ANNEE 2007-2008

FACULTE DE PHARMACIE

DATE : 11 MARS 2008

CORRECTION DE LA COLLE DE PHYSIQUE N°2

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	$\mu_0 = 1{,}3.10^{-6}\ H.m^{-1}$	$\mu_0 = 1{,}3.10^{-6}\ H.m^{-1}$

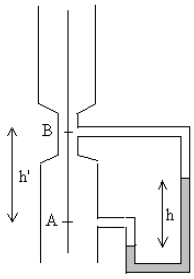
I – Dimension de grandeurs (………/ 3 pts) :

Donner les dimensions, en système SI, des grandeurs suivantes (justification demandée) :

1. Débit volumique D_V : $D_V = \frac{dV}{dt}$ d'où $[D_V] = L^3.T^{-1}$
2. Coefficient de viscosité dynamique η : $\eta = \frac{\|\vec{F}\|}{S} \times \frac{dz}{\|d\vec{v}\|}$ d'où $[\eta] = \frac{M.L.T^{-2} \times L}{L^2 \times L.T^{-1}} = M.L^{-1}.T^{-1}$
3. Moment dipolaire p : $\|\vec{p}\| = q \times \|\vec{AB}\|$ $i = \frac{dq}{dt}$ d'où $[P] = L.T.I$
4. Charge électrique q : $i = \frac{dq}{dt}$ d'où $[q] = I.T$
5. Champ électrique E : $F = q.E$ d'où $[E] = M.L.T^{-3}.I^{-1}$
6. Densité de courant j : $I = \iint j.dS$ d'où $[j] = I.L^{-2}$

II - Mesure d'un débit à l'aide d'un tube de Venturi (………/ 5 pts) :

On utilise le venturimètre représenté sur la figure ci-contre pour mesurer un débit d'eau. La dénivellation du mercure dans le manomètre différentiel est h = 35,8 cm, la densité du mercure est 13,6.



1. Montrer que la vitesse dans le col est supérieure à la vitesse dans le convergent.

En A et B, il y a conservation du débit.

$Q_A = v_A S_A = v_A \times \pi \times {r_A}^2 = Q_B = v_B S_B = v_A \times \pi \times {r_A}^2 \Rightarrow v_B = v_A \times \frac{{r_A}^2}{{r_B}^2} > v_A$ puisque le rayon en A est plus grand que le rayon en B.

2. Calculer le débit sachant que le rayon du tube en A est de 30 cm et la vitesse en A est de 15 $m.s^{-1}$.

$Q_A = v_A S_A = v_A \times \pi \times {r_A}^2 = 15 \times 3{,}14 \times 0{,}30^2 = 4{,}24\ m^3.s^{-1}$

3. Déterminer la vitesse en B sachant que le rayon du col en B est de 15 cm :

$$v_B = \frac{Q_A}{S_B} = \frac{Q_A}{\pi \times r_B^{\ 2}} = \frac{4,24}{3,14 \times 0,15^2} = 60\ m.s^{-1}$$

4. En faisant l'hypothèse que l'eau est un fluide parfait, calculer la différence de pression entre les points A et B, sachant que h' = 75 cm, g = 9,81 $N.kg^{-1}$ et $\rho_{eau} = 1000\ Kg.m^{-3}$:

D'après le théorème de Bernoulli :

$$\frac{v_A^{\ 2}}{2g} + z_A + \frac{P_A}{\rho_{eau} \times g} = \frac{v_B^{\ 2}}{2g} + z_B + \frac{P_B}{\rho_{eau} \times g}$$

D'où : $P_A - P_B = \rho_{eau} \times g \times \left[z_B - z_A + \frac{v_B^{\ 2}}{2g} - \frac{v_A^{\ 2}}{2g} \right]$

A.N : $P_A - P_B = 1000 \times 9,81 \times \left[0,75 + \frac{60^2}{2 \times 9,81} - \frac{15^2}{2 \times 9,81} \right] = 17.10^5\ Pa \approx 17\ bar$

5. En déduire le sens de la dénivellation de mercure dans le tube en U (la figure peut comporter des erreurs) :

Comme la pression est plus grande en A qu'en B, le Mercure montera vers B comme l'indique la figure.

