EPREUVE DE PHYSIQUE

Pharmacie 1ère année

Pr. COHEN.

Avril 2007

Notation sur 40 points

Durée : 2 heures

Calculatrice autorisée

Vérifiez que votre fascicule comporte 9 pages numérotées.

Les questions de cours sont signalées par un astérisque.

TABLEAU DES CONSTANTES LES PLUS COURANTES

c	vitesse de la lumière dans le vide : 299 792 458 $m.s^{-1}$	
e	charge élémentaire : $1,60218.10^{-19}$ C	
G	constante de gravitation : $6,673.10^{-11}$ $N.m^2.kg^{-2}$	
h	constante de Planck : $6,6261.10^{-34}$ J.s	
k	constante de Boltzmann : $1,38066.10^{-23}$ $J.K^{-1}$	
m	masse de l'électron :	$9,1094.10^{-31}$ kg $5,4858.10^{-4}$ u
m_n	masse du neutron :	$1,67493.10^{-27}$ kg 1,008665 u
m_p	masse du proton :	$1,67262.10^{-27}$ kg 1,007276 u
N_A	nombre d'Avogadro : $6,0221.10^{23}$ mol^{-1}	
R	constante des gaz parfaits : 8,314 $J.mol^{-1}.K^{-1}$	
R_∞	constante de Rydberg : $1,09737315.10^{7}$ m^{-1}	
u	unité de masse atomique : $1,66054.10^{-27}$ kg = 931,493 MeV/c^2	
ε_0	permittivité du vide : $8,854188.10^{-12}$ $F.m^{-1}$	
μ_0	perméabilité du vide : $1,256637.10^{-6}$ $H.m^{-1}$	

***Question I (3 points)**
Donner les dimensions des grandeurs physiques suivantes :

- énergie	$\mathbf{ML^2T^{-2}}$
- activité d'un radionucléide	$\mathbf{T^{-1}}$
- pression	$\mathbf{ML^{-1}T^{-2}}$
- moment cinétique	$\mathbf{ML^2T^{-1}}$
- viscosité dynamique	$\mathbf{ML^{-1}T^{-1}}$
- nombre d'onde	$\mathbf{L^{-1}}$

Question VI (7 points)
Considérons une sphère pleine de centre O et de rayon R. Cette sphère contient une charge électrique totale Q répartie uniformément avec une densité volumique de charge ρ. La constante diélectrique du milieu extérieur est ε_0.

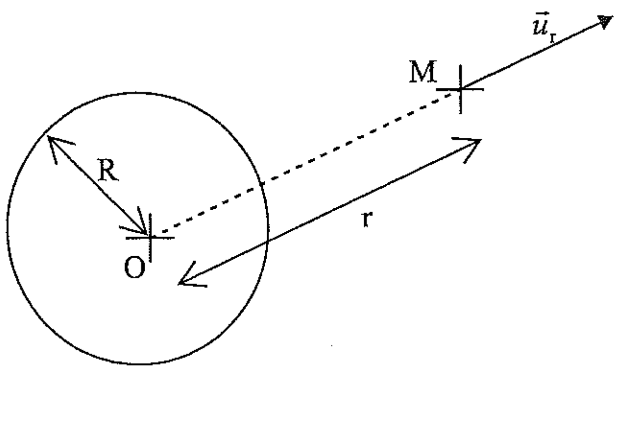
1) Quelle est la dimension de ρ ?

$$\mathbf{I\,T\,L^{-3}}$$

2) Exprimer la charge totale Q de la sphère en fonction de R et de ρ.

$$\mathbf{Q = \frac{4}{3}\pi\ R^3\rho}$$

3) On peut montrer que le champ $\vec{E}_{ext}(r)$ créé par la sphère en un point M situé à l'extérieur de la sphère $(r > R)$ est équivalent à celui qui serait créé par la même charge ponctuelle Q, concentrée en O (voir schéma). Donner l'expression de $\vec{E}_{ext}(r)$ en un point M situé à la distance r de O en fonction de R, r, ρ, ε_0 et du vecteur unitaire radial $\vec{u}_r$.



