_0}}_{\chi(0)} \times \frac{\omega_0^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\omega/\tau}}\, \varepsilon_0 \underline{\vec{E}}$$

on pose $\underline{\chi}(\omega) = \underline{\varepsilon_r}(\omega) - 1 = \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \cdot \frac{\omega_0^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\omega/\tau}$ (1)

où $\omega_p^2 = \frac{Ne^2}{\varepsilon_0 m}$ soit $\omega_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{\varepsilon_0 m}}$ = pulsation de plasma est la pulsation d'oscillation collective des charges. (0,5)