ANNEE 2007-2008

FACULTE DE PHARMACIE

DATE : 16 AVRIL 2008

CORRECTION DU CONCOURS BLANC DE PHYSIQUE

DUREE : 2 HEURES

NOM :……………………………………….

PRENOM :………………………………….

NOTE :……………………/ 40

Constantes universelles de physique

Constante	Valeur exacte	Approximation
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 299\,792\,458\ m.s^{-1}$	$c = 3.10^{8}\ m.s^{-1}$
Constante de Plank	$h = 6{,}626176.10^{-34}\ J.s$	$h = 6{,}6.10^{-34}\ J.s$
Charge élémentaire	$e = 1{,}6021892.10^{-19}\ C$	$e = 1{,}6.10^{-19}\ C$
Masse au repos de l'électron	$m_e = 9{,}109534.10^{-31}\ Kg$	$m_e = 9{,}11.10^{-31}\ Kg$
Masse au repos du neutron	$m_n = 1{,}675.10^{-27}\ Kg$	$m_n = 1{,}68.10^{-27}\ Kg$
Masse au repos du proton	$m_p = 1{,}6726485.10^{-27}\ Kg$	$m_p = 1{,}67.10^{-27}\ Kg$
Nombre d'Avogadro	$N_A = 6{,}022045.10^{23}\ mol^{-1}$	$N_A = 6{,}023.10^{23}\ mol^{-1}$
Le Rydberg	$R = 10973732\ m^{-1}$	$R = 1{,}097.10^{7}\ m^{-1}$
Constante des gaz parfaits	$R = 8{,}314\ J.mol^{-1}.K^{-1}$	$R = 8{,}31\ J.mol^{-1}.K^{-1}$
Constante de Boltzmann	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1{,}3805941.10^{-23}\ J.K^{-1}$	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1{,}38.10^{-23}\ J.K^{-1}$
Permittivité du vide	$\varepsilon_0 = 8{,}85419.10^{-12}\ F.m^{-1}$	$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 10^{-7} c^2} = 9.10^{-12}\ F.m^{-1}$
Perméabilité du vide	$\mu_0 = 1{,}3.10^{-6}\ H.m^{-1}$	$\mu_0 = 1{,}3.10^{-6}\ H.m^{-1}$

I – Etude d'un satellite géostationnaire (………/ 4 points) :

Un satellite de masse m = 2 tonnes est géostationnaire.

$M_{terre} = 5{,}98.10^{24}$ kg **$R_{terre} = 6\ 380$ km** **$G = 6{,}67.10^{-11}$ SI**

1. Calculer l'altitude h du satellite (1 point) :

Le mouvement est circulaire.

D'après la loi de l'interaction gravitationnelle et la deuxième loi de Newton, $\overrightarrow{a_G} = -G \times \dfrac{M_{terre}}{R_{terre}^2} \times \vec{u}$

De plus, on a dans le repère de Frenet $\overrightarrow{a_N} = \dfrac{v^2}{R_{terre}} \times \vec{N}$

D'où : $G \times \dfrac{M_{terre}}{R_{terre}^2} = \dfrac{v^2}{R_{terre}}$

Avec $v = R_{terre} \times \omega = R_{terre} \times \dfrac{2\pi}{T}$, on obtient $R_{terre} = \sqrt[3]{\dfrac{GM_{terre}T^2}{4\pi^2}} = 42{,}25.10^6$ m

Soit h = $35{,}87.10^3$ km.

2. En déduire la vitesse du satellite (1 point) :

$$v = R_{terre} \times \frac{2\pi}{T} = 42{,}25.10^6 \times \frac{2\pi}{86400} = 3{,}07.10^3\ m.s^{-1}$$

3. Calculer son énergie potentielle de pesanteur (1 point) :

$$E_p = -G \times \frac{M_{terre} \times m}{R_{terre}} = -1{,}89.10^{10}\ J$$

4. En déduire la valeur de son énergie mécanique :

$$E_m = E_p + E_c = -9{,}48.10^9\ J$$

le signe – signifie que le satellite est lié à terre.

II – Etude de fluides (………/ 6 points) :

Dans cette première partie, on étudiera un fluide compressible qui est assimilé à de l'air (M_{air} = 29 g.mol^{-1} ; V_m = 22,4 L.mol^{-1}).

