Électromagnétisme pour la Chimie
Contrôle continu

Vendredi 14 novembre 2014

Pas de documents - calculatrices *collège* autorisées

Le candidat veillera à écrire lisiblement, soigner la rédaction de sa copie, faire des schémas clairs, définir les grandeurs introduites et préciser leur unité. On utilisera pour valeurs numériques $\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$ F/m.

A - Accu

Une *pile rechargeable* HR6 porte les indications suivantes : 1,2V et 2000mAh. Indiquer

1. (1 point) la tension d'utilisation, et lorsque l'accu est chargé,
2. (2 points) la charge électrique en coulombs,
3. (2 points) l'énergie emmaganisée en joules.

B - Loi de Coulomb

On considère dans un sytème de coordonnées cartésiennes (x,y,z) centré sur l'origine O deux charges ponctuelles $q_1 = +10\,\mathrm{nC}$ et $q_2 = -30\,\mathrm{nC}$ dans l'air localisées respectivement aux points $P_1 = (1\,\mathrm{cm},1\,\mathrm{cm},1\,\mathrm{cm})$ et $P_2 = (3\,\mathrm{cm},0\,\mathrm{cm},2\,\mathrm{cm})$.

1. (1 point) Calculer la distance $r = P_1P_2$ entre les deux charges.
2. (2 points) Calculer l'amplitude F de la force de Coulomb exercée par une charge sur l'autre.
3. (1 point) Préciser la direction et le sens de la force $\vec{\mathbf{F}}_{12}$ exercée par q_1 sur q_2.
4. (2 points) Déterminer les composantes cartésiennes (E_x,E_y,E_z) du vecteur champ électrique produit par la charge q_1 au point P_2.

C - Condensateur sphérique

Un condensateur est constitué de deux armatures métalliques sphériques de centre O, de rayons a et $b > a$ et séparées par de l'air de permittivité ε_0. On travaille dans un système de coordonnées sphériques (r,θ,ϕ) centré sur O. Lorsque ces armatures sont branchées aux bornes d'une alimentation électrique stabilisée en tension, le potentiel scalaire dans l'espace inter-armatures suit l'expression

$$V = \frac{cU}{4\pi\varepsilon_0 r} \tag{1}$$

où c est la capacité du condensateur et U la tension d'alimentation.

1. Quelle est la forme des surfaces équipotentielles dans l'espace inter-armatures ?
2. Donner la direction et le sens des lignes de champ électriques entre les armatures si $U > 0$.
3. Retrouver l'expression de la capacité du condensateur sphérique pour $U = V(a) - V(b)$.
4. Calculer cette capacité c pour $a = 1\,\text{cm}$ et $b = 10\,\text{cm}$.
5. En déduire la charge de chaque armature pour une tension d'alimentation $U = 100\,\text{V}$.
6. Que deviennent ces charges si l'espace inter-armature est maintenant rempli de paraffine de permittivité $3\varepsilon_0$?

D - Séparation d'isotopes

Une technique pour séparer les isotopes ^{235}U et ^{238}U d'uranium est fondée sur la différence de rayons de leurs trajectoires dans un champ magnétique.

On suppose que les atomes, une fois ionisés, partent d'une source commune O et suivent une trajectoire circulaire dans le plan xOy. On note $B = \|\vec{\mathbf{B}}\|$ la norme du champ magnétique, aligné sur l'axe Oz.

1. Faire un schéma indiquant le vecteur vitesse $\vec{\mathbf{v}}$ d'un cation de charge q, le vecteur champ magnétique $\vec{\mathbf{B}}$ et la force magnétique $\vec{\mathbf{F}} = q\vec{\mathbf{v}} \wedge \vec{\mathbf{B}}$ sur ce cation.
2. La norme de cette force magnétique est égale d'après le principe fondamental de la dynamique à $\frac{mv^2}{R}$ où m est la masse du cation, $v = \|\vec{\mathbf{v}}\|$ sa vitesse et R le rayon de sa trajectoire circulaire. En déduire une expression de R en fonction de m, $|q|$, B et v.
3. Exprimer maintenant ce rayon R en fonction de m, $|q|$, B et l'énergie cinétique du cation $T = \frac{mv^2}{2}$.

On note m_{235} et R_{235} la masse et le rayon de la trajectoire d'un cation d'uranium 235, et m_{238} et R_{238} la masse et le rayon de la trajectoire d'un cation d'uranium 238.

4. Que vaut le rapport $\frac{m_{238}}{m_{235}}$?
5. En déduire le rapport $\frac{R_{238}}{R_{235}}$ si les deux isotopes ont la même vitesse.
6. Que devient ce rapport $\frac{R_{238}}{R_{235}}$ si les deux isotopes ont la même énergie cinétique ?