ANNEE 2007-2008

FACULTE DE PHARMACIE

DATE :

COLLE DE PHYSIQUE N°1 - CORRECTION

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 – Les grandeurs du système international (……………/ 3,5 pts) :

Compléter le tableau ci-dessous :

GRANDEURS	DIMENSION	UNITE	SYMBOLE DE L'UNITE
Longueur	**L**	**mètre**	**m**
Masse	M	**kilogramme**	**kg**
Temps	**T**	seconde	**s**
Intensité du courant électrique	**I**	**ampère**	A
Température absolue	**θ**	**kelvin**	**K**
Quantité de matière	N	**mole**	**mol**
Intensité lumineuse	**J**	candela	**cd**

II – Dimension de grandeurs (……………/ 3,5 pts) :

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

1. Energie : $E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2$ d'où $[E] = M.L^2.T^{-2}$
2. Puissance : $P = \frac{E}{t}$ d'où $[P] = M.L^2.T^{-3}$
3. Force : $F = m \times a$ d'où $[F] = M.L.T^{-2}$
4. Tension superficielle : $\gamma = \frac{F}{l}$ d'où $[\gamma] = M.T^{-2}$
5. Quantité de mouvement : $P = m \times v$ d'où $[P] = M.L.T^{-1}$
6. Moment cinétique : $\|\vec{L}\| = \|\overrightarrow{OM} \wedge \vec{p}\|$ d'où $[L] = M.L^2.T^{-1}$
7. Masse volumique: $\rho = \frac{m}{V}$ d'où $[\rho] = M.L^{-3}$

III – Dimension de la perméabilité du vide (…………../ 3 pts) :

1. Donner la dimension de la perméabilité du vide μ_0, en sachant que la constante apparait dans la relation suivante (L et r sont des distances, I une intensité, F une force ; le raisonnement est demandé) :

$$\boxed{F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{LI^2}{R}}$$

On exprime dans un premier temps la perméabilité du vide en fonction des autres données :

$$\mu_0 = \frac{2\pi \times F \times R}{LI^2}$$

D'après l'exercice 2, on sait que $[F] = M.L.T^{-2}$.

D'où $[\mu_0] = M.L.T^{-2} \times M / (M \times A^2) = M.L.T^{-2}.I^{-2}$

2. Sachant que μ_0 s'exprime généralement avec l'unité $H.m^{-1}$ (Henry par mètre), donner la dimension du Henry dans le système international :

$[H] = [\mu_0] \times L = M.L^2.T^{-2}.I^{-2}$

IV – Equation aux dimensions du nombre de Reynolds (………../ 4 pts) :

1. Pour caractériser un fluide visqueux, on peut former un nombre **sans dimension** appelé Nombre de Reynolds. Le nombre de Reynolds s'exprime par la relation $\Re = \rho^{\alpha}L^{\beta}v^{\delta}\eta^{\gamma}$. Déterminer les valeurs numériques de α, δ et γ, sachant que $\beta = 1$ et que ρ est la masse volumique du fluide, L est une distance caractéristique, v la vitesse du fluide et η la viscosité dynamique (qui s'exprime en $Kg.m^{-1}.s^{-1}$) :

$[\rho^{\alpha}] = M^{\alpha}.L^{-3\alpha}$
$[L^{\beta}] = L^{\beta} = L^{1}$
$[v^{\delta}] = L^{\delta}.T^{-\delta}$
$[\eta^{\gamma}] = M^{\gamma}.L^{-\gamma}.T^{-\gamma}$

Comme le Nombre de Reynolds est un nombre sans dimension, on a le système d'équation suivant :

$$\begin{cases} \alpha + \gamma = 0 \\ -3\alpha + 1 + \delta - \gamma = 0 \\ -\delta - \gamma = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha = 1 \\ \delta = 1 \\ \gamma = -1 \end{cases}$$

D'où $\Re = \dfrac{\rho L v}{\eta}$

2. Déterminer la relation entre viscosité dynamique η et viscosité cinématique ν (symbole grec se prononçant nu) qui s'exprime en $m^2.s^{-1}$

$$\frac{[\eta]}{[\nu]} = \frac{M.L^{-1}.T^{-1}}{L^2.T^{-1}} = M.L^{-3} = [\rho]$$

On obtient donc : $\eta = \rho \times \nu$.

3. Donner alors une expression du nombre de Reynolds faisant intervenir la viscosité cinématique et non plus la viscosité dynamique :

$$\Re = \frac{\rho L v}{\eta} = \frac{\rho L v}{\rho \times \nu} = \frac{L v}{\nu}$$

V – Travail d'un gaz lors d'une transformation adiabatique (……/ 3 pts) :

1. Que signifie le terme « adiabatique » pour une transformation ?

Lors de la transformation, il n'y a pas d'échange de chaleur avec le milieu extérieur.