III – Chute d'eau (………/ 4 pts) :

Une chute d'eau de 10 mètres de hauteur a un débit de 40 $L.min^{-1}$. La section de l'écoulement au sommet de la chute est de 4 m² et se rétrécie le long de la chute. On prendra la valeur de l'accélération de la pesanteur g = 10 $m.s^{-2}$. La pression de l'eau dans la chute est la même que la pression de l'air environnant.

1. Quelle est la vitesse de l'eau en bas de la chute, la vitesse en haut étant supposée négligeable ?

On applique le théorème de Bernoulli entre le sommet et le bas de la chute en négligeant la vitesse en haut par rapport à la vitesse en bas.

$$P_h + \rho.g.z_h + \frac{1}{2}.\rho.v_h^{\ 2} = P_b + \rho.g.z_b + \frac{1}{2}.\rho.v_b^{\ 2}$$

En éliminant les termes identiques, pression et vitesse en haut, on obtient finalement :

$$v = \sqrt{2gh} = 14\ m.s^{-1}$$

2. Quelle est la section d'écoulement en bas de la chute ?

Le débit se conserve, donc :

$$S = \frac{D_V}{v_b} = \frac{0,04/60}{14} = 4,8.10^{-5}\ m^2$$

3. On ne néglige plus la vitesse en haut de la chute. Déterminer cette vitesse :

Le débit se conserve, donc :
$$v_h = \frac{D_V}{S} = \frac{0{,}04/60}{4} = 1{,}7.10^{-4}\ \mathrm{m.s^{-1}}$$

4. L'approximation faite lors des question 1 et 2 est-elle justifiée ?

Pour comparer des vitesses, on fait le rapport :
$r = \frac{v_h}{v_b} = \frac{14}{1{,}7.10^{-4}} = 82353$. La vitesse en bas est 82 353 fois plus grande qu'en haut : l'approximation est justifiée.

IV – Viscosité d'un fluide (………/ 4 pts) :

1. Donner la loi de Poiseuille :

$$\Delta P = \frac{8.\eta.L}{\pi.r^4} D_V$$

2. Dans un tube de section circulaire, de diamètre 1 mm et de 10 m de longueur circule un fluide incompressible avec une vitesse moyenne de 4,7 $\mathrm{cm.s^{-1}}$. La perte de charge est de 0,6 bar. Quelle est la viscosité de ce fluide ?

Il faut penser aux unités : 0,6 bar = 6.10^4 Pa et v = 4,7 $\mathrm{cm.s^{-1}}$ = 0,047 $\mathrm{m.s^{-1}}$.
De plus, D_V = $D_V = \pi \times R^2 \times v$, avec R = 5.10^{-4} m.
D'où $\eta = \frac{\Delta P \times \pi.r^4}{8.L.\pi.r^2.v} = \frac{\Delta P \times r^2}{8.L.v} = \frac{6.10^4 \times (5.10^{-4})^2}{8 \times 10 \times 0{,}047} = 4.10^{-3}\ \mathrm{Pa.s}$

3. Calculer le nombre de Reynolds sachant que sa masse volumique vaut 1 kg.dm-3. De quel type d'écoulement s'agit-il ?

$Re = \frac{\rho v d}{\eta} = \frac{1000 \times 0{,}047 \times 0{,}001}{0{,}004} = 11{,}75$ < 2000 : le régime est laminaire.

4. Déterminer la résistance à l'écoulement $R = \frac{\Delta P}{D_V}$, et donner son unité.

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4} = \frac{8 \times 4.10^{-3} \times 10}{\pi \times (5.10^{-4})^4} = 1{,}63.10^{12}\ \mathrm{Kg.m^{-4}.s^{-1}}$$

V – Viscosité d'un fluide (………/ 3 pts) :

Un capillaire rénal a un diamètre de 5 micromètres et mesure 2 mm de long. On rappelle que la viscosité du sang est de 4.10^{-3} Pa.s.

