Université de Strasbourg

Licence Physique-Chimie - L2S4
Examen à la maison d'Electromagnétisme 28 mai 2020

Jérôme Baudot, Mohamad Moukaddam

Durée : 2h.
Sujet sur 2 pages avec 2 exercices.

1 Mouvement avec un champ électrique et magnétique

Un champ électrique $\overrightarrow{E}$ et un champ magnétique $\overrightarrow{B}$ sont présents dans une zone de l'espace. Tous les deux sont uniformes et parallèles, de telles sorte que : $\overrightarrow{E} = -E\vec{k}$ et $\overrightarrow{B} = B\vec{k}$ où $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ constitue une base orthonormée du repère cartésien.
Dans cet espace et à l'instant initial $t = 0$, un électron portant une charge $-e$ est localisé au centre du repère $O(x = 0, y = 0, z = 0)$ et a une vitesse initiale $\overrightarrow{v}(0) = v_0\vec{i}$. L'exercice consiste à déterminer la trajectoire de la particule.

1.1 Expliciter les forces électromagnétiques qui s'appliquent sur l'électron. Indiquer leur directions à $t = 0$.

1.2 En utilisant la relation fondamentale de la dynamique, montrer que les coordonnées de la particule suivent les équations différentielles suivantes :

$$\ddot{x}(t) = \omega\dot{y}(t), \;\; \ddot{y}(t) = -\omega_B\dot{x}(t), \;\; \ddot{z}(t) = a_E.$$

Donner les expressions des constantes ω_B et a_E ainsi que leur unités.

i) Intégrer deux fois l'équation sur $\ddot{z}$ pour trouver l'expression de $z(t)$ en fonction du temps.

ii) Intégrer une fois l'équation sur $\ddot{y}$ pour trouver une relation entre $\dot{y}(t)$ et $x(t)$ (utiliser les conditions initiales). Utiliser alors cette expression dans la première équation sur $\ddot{x}(t)$ pour trouver une nouvelle équation du type $\ddot{x}(t) + \omega_B^2 x(t) = 0$.

iii) Chercher des solutions sous la forme $x(t) = A\cos(\alpha t + \phi)$ (utiliser les conditions initiales). En déduire la solution pour $y(t)$, toujours en utilisant les conditions initiales.

iv) Montrer que la particule décrit un cercle dans le plan (Ox, Oy). Quel est le mouvement général de la particule dans l'espace ?

2 Conducteur avec deux cavités.

Deux cavités sphériques, de rayons a et b, sont creusées à l'intérieur d'une sphère conductrice (neutre) de rayon R, voir Figure 1. Les centres des cavités sont situés à une distances $R/2$ par rapport au centre O de la sphère et se trouve sur l'axe horizontal Δ. Au centre de chaque cavité est placée une charge ponctuelle. Appelez ces charges q_a et q_b.

i) Calculer les densités de charge surfacique σ_a, σ_b et σ_R, respectivement à la surface des cavités de rayon a et b et à la surface extérieure de la sphère.

ii) Calculer le champ ainsi que le potentiel à l'extérieur de la sphère conductrice ($V_\infty = 0$).

iii) Démontrer que le champ dans la partie conductrice est nul. Quelle est le potentiel associé ?

iv) Calculer le champ et le potentiel dans les deux cavités.

v) Tracer les profils du champ électrique et du potentiel le long de l'axe Δ dans le cas où $q_b > q_a$.

vi) Quelle est la force subie par les charges q_a et q_b ?

vii) Laquelle de vos réponses précédente changerait si une troisième charge, q_c, était amenée au voisinage de la sphère conductrice par l'extérieur ?

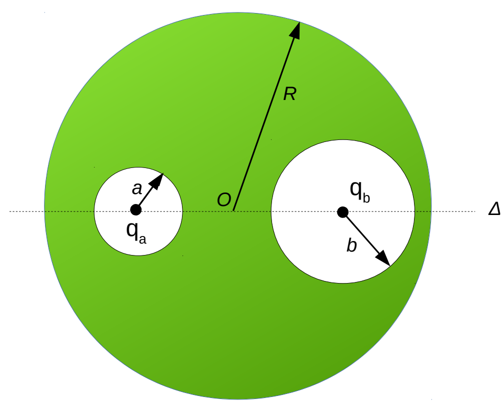

FIGURE 1 – Sphère conductrice avec deux cavités.