$$\vec{E}_{ext}(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\vec{u}_r = \frac{\rho\ R^3}{3\varepsilon_0 r^2}\vec{u}_r$$

4) Donner l'expression du potentiel électrique $V_{ext}(r)$ à l'extérieur de la sphère en fonction de ε_0, r, R et ρ sachant que $V_{ext}(r \to \infty) = 0$.

$$\vec{E}_{ext}(r) = -\vec{\nabla}V_{ext}(r) = -\overrightarrow{grad}V_{ext}(r) = -\frac{dV_{ext}(r)}{dr}\vec{u}_r$$

$$V_{ext}(r) = \int -\frac{\rho\ R^3}{3\varepsilon_0 r^2}\ dr + cte = \frac{\rho\ R^3}{3\varepsilon_0 r} + \ cte$$

$$V_{ext}(r \to \infty) = 0 \Rightarrow cte = 0$$

$$V_{ext}(r) = \frac{\rho\ R^3}{3\varepsilon_0 r}$$

5) On donne le champ électrique à l'intérieur de la sphère (pour $r < R$) :

$$\vec{E}_{int}(r) = \frac{\rho\, r}{3\,\varepsilon_0}\vec{u}_r$$

Sachant que les potentiels électriques à l'intérieur et à l'extérieur de la sphère sont égaux pour les points situés à la surface de la sphère ($r = R$), exprimer le potentiel électrique $V_{int}(r)$ en fonction de ε_0, r, R et ρ.

$$\vec{E}_{int}(r) = -\vec{\nabla}V_{int}(r) = -\overrightarrow{grad}V_{int}(r) = -\frac{dV_{int}(r)}{dr}\vec{u}_r$$

$$V_{int}(r) = \int -\frac{\rho\ r}{3\varepsilon_0}\ dr + cte' = -\frac{\rho\ r^2}{6\varepsilon_0} + cte'$$

$$V_{int}(R) = V_{ext}(R) \Rightarrow \frac{\rho\ R^3}{3\varepsilon_0 R} = -\frac{\rho\ R^2}{6\varepsilon_0} + cte'$$

$$V_{int}(r) = -\frac{\rho\ r^2}{6\varepsilon_0} + \frac{\rho\ R^2}{2\varepsilon_0}$$

Question VIII (3 points)

Soit un faisceau parallèle de lumière naturelle, de fréquence $\upsilon = 5{,}0.10^{14}$ Hz, qui se propage dans l'air et pénètre dans une plaque de verre (flint) d'indice de réfraction $n = 1{,}647$, sous un angle d'incidence $i = 30°$.

1) Calculer dans l'air, la période (en s) et la longueur d'onde (en nm) de ce rayonnement. (On considérera que l'indice de réfraction de l'air est égal à celui du vide).

$$\mathbf{T = \frac{1}{\nu} = 2.10^{-15}\ s} \qquad\qquad \mathbf{\lambda = cT = \frac{c}{\nu} = 600\ nm}$$

2) Calculer la vitesse et la longueur d'onde de la lumière dans le flint, sachant que sa fréquence reste inchangée.

$$\mathbf{v = \frac{c}{n} = 1{,}82.10^{8}\ m.s^{-1}} \qquad\qquad \mathbf{\lambda = \frac{v}{\nu} = 364\ nm}$$

3) Calculer l'angle de réfraction r.

$$\mathbf{n_1 \sin i = n_2 \sin r} \qquad \Rightarrow \qquad \mathbf{r = \sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin i\right) = 17{,}7°}$$

Question X (6 points)
Le potassium 40 (^{40}K), radionucléide naturel, se désintègre selon les deux équations de transformation suivantes :

Type 1 dans 10,5 % des cas : $^{40}_{19}K + e^- \rightarrow ^{40}_{18}Ar + \gamma + \nu_e$

Type 2 dans 89,5 % des cas : $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{20}Ca + \beta^- + \bar{\nu}_e$

1) Quel nom donne-t-on à chacune de ces transformations nucléaires ?