1. Quelle est la résistance à l'écoulement de ce capillaire ?

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4} = \frac{8 \times 4.10^{-3} \times 2.10^{-3}}{\pi \times \left(2{,}5.10^{-6}\right)^4} = 5{,}22.10^{17}\ \mathrm{Kg.m^{-4}.s^{-1}}$$

2. Que vaut la perte de charge du système précédent si le débit est de 4 $mL.h^{-1}$?

$$\Delta P = R \times D = 5{,}22.10^{17} \times \frac{4.10^{-6}}{3600} = 5{,}8.10^{8}\ \mathrm{Pa}$$

3. Quelle puissance $P = \Delta P \times D$ devrait-on fournir pour maintenir un débit constant ?

On calcule la puissance par :

$$P = \Delta P \times D = 5{,}8.10^{8} \times \frac{4.10^{-6}}{3600} = 0{,}64\ \mathrm{W}$$

VI – Tension superficielle de l'eau (………/ 2 pts) :

1. Quelle serait la différence de pression entre l'air et l'eau si cette eau faisait une goutte sphérique de 1 mm de diamètre ? On prendra $\gamma_{eau} = 76.10^{-3}\ N.m^{-1}$.

$$\Delta P = \frac{2\gamma}{R} = \frac{2 * 76.10^{-3}}{0{,}5.10^{-3}} = 304\ \mathrm{Pa}$$

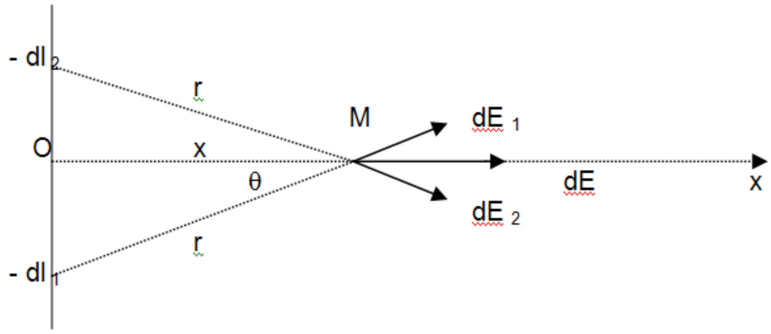
2. Quelle serait cette différence de pression s'il s'agissait d'une bulle d'eau savonneuse de même diamètre ? On prendra $\gamma_{eau} = 76.10^{-3}\ N.m^{-1}$.

$\Delta P = \frac{4\gamma}{R} = \frac{4 * 76.10^{-3}}{0{,}5.10^{-3}} = 608\ \mathrm{Pa}$ car il y a de surfaces (intérieur et extérieur) de même courbure.

VII – Etude d'une droite infinie chargée (………/ 4 pts) :

On étudie une droite infinie chargée par une densité linéique λ constante et on cherche à déterminer le champ créé par cette droite en un point M distant d'une longueur x (sur l'axe Ox) de la droite.

1. Faire un schéma en représentant un élément de longueur du fil de $-dl_1$ à $+dl_2$, le point M, et le champ élémentaire créé.



2. Calculer le champ électrique au point M :

La loi de Coulomb s'applique à des charges ponctuelles. Pour pouvoir l'appliquer, on va prendre un élément de longueur infiniment petit dl portant une charge dq = λ dl.

Cet élément de longueur dl va créer en M un champ élémentaire dE tel que :

$$\overrightarrow{dE} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda.dl}{r^2}\vec{u}.$$

On a donc : $dE_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda.dl_1}{r^2}$ et $dE_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda.dl_2}{r^2}$

Si on considère un élément dl_1 et son symétrique dl_2 (avec $dl = dl_1 = dl_2$), le champ résultant sera porté par l'élément de symétrie, soit l'axe Ox.
La composante de l'élément dl_1 sur l'axe Ox sera $dE_1.\cos\theta$.