2. Donner l'expression du travail des forces de pression dans le cas d'une transformation réversible et adiabatique d'un gaz parfait entre un état A et un état B. Une démonstration est demandée (On rappelle que pour une transformation adiabatique, $P_0 V_0{}^{\gamma} = PV^{\gamma}$).

Le travail des forces de pression s'écrit : $\delta W = -P_{ext} dV$.

La transformation est réversible, il y a donc équilibre entre les forces extérieures et les forces intérieures : $\delta W = -PdV$.

Pour notre gaz, $P = \dfrac{P_0 V_0{}^{\gamma}}{V^{\gamma}}$.

On a donc : $\delta W = -P_0 V_0{}^{\gamma} \dfrac{dV}{V^{\gamma}}$.

On intègre selon la variable V entre l'état A et l'état B :

$$W = -P_0 V_0{}^{\gamma} \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right]_A^B = -P_0 V_0{}^{\gamma} \left(\frac{V_B{}^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} - \frac{V_A{}^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right)$$

VI – Diagramme d'interaction (……/ 4 pts) :

Donner le diagramme de la loi d'interaction gravitationnelle :

$$\begin{tikzcd}[column sep=huge, row sep=huge]
\vec{F} = G \times \dfrac{m \times m'}{R^3}\vec{R} \arrow[r, leftrightarrow, "\vec{F} = -\overrightarrow{grad}(E_P)"] \arrow[d, leftrightarrow, "\vec{F} = m' \times \vec{g}"'] & E_P = -G \times \dfrac{m \times m'}{R} \arrow[d, leftrightarrow, "E_P = m' \times V"] \\
\vec{g} = G \times \dfrac{m}{R^3}\vec{R} \arrow[r, leftrightarrow, "\vec{g} = -\overrightarrow{grad}(V)"'] & V = -G \times \dfrac{m}{R}
\end{tikzcd}$$

VII – Saut en hauteur (……/ 5 pts) :

Le record mondial de saut en hauteur est 2,45 m. Il est détenu par le cubain Javier Sotomayor. L'athlète a une masse de 85 kg et sera modélisé uniquement par son centre de gravité situé 1 m au dessus du sol.

1. Au cours du saut son centre de gravité passe 10 cm au dessus de la barre. Calculer la variation de l'énergie potentielle. On suppose g = 9,8 Kg.N^{-1}.

L'origine de l'axe des ordonnées se trouve à 1m au dessus du sol. L'athlète arrive à une hauteur de 2,55 m.
On a donc $\Delta h = 1{,}55\ m$.

La variation de l'énergie potentielle de pesanteur est donc : $\Delta E_P = m \times g \times h = 85 \times 9{,}8 \times 1{,}55 = 1291{,}15\ J$.

2. Après sa course d'élan l'athlète possède une vitesse de 5,55 m.s^{-1} au pied de la barre. Quelle hauteur peut-il franchir si on admet que toute l'énergie cinétique initiale est convertie en énergie potentielle de pesanteur ?

$E_P = E_C \Leftrightarrow \frac{1}{2} m \times v^2 = m \times g \times h$.

D'où $h = \dfrac{v^2}{2g} = \dfrac{5{,}55^2}{19{,}6} = 1{,}57\ m$

L'athlète peut donc franchir une hauteur de 2,57 m au dessus du sol.

3. En réalité la composante horizontale de la vitesse au point le plus haut du saut est 0,63 m.s^{-1}. Calculer l'énergie mécanique avant le saut (au pied de la barre) et au point le plus haut en prenant comme origine des axes le centre de gravité du sauteur. Conclure.

Energie mécanique au pied de la barre : $E_m = E_P + E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2 = 0{,}5 \times 85 \times 5{,}55^2 = 1309{,}1\ J$.

Energie mécanique au point le plus haut :

$E_m = E_P + E_C = m \times g \times h + \frac{1}{2} \times m \times v^2 = 85 \times 9{,}8 \times 1{,}55 + 0{,}5 \times 85 \times 0{,}63^2 = 1308{,}1\ J$.

On peut donc dire qu'il y a conservation de l'énergie mécanique lors du saut (variation de moins de 0,1 %). On peut négliger les frottements.

4. Le tapis de réception se trouve à 50 cm au dessus du sol. Déterminer la vitesse de l'athlète lorsqu'il se réceptionne.

La référence de l'axe verticale se trouvant à 1 m au dessus du sol, la hauteur à laquelle arrive l'athlète est z = -0,5.