On considère que l'air est soumis à une température constante T_0 = 25°C.
La pression de l'air à l'altitude z = 0 est de 1,013.10^5 Pa.

1. Calculer la masse volumique de l'air ρ_0 (1 point) :

$$\rho_0 = \frac{M_{air}}{V_m} = \frac{29.10^{-3}}{22{,}4.10^{-3}} = \frac{29}{22{,}4} = 1{,}29 \text{ kg.m}^{-3}$$

1 litre d'air a donc une masse de 1,3 g !

2. En appliquant la relation de la statique des fluides et en partant de l'hypothèse que l'air est isotherme, montrer que la pression à une altitude z suit une loi exponentielle décroissante : $P(z) = P_0 \exp(-\rho_0 gz/P_0)$ (1 point) :

$$dP = -\rho gz = -\rho_0 \frac{P}{P_0} gdz \text{ car } \rho = \frac{m}{V} = \frac{mP}{nRT} = \frac{mP}{P_0V_0} = \rho_0 \frac{P}{P_0}$$

$$\frac{dP}{P} = d(\ln P) = -\rho_0 \frac{g}{P_0} dz$$

$$\Leftrightarrow \ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = -\rho_0 \frac{g}{P_0} z$$

$$P = P_0 \exp\left(-\rho_0 \frac{g}{P_0} z\right)$$

3. En déduire la pression à une altitude de 1000 m (1 point) :

$$P(z = 1000) = 1{,}013.10^5 \times \exp\left(-\frac{1{,}29 \times 9{,}81 \times 1000}{1{,}013.10^5}\right) = 8{,}94.10^4 \text{ Pa}$$

On considère à présent un fluide incompressible qui est assimilé à de l'eau de masse volumique ρ = 1 kg.L^{-1}. La pression à la surface de l'eau est la pression P_0 = 1,013.10^5 Pa.

4. Calculer la pression (en unité SI et en m Hg) à une profondeur de 100 m (1 point) :
On donne : g = 9,81 SI 1 mm Hg = 133,6 Pa

$$P = P_0 + \rho gh = 1{,}013.10^5 + 1000 \times 9{,}81 \times 100 = 1{,}08.10^6 \text{ Pa} = \frac{1{,}08.10^6 \times 10^{-3}}{133{,}6} = 8{,}12 \text{ m Hg}$$

5. Un plongeur se trouve à cette profondeur de 100 m. Calculer la force qui s'exerce sur ses tympans sachant que leur surface est environ 2 cm² (1 point) :

$$F = P \times S = 1{,}08.10^6 \times 2.10^{-4} = 216 \text{ N}$$

6. A quelle masse correspond cette force (1 point) ?

$$m = \frac{P}{g} = \frac{216}{9{,}81} = 22 \text{ kg}$$

III – Tuyau d'arrosage (………/ 3 points) :

Un tuyau d'arrosage, de 25 m de long et 15 mm de diamètre, débite 0,5 L/s à travers un orifice de 0,5 cm^2.

1. Quelle est la vitesse de l'eau (en m/s), sachant que ρ_{eau} = 1 kg/L, à l'orifice terminal ? (1 point)

On utilise la formule avec le débit : D = V x S.

$$v = \frac{D}{S} = \frac{0{,}5.10^{-3}}{0{,}5.10^{-4}} = 10 \text{ m/s}$$

2. Quel est le rapport entre la vitesse d'écoulement à l'orifice terminal sur la vitesse d'écoulement au robinet ? (1 point)

$$\frac{v(B)}{v(A)} = \frac{S(A)}{S(B)} = \frac{\pi \times \frac{(15.10^{-3})^2}{4}}{0{,}5.10^{-4}} = 3{,}53$$

3. Quelle est la surpression, en kPa, au robinet ?

En fin de robinet, la pression est la pression atmosphérique.
On applique le théorème de Bernoulli :

$$P_A + P_{Atm} + \frac{1}{2}.\rho.v_A{}^2 = P_{Atm} + \frac{1}{2}.\rho.v_B{}^2 \Leftrightarrow P_A = \frac{1}{2}.\rho.\left(v_A{}^2 - v_B{}^2\right) = 46 \text{ kPa}$$

IV – Tension superficielle du liquide glycérique (………/ 2 points) :

Du liquide glycérique de masse volumique ρ = 110 g/L s'élève à une hauteur moyenne h = 1,5 cm le long d'un tube de verre vertical de rayon intérieur R = 0,4 mm.