Type 1 = transformation isobarique par capture électronique

Type 2 = transformation isobarique par émission β^-

2) La méthode dite de datation « Potassium – Argon » repose sur la mesure du gaz argon (^{40}Ar) produit par désintégration du ^{40}K contenu dans les roches. Le magma en fusion, à l'origine de la roche, se trouve totalement dégazé et par conséquent ne contient pas de gaz argon. Lorsque la roche se solidifie, au temps t_0 de sa formation, on considère que l'argon 40 issu de la désintégration du ^{40}K reste piégé dans le réseau cristallin.

Soit un échantillon de roche contenant une masse de potassium m = 4,75 g.

Sachant que l'abondance isotopique en ^{40}K est de 0,0119 %, calculer le nombre d'atomes $N_{^{40}K}(t)$ de ^{40}K dans l'échantillon et l'activité correspondante en Bq.

On donne : - la période du ^{40}K $T = 1{,}25.10^9$ ans

- la masse molaire du ^{40}K $M_A = 40$ g.mol^{-1}

Masse de ^{40}K contenu dans l'échantillon

4,75 x 0,0119 % = $5{,}653.10^{-4}$ g

Nombre d'atomes correspondants

$$N_{^{40}K}(t) = \frac{6{,}0221.10^{23} \times 5{,}653.10^{-4}}{40} = 8{,}51.10^{18}$$

Activité correspondante

$$A(t) = \frac{\ell n 2}{T} \times N_{^{40}K}(t)$$

$$A(t) = \frac{\ell n 2 \times 8{,}51.10^{18}}{1{,}25.10^9 \times 365{,}25 \times 24 \times 3600} = 149{,}5 \text{ Bq}$$

3) a) Sachant que la désintégration du ^{40}K de la roche produit ^{40}Ar et ^{40}Ca dans les proportions indiquées plus haut, écrire la relation qui donne le nombre d'atomes d'argon $N_{^{40}Ar}(t)$ présents au temps t en fonction de $N_{^{40}K}(t_0)$ et $N_{^{40}K}(t)$

Au temps t, il reste :

$[N_{^{40}K}(t_0) - N_{^{40}K}(t)]$ atomes de ^{40}K, valeur égale à $[N_{^{40}Ar}(t) + N_{^{40}Ca}(t)]$

^{40}Ar représente 10,5 % de ces nucléides

d'où $N_{^{40}Ar}(t) = [N_{^{40}K}(t_0) - N_{^{40}K}(t)].0{,}105$ **(1)**

b) En déduire la relation $N_{^{40}Ar}(t)/N_{^{40}K}(t)$ en fonction du temps, rapport du nombre d'atomes de ^{40}Ar au nombre d'atomes de ^{40}K présents dans l'échantillon de roche au temps t.

$$N_{^{40}K}(t) = N_{^{40}K}(t_0)\cdot \exp(-\lambda t) \qquad (2)$$

A partir de la relation (1)

$$N_{^{40}K}(t_0) = N_{^{40}K}(t) + \frac{N_{^{40}Ar}(t)}{0,105}$$

En remplaçant dans la relation (2)

$$N_{^{40}K}(t) = \left[N_{^{40}K}(t) + \frac{N_{^{40}Ar}(t)}{0,105}\right]\cdot \exp(-\lambda t)$$

Soit

$$\frac{N_{^{40}Ar}(t)}{N_{^{40}K}(t)} = 0,105.[\exp(\lambda t) - 1]$$

4) Le résultat des mesures indique que l'échantillon de roche contient $N_{^{40}Ar}(t) = 2,16.10^{18}$ atomes de gaz argon 40. Déterminer l'âge de la roche.

$$t = \frac{T}{\ell n2}\cdot \ell n\left[1 + \frac{N_{^{40}Ar}(t)}{0,105.N_{^{40}K}(t)}\right]$$

A.N.

$$t = \frac{1,25.10^9}{\ell n2}\cdot \ell n\left[1 + \frac{2,16.10^{18}}{0,105\times 8,51.10^{18}}\right] = 2,22.10^9 \text{ ans}$$

Soit l'âge de la roche = $2,22.10^9$ ans