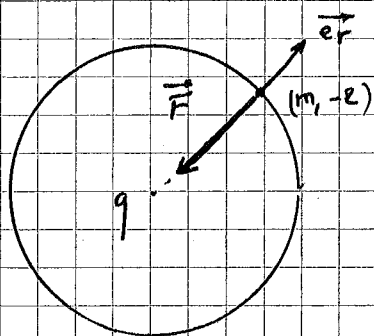


EM 604 : Moment magnétique induit : diamagnétisme

1. En supposant les charges ponctuelles, on peut utiliser la loi de Coulomb



$$\vec{F} = \frac{-eq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$

Equation du mouvement circulaire uniforme :

2^e loi de Newton : $m\vec{a} = \vec{F}$

$\vec{a} = -\omega_0^2 \vec{r}$ pour le mouvement circulaire uniforme

$$\rightarrow -m\omega_0^2 \vec{r} = -\frac{eq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$

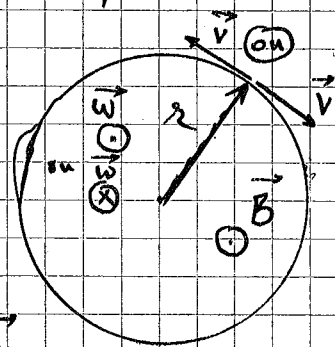
2. En présence de $\vec{B}$, s'ajoute la force de Lorentz magnétique : $\vec{F}_L = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$

En supposant le mouvement toujours circulaire mais à la pulsation $\vec{\omega}$

$$\vec{F}_L = -e(\vec{\omega} \wedge \vec{r}) \wedge \vec{B} = e[(\vec{\omega} \cdot \vec{B})\vec{r} - (\vec{B} \cdot \vec{r})\vec{\omega}]$$

$$\text{où } \vec{B} \perp \vec{r} \rightarrow \vec{B} \cdot \vec{r} = 0$$

$$\vec{\omega} \cdot \vec{B} = \pm \omega B$$



2^e loi de Newton : $-m\omega^2 \vec{r} = \vec{F} + e(\vec{\omega} \cdot \vec{B})\vec{r}$

$$\text{où } \vec{F} = -m\omega_0^2 \vec{r} \rightarrow m(\omega_0^2 - \omega^2)\vec{r} = e(\vec{\omega} \cdot \vec{B})\vec{r}$$

Soit en projection radiale et en simplifiant par r : $m(\omega_0^2 - \omega^2) = e(\vec{\omega} \cdot \vec{B})$

$$3. \omega_0 = \left(\frac{eq}{4\pi\epsilon_0 m r^3} \right)^{1/2} \approx \left(\frac{10^{-19} \cdot 10^{-19}}{10 \times 10^{-11} \cdot 10^{-30} \cdot 10^{-30}} \right)^{1/2} = 10^{16} \text{ rad s}^{-1}$$

$$\frac{e\omega B}{m} \approx \frac{e\omega_0 B}{m} \approx \frac{10^{-19} \times 10^{16} \times 1}{10^{-30}} = 10^{27} \ll \omega_0^2 = 10^{32}$$

$$\text{donc } \omega_0^2 - \omega^2 \ll \omega_0^2 \rightarrow \omega_0^2 - \omega^2 = (\omega_0 - \omega)(\omega_0 + \omega) \approx 2\omega_0(\omega_0 - \omega)$$

Posons $\Delta\omega = \omega_0 - \omega$

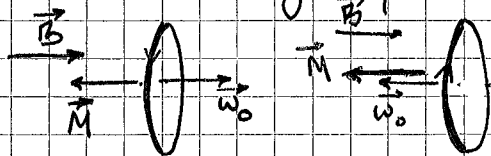
l'équation du mouvement s'écrit : $-2\omega_0 \Delta\omega = \frac{e}{m}(\vec{\omega}_0 \cdot \vec{B})$

$$4. \rightarrow \Delta\omega = \frac{-e}{2m\omega_0} (\vec{\omega}_0 \cdot \vec{B})$$

$$\begin{aligned} \Delta\omega < 0 & \text{ si } \vec{\omega}_0 \cdot \vec{B} > 0 \\ \Delta\omega > 0 & \text{ si } \vec{\omega}_0 \cdot \vec{B} < 0 \end{aligned}$$

5. Courant induit $I = e \times \Delta v = \frac{e \Delta\omega}{2\pi} = \frac{-e^2}{4\pi m \omega_0} (\vec{\omega}_0 \cdot \vec{B})$

Moment magnétique induit : $\vec{M} = I S \frac{\vec{\omega}_0}{\omega_0} = \frac{-e^2}{4m\omega_0^2} (\vec{\omega}_0 \cdot \vec{B}) \vec{\omega}_0$



le moment magnétique induit est de sens opposé à $\vec{B}$. C'est le DIAMAGNÉTISME