1. Calculer le coefficient de tension superficielle γ en supposant qu'il mouille parfaitement (1 point).

$$\frac{2\gamma}{R} = \rho g h \Rightarrow \gamma = \frac{R\rho g h}{2} = \frac{0{,}0004 \times 110 \times 10 \times 0{,}015}{2} = 0{,}0033 \text{ J.m}^{-2}$$

2. On fabrique avec ce liquide une bulle de savon de rayon 1 cm. Quelle est la surpression existant à l'intérieur de la bulle ? (1 point).

$$\Delta P = \frac{4\gamma}{R} = 1{,}32 \text{ Pa}$$

V – Champ et potentiel d'un segment électrisé (………/ 3 points) :

Un segment MN chargé par une densité linéique uniforme λ ($\lambda>0$) est porté par un axe (Ox) avec O le milieu de MN.

La distance MN est égale à 2a.

Le champ créé par ce segment en un point $M(x_0)$ de l'axe Ox est donné par la relation :

$$\boxed{E = k\frac{\lambda}{(x_0 - a)^2}}$$

1. Calculer la dimension de la constante k (1 point) :

$$[E] = M.L.T^{-3}.I^{-1}$$
$$[\lambda] = I.T.L^{-1}$$
$$\text{Donc : } [k] = M.L^4.T^{-4}.I^{-2}$$

2. Donner l'expression du potentiel élémentaire dV en fonction de λ, ε_0, x_0 et x au point $M(x_0)$ (1 point) :

$$dV = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda dl}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{(x_0 - x)}$$

3. Déterminer alors l'expression du potentiel créé en $M(x_0)$. On n'oubliera pas d'utiliser la symétrie de la répartition de charges (1 point) :

$$V(x_0) = \int_{-a}^{a} dV = \int_{-a}^{a}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{(x_0 - x)} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{x_0 + a}{x_0 - a}\right)$$

VI – Conductivité dans un solide conducteur (………/ 3 points) :

Un fil d'aluminium (masse molaire atomique : 27 $g.mol^{-1}$; masse volumique : 2,7 $g.cm^{-3}$) de diamètre 1 mm est parcouru par un courant de 5 A.

1. Sachant que chaque atome libère un électron de conduction, déterminer le nombre de porteurs de charges par cm^{-3} (1 point) :

La masse de 1 cm^3 est de 2,7 g soit 0,1 mole donc on $6{,}02.10^{22}$ atomes par cm^3.
Un électron est donné par un atome on a donc $n = 6{,}02.10^{22}$ électrons.cm^{-3}.

2. Calculer la vitesse d'ensemble de déplacement des électrons de conduction (1 point) :

$$v = \frac{I}{n \times S \times e} = \frac{5}{6{,}02.10^{28} \times (\pi * (10^{-3}/2)^2 \times 1{,}6.10^{-19}} = 6{,}6.10^{-4}\ m.s^{-1}$$

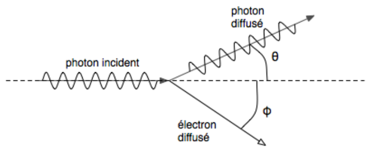
3. Pour une différence de potentiel appliquée entre deux sections du fil distantes de 10 mètres de 120 volts, calculer la mobilité électronique k.

$$k = \frac{v}{E} = \frac{v}{U/d} = \frac{6{,}6.10^{-4}}{120/10} = 5{,}5.10^{-5}\ m^2.V^{-1}.s^{-1}$$

VII – Effet Compton (………/ 7 points) :

Soit un électron de longueur d'onde λ arrivant sur un électron au repos.
On appelle θ l'angle du photon diffusé avec la direction du photon incident et φ l'angle de l'électron en mouvement.

1. Faire un schéma illustrant l'effet Compton (1 point) :



Diffusion Compton: Collision d'un photon avec un électron au repos

2. Exprimer la loi régissant l'effet Compton de deux manières différentes (1 point) :

   On rappelle que $1-\cos\theta = 2\sin^2\frac{\theta}{2}$.

