

Université Henri Poincaré
Faculté des sciences et techniques
Licence de Physique, 21 Janvier 2002
Examen final UE3a, commun avec UE3b
Rédacteur: F. Montaigne
Durée conseillée : 1h30
Documents non autorisés, calculatrices autorisées



RESONANCE MAGNETIQUE

Données numériques:

Constante de Planck : $h = 6,626.10^{-34}$ J.s ou $\hbar = h/2\pi = 1,054.10^{-34}$ J.s

Perméabilité du vide : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ H.m⁻¹

Charge de l'électron : $e = -1,602.10^{-19}$ C

Masse de l'électron : $m = 9,109.10^{-31}$ kg

Approche quantique

1°/ Rappeler l'énergie d'un moment magnétique $\vec{\mu}$ placé dans un champ \vec{B} . Si on considère un spin $\pm \frac{1}{2}$, quelle est la pulsation d'un photon émis ou absorbé pour passer d'un état à l'autre?

Approche classique

2°/ En fait, on peut montrer qu'une approche "classique" considérant le mouvement du moment cinétique peut rendre compte de ce phénomène de résonance. Justifier que, dans un référentiel Galiléen, le moment magnétique doit satisfaire à la relation :

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \mathbf{g} \cdot \vec{M} \wedge \vec{B}$$

3°/ Etudier le mouvement de \vec{M} dans un champ magnétique constant. On notera ω_0 la vitesse angulaire du mouvement. Comparer ω_0 à la valeur déterminée à la question 1°, commenter. Calculer la fréquence du mouvement pour le spin de l'électron dans un champ de 1 Tesla (on rappelle que le rapport gyromagnétique dans ce cas est égal à e/m)

4°/ La mesure de la fréquence de résonance nucléaire fournit une mesure très précise du champ magnétique. Les fréquences (donc les champs) mesurées sont souvent inférieures aux valeurs prédites et dépendent de l'environnement électronique du noyau. La mesure de ces fréquences constitue ainsi un puissant outil d'analyse physique, chimique et médicale (IRM). Expliquer qualitativement ce phénomène.

Tournez, S.V.P.

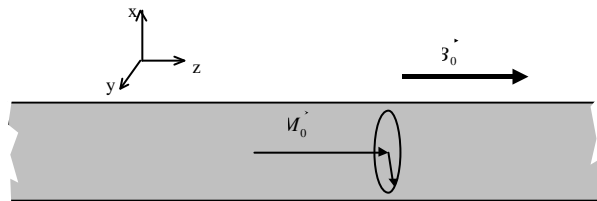
Résonance ferromagnétique

5°/ Question préliminaire (résultat à utiliser par la suite)

On considère un disque magnétique mince dont les dimensions latérales peuvent être considérées comme infinies par rapport à son épaisseur. Que vaut le champ \vec{B} dans le matériau si l'aimantation est orientée dans le plan du disque? Que vaut le champ \vec{B} dans le matériau si l'aimantation est orientée perpendiculairement au disque? (On pourra utiliser les courants ampériens ou les masses magnétiques)

Dans un matériau ferromagnétique, le moment magnétique total présente également le même phénomène de résonance. On peut ainsi étudier les propriétés magnétiques du matériau en étudiant l'absorption d'un champ magnétique alternatif superposé à un champ statique. Le champ à considérer doit alors comprendre le champ démagnétisant présent dans l'échantillon. On considère comme à la question 5°, un disque mince dont les dimensions latérales peuvent être considérées comme infinies par rapport à son épaisseur. Le champ statique est dans le plan de l'échantillon et l'aimantation d'équilibre \vec{M}_0 est alignée avec le champ. En présence d'une excitation alternative, le moment acquiert une faible composante $\vec{m}(t) = \vec{m}.e^{i\omega t}$. On négligera les composantes variables selon l'axe z par rapport aux composantes statiques. On a donc en première approximation partout à l'intérieur du matériau :

$$\vec{M} \begin{pmatrix} m_x.e^{i\omega t} \\ m_y.e^{i\omega t} \\ M_0 \end{pmatrix} \text{ et } \vec{B} \begin{pmatrix} B_x.e^{i\omega t} \\ B_y.e^{i\omega t} \\ B_0 + \mu_0 M_0 \end{pmatrix}$$



6°/ Montrer qu'à l'intérieur du matériau :

$$\vec{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ \mu_0.m_y.e^{i\omega t} \\ B_0 + \mu_0 M_0 \end{pmatrix}$$

Que vaut le champ magnétique \vec{H} ?

6°/ Déterminer la fréquence de résonance. On négligera les produits de deux termes variables.