REPONSES :

Q1) élémentaire

Q2) on admet que la saturation est obtenue lorsque tous les moment magnétiques sont alignés.

$M = n\mathcal{m}$ où n est le nombre de dipôles par m^3

$n = N_a\ \rho/M_{Ag}$; ρ masse volumique, M_{Ag} est la masse molaire

$B_{saturation}$ est communément de 1,5T

$\mathcal{m} = 10^{-23}$ SI

Q3) $\gamma = -\ 0{,}8\ 10^{11} Ckg^{-1}$

Q4) α est l'angle au sommet du cône de sortie : $\alpha = D/L$

Q5) Evaluons la longueur d'onde de de Broglie afin d'estimer l'ouverture du faisceau due à la diffraction :

$m\ V_p = h/\lambda$ où h est la constante de Planck

$\lambda = 10^{-11}$m ; soit O l'ouverture du faisceau due à la diffraction :

Q6) $O = \lambda/D_t = 10^{-6}$ à comparer avec $\alpha = D_t/L = 10^{-4}$

Q7) La relation entre la section efficace de choc σ, le libre parcours moyen $\underline{l}$ et n le nombre d'atomes par m^3

Q8) est:

Q9)

$\sigma\ n\ \underline{l} = 1$

$\sigma = 4\ \pi\ R_{Ag}^2 = 30\ 10^{-20} m^2$

$n = 3\ 10^{18}$ ato/m^3

$p_{max} = 1/3\ n\ m\ u^2$ (pression)

$p_{max} = 0.03$ Pa

On se cale sur $p = 10^{-3}$Pa

En unité habituelle 1Torr = 1mm de Hg = 100 Pa

$p = 10^{-5}$Torr

Q10) l'opérateur « gradient » s'applique à une fonction, pas à un vecteur (**B**)

Q11) Schématisons la géométrie par celle de la figure 4

Q12)
- Prenons le petit rayon $R_p = 1$mm
- Prenons le grand rayon $R_g = 4$mm
- Admettons que le champ B (induction magnétique) que l'on sait fabriqué au mieux est de $B_p = 1{,}5$T au voisinage de R_p
- La conservation du flux donne $R_p\ B_p = R_g\ B_g$ Bg = 0,37T
- On approximera l'ordre de grandeur de $\frac{\partial B_z}{\partial z}$ par $\Delta B/\Delta z = 1{,}13/(3\ 10^{-3}) = 400$ T/m

Q13) $\Delta B_{ato} = \Delta B/\Delta z$. Taille $= 1{,}2\ 10^{-7}$ T

Q14)

$$\vec{F} = \begin{pmatrix} m_x \frac{\partial B_x}{\partial x} + m_y \frac{\partial B_x}{\partial y} + m_z \frac{\partial B_x}{\partial z} \\ m_x \frac{\partial B_y}{\partial x} + m_y \frac{\partial B_y}{\partial y} + m_z \frac{\partial B_y}{\partial z} \\ m_x \frac{\partial B_z}{\partial x} + m_y \frac{\partial B_z}{\partial y} + m_z \frac{\partial B_z}{\partial z} \end{pmatrix}$$

Q15) **j** =**0** C/m²/s et les champs sont statiques

Q16) $$F_z = m_x \frac{\partial B_z}{\partial x} + m_y \frac{\partial B_z}{\partial y} + m_z \frac{\partial B_z}{\partial z} = m_x \frac{\partial B_x}{\partial z} + m_y \frac{\partial B_y}{\partial z} + m_z \frac{\partial B_z}{\partial z} = \vec{m} . \frac{\partial \vec{B}}{\partial z}$$

Q17) Supposons que dans le domaine où va évoluer l'atome (plan xOz) le champ magnétique **B** soit parallèle à l'axe Oz. Le couple subi par $\mathcal{m}_{ato}$ est :

$$\mathbf{\Gamma} = \mathcal{m}_{ato} \wedge \mathbf{B}$$

le théorème du moment cinétique impose :

$$\mathbf{d\, \sigma_{ato} / dt = \Gamma} = \mathcal{m}_{ato} \wedge \mathbf{B}$$

Or par définition pour les atomes :

Q18) $$\mathcal{m}_{ato} = \gamma\, \boldsymbol{\sigma}_{ato}$$

Donc :

$$\mathbf{d}\, \mathcal{m}_{ato} / \mathbf{dt} = \gamma \mathcal{m}_{ato} \wedge \mathbf{B} = \mathbf{\Omega} \wedge \mathcal{m}_{ato}$$

Ce qui montre que $\mathcal{m}_{ato}$ possède un module constant ainsi qu'un mouvement de rotation autour de la direction du champ **B** c'est-à-dire de Oz (**Ω = -γB**). La composante $\mathcal{m}_z$ est ainsi constante; tandis que les composantes $\mathcal{m}_x$ et $\mathcal{m}_y$ subissent une variation sinusoïdale très rapide et leur valeur moyenne au cours du temps est nulle (à l'échelle de leur période To). La force **F** n'est expérimentalement observable que si elle agit durant un temps assez long τ devant la période de rotation. Par suite (comportement de $\mathcal{m}_x$ et $\mathcal{m}_y$ et topologie de **B** choisie) seule importe la valeur moyenne sur τ de F_z au cours du temps :

$$\langle F_z \rangle = \mathcal{m}_z . \frac{\partial B_z}{\partial z}$$

La configuration de l'aimant doit permettre de vérifier que τ est bien plus grand que la période de rotation To des moment magnétiques autour de B

soit γB :

$$B = 1T$$
$$\gamma = -e/(2m) = -8\ 10^{10}\ A.s.kg^{-1}$$
$$\Omega = 2\pi/T_o = 8\ 10^{10}\ \text{rad/s en valeur absolue}$$
$$T_o \approx 10^{-10}\ s << \tau = 5\ 10^{-4}\ s$$

Q19)

Vérifions qu'il n'était pas nécessaire de tenir compte de la pesanteur :

$\mathcal{m}. \frac{\partial B_z}{\partial z} = 6\ 10^{-21}$ N >> mg =1,7 10^{-24}N donc mg/$\langle F_z \rangle$ = 3 10^{-4} le poids est bien négligeable !

Q20) Avec les atomes de thallium on obtient également deux taches donc ici aussi J = 1/2, mais cette fois les mesures donnent :

$$\mathcal{m}_z = + 1/3\ \mu_B \text{ ou } \mathcal{m}_z = - 1/3\ \mu_B \text{ avec } m_J = 1/2 \text{ ou } m_J = -1/2$$

Donc g = 2/3 pour les atomes de thallium.

Pour l’expérience de Stezrn et Gerlach proprement dite :

Pour l’estimation de Z_{SG} il suffit de reprendre l’expression de Z donnée page 5 :

$$Z = \langle F_z \rangle \, lD/(mV^2_p) = \langle F_z \rangle \, lD/(3kT) = m_z \, .lD/(3kT) \, .\frac{\partial B_z}{\partial z}$$

Et de remplacer D par l/2 = 1,75cm. Et l par 3,5 cm.

$$Z_{SG} = Z \; 0{,}006 = 0{,}06\text{mm}$$

Ce qui explique l’utilisation d’un microscope. Dans le texte officiel (il n’est pas nécessaire de parler allemand) :

a = 0,11mm et b = 0,20mm

Une valeur intermédiaire entre a et b correspond à 2 Z_{SG}

2 Z_{SG} =0,12mm

confirmation