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta) = \frac{h}{2m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2} = \frac{\lambda_c}{2}\sin^2\frac{\theta}{2}$$

Le détecteur de photons est à 45° de l'horizontal.
Les photons incidents ont une énergie de 75 keV.

3. Calculer la longueur d'onde λ' des photons diffusés (1 point) :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda_{incident} = \frac{hc}{75.10^3 \times 1{,}6.10^{-19}} = 1{,}65.10^{-11}\ \text{m}$$

$$\lambda_{diffusé} = \lambda_{incident} + \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta) = 1{,}76.10^{-11}\ \text{m}$$

4. En déduire l'énergie E' (en J et en KeV) des photons diffusés (1 point) :

$$E' = \frac{hc}{\lambda_{diffusé}} = 1{,}13.10^{-14}\ \text{J} = 70{,}3\ \text{KeV}$$

5. Calculer l'énergie cinétique Ec des électrons (1 point) :

Avec la conservation de l'énergie cinétique, on a $E_c = E - E' = 4{,}7\ \text{KeV} = 7{,}52.10^{-16}\ \text{J}$

6. En déduire la vitesse v des électrons en mécanique classique. Ce résultat est-il acceptable ? (1 point) :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\times 7{,}52.10^{-16}}{9{,}1.10^{-31}}} = 4{,}1.10^7\ \text{m.s}^{-1}$$

On dépasse 0,1xc, il s'agit donc d'une particule relativiste.

7. Dans le cas contraire, donner une méthode permettant de déterminer la vitesse des électrons. Faire l'application numérique (1 point) :

$$\gamma = \frac{E_C}{m.c^2} + 1 = \frac{7{,}52.10^{-16}}{9{,}11.10^{-31}\times 9.10^{16}} + 1 = 1{,}00917 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow v_{électron} = \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}} \times c = 5{,}4.10^6\ \text{m.s}^{-1}$$

VIII – Etude d'un mélangez de sucres (………/ 3 points) :

On a réalisé un mélange en dissolvant 15g de saccharose et 25 g de fructose dans 250 mL d'eau pure.

On donne le pouvoir rotatoire spécifique [α]$_D$ pour la raie D du sodium :
Saccharose : + 66,5 °.dm^{-1}.g^{-1}.cm^3 **Fructose : - 91,8 °.dm^{-1}.g^{-1}.cm^3**

M(Saccharose $C_{12}H_{22}O_{11}$) = 342 g.mol^{-1} **M(fructose $C_6H_{12}O_6$) = 180 g.mol^{-1}**

Ce mélange est analysé. On sait que la longueur de la cuve de l'analyseur est l=20 cm.

1. Déterminer les concentrations massiques C_m en fructose et en glucose de la solution (1 point) :

$$C_m(\text{saccharose}) = \frac{m}{V} = \frac{15}{250} = 0{,}06 \ \text{g.cm}^{-3}$$
$$C_m(\text{fructose}) = \frac{m}{V} = \frac{25}{250} = 0{,}10 \ \text{g.cm}^{-3}$$

2. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'expression de l'angle α dont tourne la lumière en fonction de [α]$_D$, C_m et l (1 point) :

$$\alpha = l \times \{[\alpha]_D(\text{fructose})) \times C_m(\text{fructose})) + [\alpha]_D(\text{saccharose}) \times C_m(\text{saccharose})\}$$

3. Déterminer alors la valeur de l'angle dont tourne une lumière monochromatique polarisée initialement verticale (1 point) :

$$\alpha = 2 \times (66{,}5 \times 0{,}06 - 91{,}8 \times 0{,}10) = -10{,}38°$$

IX – Rayons X et atténuations (………/ 5 points) :

On étudie un faisceau de rayons X parallèle et monochromatique de longueur d'onde λ = 0,134 nm. Il traverse une feuille de nickel Ni d'épaisseur 10 μm.