Il reste donc à exprimer l'élément de longueur dl et la distance r :

D'après les relations trigonométriques, on a :

- $\cos\theta = \frac{x}{r} \Rightarrow \frac{1}{r^2} = \frac{\cos^2\theta}{x^2}$
- $\tan\theta = \frac{l}{r} \Rightarrow l = x \times \tan\theta \Rightarrow l = x \times \frac{1}{\cos^2\theta} \Rightarrow l = x \times \frac{1}{\cos^2\theta}d\theta$

D'où : $dE = \overrightarrow{dE}.\vec{x} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\cos^2\theta}{x^2}\frac{x}{\cos^2\theta}d\theta \times \vec{u}.\overrightarrow{e_x} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\cos\theta}{x}d\theta$

D'où $E = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} dE = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}$

3. En déduire la valeur du potentiel électrique en ce point :

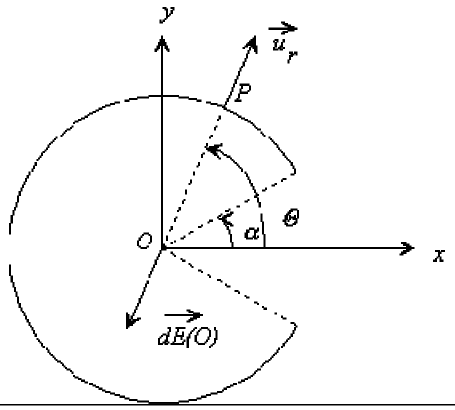
$$E = -\text{grad}V = -\frac{dV}{dx} \Rightarrow V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \times \ln x + \text{cste}$$

La constante est prise égale à 0 car le potentiel est nul à l'infini.

VIII – Champ d'un anneau présentant une ouverture (………/ 4 pts) :

Un anneau de centre *O* et de rayon *a* porte une densité linéique uniforme de charges λ sauf sur un arc d'angle au centre 2α centré sur (Ox).

1. Faire un schéma.



2. En considérant les éléments de symétrie, indiquer par quel axe est porté le champ électrostatique :

Le plan xOy et xOz sont des plans de symétrie de la distribution de charges, le champ électrostatique doit simultanément appartenir à ces deux plans, donc à leur intersection. Le champ au point O est alors porté par la droite Ox.

3. Déterminer le champ électrostatique en O.

Soit le champ électrostatique élémentaire créé par l'élément de longueur dl centré en un point P de la circonférence chargée de l'anneau :

$$\overrightarrow{dE}(O) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda dl}{PO^2}\overrightarrow{u_{PO}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda a d\theta}{a^2}\overrightarrow{u_r} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda d\theta}{a}\overrightarrow{u_r}$$

Compte tenu des symétries de la distribution de charges, seule la composante suivant Ox contribue au champ total en O. D'où :

$$dE_x(O) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{a}d\theta\,\overrightarrow{u_r}.\overrightarrow{u_x} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{a}\cos\theta d\theta$$

Le champ résultant en O a pour composante :

$$E_x(O) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{a}\int_{\alpha}^{2\pi-\alpha}\cos\theta d\theta = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{a}[\sin\theta]_{\alpha}^{2\pi-\alpha} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{a}\sin\alpha$$

IX – Polarité de molécules (………/ 4 pts) :

L'éthanol est miscible à l'eau en toute proportion. La formule semi-développée est CH_3-CH_3-OH.

Electronégativité : **H (2,2)** **C (2,55)** **O (3,44)**

1. La molécule d'éthanol est-elle polaire ou apolaire? Justifier.

La faible différence d'électronégativité entre C(2,55) et H(2,2) fait que les liaisons C-H ne sont pas
polarisées. Les liaisons C-C ne sont pas polarisées (même électronégativité).
La liaison C-O est elle polaire (forte différence d'électronégativité).
Cette molécule présente donc un caractère polaire au niveau de l'oxygène seulement.

2. Dans une solution aqueuse, quel type d'interaction existe-t-il entre les molécules du soluté et celle du solvant ?

Les interactions sont de type électrostatique, appélées aussi liaisons hydrogènes.

3. De quoi dépend a solubilité d'un solide ionique (ex NaCl) dans un solvant ?

Tout dépend de la polarité du solvant :
- Si le solvant est polaire (ex H_2O) la solubilité du solide ionique est bonne.
- Si le solvant est apolaire (pas de polarité de la molécule) (ex octane) la solubilité du solide ionique est nulle.

4. Justifier la solubilité de l'éthanol dans l'eau.

La miscibilité de deux espèces chimiques est directement liée à la polarité ou la non polarité (apolaire) des molécules :
- Deux liquides polaires se mélanges.(ex eau et éthanol)
- Deux liquides apolaires se mélanges. (ex octane et hexane)
- Un liquide polaire (H2O) et un liquide non polaire (octane) sont non miscibles.