1. Quelle est l'énergie d'un photon X (1 point) :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{0{,}134} = 9{,}3 \text{ keV} = 1{,}482.10^{-15} \text{ J}$$

2. Calculer le pourcentage de photons transmis et de photons absorbés par cette feuille de nickel (1 point) :
   Données : **μ_m(Ni) = 4,6 cm².g^{-1}** **ρ(Ni) = 8,9 g.cm^{-3}**

$$\mu = \mu_m \times \rho = 4{,}6 \times 8{,}9 = 40{,}94 \text{ cm}^{-1}$$

$$\frac{\phi}{\phi_0} = \exp(-\mu X) = \exp\left(-40{,}94 \times 10^{-3}\right) = 0{,}96$$

$$T(\%) = 96\%$$

$$A(\%) = 4\%$$

3. Calculer l'épaisseur de demi-atténuation CDA du nickel en μm (1 point) :

$$CDA = \frac{\ln 2}{\mu} = 1{,}7.10^{-2} \text{ cm} = 170 \ \mu\text{m}$$

Le nickel est remplacé par du cobalt de même épaisseur.

4. Calculer le pourcentage de photons transmis et de photons absorbés par cette feuille de cobalt. Que peut-on en conclure ? (1 point) :
   Données : **μ_m(Co) = 240 cm².g^{-1} pour λ = 0,134 nm** **ρ(Co) = 8,9 g.cm^{-3}**

$$\mu = \mu_m \times \rho = 240 \times 8{,}9 = 2{,}136.10^{3} \text{ cm}^{-1}$$

$$\frac{\phi}{\phi_0} = \exp(-\mu X) = \exp\left(-2136 \times 10^{-3}\right) = 0{,}12$$

$$T(\%) = 12\%$$

$$A(\%) = 88\%$$

Le Cobalt protège mieux des rayons X que le Nickel.

5. Quelle épaisseur de nickel est équivalente à une feuille de 10 μm de cobalt (1 point) :

$$\exp(-\mu_{Ni} X_{Ni}) = \exp(-\mu_{NCo} \times 10)$$

$$\Leftrightarrow X_{Ni} = 522 \ \mu\text{m}$$

X – Désintégration du Radium (………/ 4 points) :

Le radium Ra (A = 226 et Z = 88) se désintègre en Radon Rn selon le mode d'émission α.

1. Ecrire l'équation de désintégration et indiquer les A et Z de chaque élément utilisé (1 point) :

$${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

2. D'après les valeurs des masses atomiques, calculer l'énergie libérée (en MeV) au cours de la désintégration alpha du radium 226 (1 point).

M(Ra) = 226,10309 uma
m(He) = 4,00388 uma

m(Rn) = 222,09397
1 uma = 931,2 MeV.c^{-2}

$$\Delta m = m(Ra) - m(Rn) - m(He) = 226{,}10309 - 222{,}09397 - 4{,}00388 = 5{,}24.10^{-3}\ \text{uma}$$
$$E = 5{,}24.10^{-3} \times 931{,}2 = 4{,}88\ \text{MeV}$$

3. En déduire l'énergie cinétique des particules alpha (1 point) :

$$E_\alpha = \frac{226-4}{226} \times 4{,}8 = 4{,}79\ \text{MeV}$$

4. Quelle est la proportion de l'énergie cinétique des particules alpha par rapport à l'énergie émise par la désintégration ? Que devient l'énergie restante ? (1 point) :

Les particules alpha emportent $\frac{4{,}79}{4{,}88} \times 100 = 98{,}2$ % de l'énergie émise par la désintégration alpha. L'énergie restante est conservée par le noyau de radon qui recule.

Quelques conseils avant le concours :

Tout d'abord, j'espère que les colles et séminaires de physique proposés à Objectif Concours cette année ont été utiles, permettant de reprendre tout ce qui a été vu cette année.

Avec ce concours blanc, j'ai tenté de balayer la plus grande partie du programme, avec à chaque fois un exercice extrait des annales (de la faculté ou d'OC).

Quelques conseils pour le concours :

- ✓ **Indiquer à chaque fois le nom de la loi utilisée (si elle en possède une).**
- ✓ **Extraire l'inconnue recherchée afin d'établir l'expression littérale la plus simple possible (cela facilitera ensuite vos calculs).**
- ✓ **Lors des applications numériques, revenir toujours aux unités SI.**
- ✓ **Ne pas oublier l'unité de votre résultat.**
- ✓ **Si le temps le permet, faire une phrase de conclusion reprenant le résultat et commentant sa valeur.**
- ✓ **Ecrire lisiblement, au stylo et relire son orthographe ! Encadrer l'expression littérale et souligner l'application numérique.**

Bon courage pour cette dernière période de révision et bonne chance pour le concours.

Monsieur Fontaine