X – Etude des chocs (………/ 7 pts) :

1. Quelle est la différence entre un choc élastique et un choc inélastique. Comment se traduit cette différence ?

Choc élastique : conservation de l'énergie mécanique du système.
Choc inélastique : perte d'énergie mécanique par dissipation thermique et déformation.

2. Quelles sont les grandeurs physiques qui se conservent au cours d'un choc élastique ? Exprimer alors ces grandeurs lors d'un choc élastique quelconque.

Au cours d'un choc on a conservation de la quantité de mouvement (relation vectorielle) et de l'énergie cinétique (relation algébrique) :

$$m_1\vec{v_1} + m_2\vec{v_2} = m_1\vec{v_1'} + m_2\vec{v_2'}$$

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$$

On étudie à présent un choc élastique central. Un atome d'hélium (M(He) = 4 g.mol^{-1}) rentre en collision avec un atome d'uranium 235 (M($_{235}$U) = 235 g.mol^{-1}) initialement au repos. L'atome d'hélium se déplace, avant le choc, à la vitesse de 10^{5} m.s^{-1}.

3. Calculer la vitesse de l'atome d'hélium après le choc.

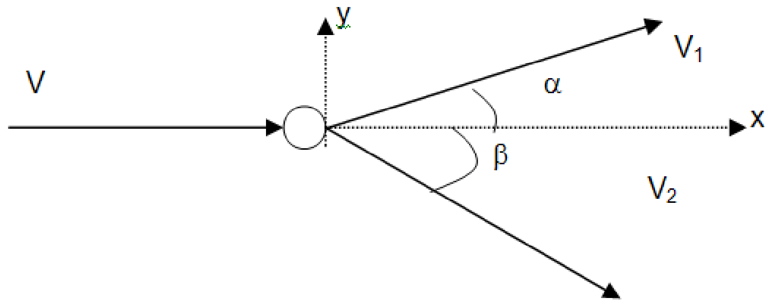
$$v'_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} v_1 = \frac{235 - 4}{235 + 4} \times 10^5 = 9{,}67.10^4 \ \mathrm{m.s^{-1}}$$

4. Calculer la vitesse de l'atome d'uranium après le choc.

$$v'_2 = \frac{2m_1}{m_2 + m_1} v_1 = \frac{2 \times 4}{235 + 4} \times 10^5 = 3{,}35.10^3 \ \mathrm{m.s^{-1}}$$

L'atome d'hélium rentre, à présent, en collision avec un autre atome d'hélium au repos. L'atome incident est diffusé selon un angle α = 20° par rapport à sa direction initiale.

5. Faire un schéma de l'expérience :



6. Ecrire les lois de conservations relatives à ce schéma, puis faire la projection de la relation vectorielle sur 2 axes :

Au cours d'un choc élastique, il y a conservation de l'énergie et conservation de la quantité de mouvement.
Ceci se traduit par les deux équations :

$$m\vec{v} = m\vec{v_1} + m\vec{v_2}$$

$$mv^2 = mv_1^{\,2} + mv_2^{\,2}$$

En fait l'équation 2 donne deux équations en projetant cette équation vectorielle.

(Ox) : $v = v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta$

(Oy) : $v = v_1 \sin\alpha - v_2 \sin\beta$

7. Sous quel angle est diffusé l'atome d'hélium initialement au repos ? Quelle est son énergie cinétique si la vitesse de l'atome incident est de 105 m.s^{-1} ? (Le résultat sera donné en J et en eV).

Ce système n'est vérifié que si $\alpha + \beta = 90$, d'où $\beta = 90 - 20 = 70°$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{10^5 \sin 20}{\sin 70} = 3{,}64.10^4 \ \mathrm{m.s^{-1}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v_2^{\,2} = \frac{1}{2}\frac{M}{N_A} v_2^{\,2} = \frac{1}{2} \times \frac{4.10^{-3}}{6{,}02.10^{23}} \times (3{,}64.10^4)^2 = 4{,}40.10^{-18} \ \mathrm{J} = 27{,}5 \ \mathrm{eV}$$