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (E_m - E_P)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times (1308{,}1 - 85 \times 9{,}8 \times (-0{,}5))}{85}} = 6{,}37\ m.s^{-1}$$

5. Convertir cette vitesse en $km.h^{-1}$.

Dans une heure, il y a 3600 secondes et dans un km, il y a 1000 mètres. Il existe donc un facteur 3,6 pour passer d'une unité à l'autre.
$v = 6{,}37\ m.s^{-1} \times 3{,}6 = 22{,}93\ km.h^{-1}$.

VIII – Equivalence masse-énergie (……/ 2 pts) :

1. Trouver le facteur de conversion entre le MeV et le kg :

$E(J) = m(Kg) \times c^2 = 9.10^{16}$ J pour une masse de 1Kg.

Or, $1\ eV = 1{,}6.10^{-19}\ J \Rightarrow 1J = 6{,}25.10^{18}\ eV = 6{,}25.10^{12}\ MeV$.

D'où : une masse de 1 Kg équivaut à une énergie de $\frac{9.10^{16}}{6{,}25.10^{12}} = 14400\ MeV$

2. En déduire l'énergie de masse de votre téléphone portable (environ 80 g) :

Une masse de 0,080 Kg équivaut à une énergie de $9600 \times 0{,}08 = 1152\ MeV$

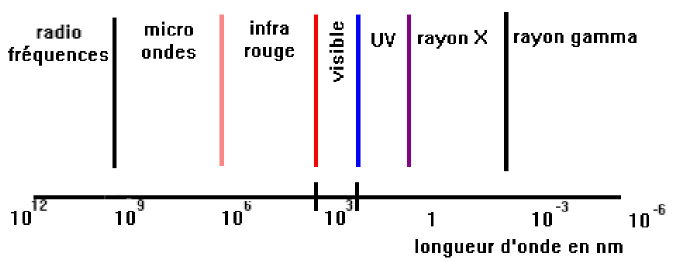
IX – Les photons des téléphones portables (……/ 2 pts) :

1. Trouver l'énergie des photons en eV émis par votre portable, ayant une fréquence ν = 900 MHz :

$$E(eV) = \frac{h \times \nu}{1{,}6.10^{-19}} = \frac{6{,}62.10^{-34} \times 900.10^{6}}{1{,}6.10^{-19}} = 3{,}72.10^{-6}\ eV$$

2. Que vaut la longueur d'onde de ces photons ? Quel est le domaine de longueurs d'onde ?

$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3.10^8}{900.10^6} = 0{,}33\ m = 3{,}3.10^8\ nm$: il s'agit du domaine des micro-ondes (de 1 cm à 1 m).

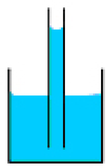


X – Capillarité et loi de Jurin (……/ 4 pts) :

On plonge dans un liquide de tension superficielle γ l'extrémité d'un tube verticale de petit rayon R. le liquide mouille parfaitement le tube.

1. Exprimer la hauteur h à laquelle s'élève par rapport à la surface libre le ménisque de séparation.

D'après la loi de Jurin (le poids du liquide au dessus du niveau normal est équilibré par les forces de tension, superficielle), on a :



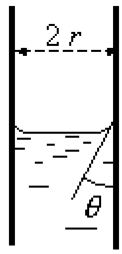
$$\Delta P = \frac{2\gamma}{R} = \rho g h \Rightarrow h = \frac{2\gamma}{\rho g R}$$

2. Faire l'application numérique dans le cas de l'eau $\gamma_{eau} = 75.10^{-3}\ N.m^{-1}$ et $\rho_{eau} = 10^3\ kg.m^{-3}$, avec g=9,81 $N.kg^{-1}$ et R = 10^{-4} m.

$$h = \frac{2 \times 75.10^{-3}}{1000 \times 9{,}81 \times 10^{-4}} = 15\ cm$$

3. Que devient ce résultat si on prend un liquide aillant une mouillabilité imparfaite ($\alpha = \frac{\pi}{3}$) ? Pour l'application numérique, on conservera les valeurs numériques de l'eau.

La loi de Jurin dépend de la mouillabilité du liquide selon :

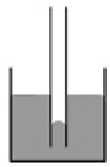


$$\Delta P = \frac{2\gamma\cos\alpha}{R} = \rho g h \Rightarrow h = \frac{2\gamma\cos\alpha}{\rho g R}$$

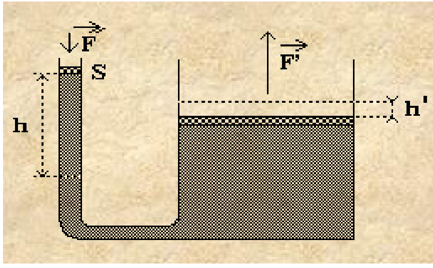
Comme $\cos\alpha = \frac{1}{2}$, la hauteur est divisée par 2. On obtient h = 7,5 cm.

4. Avec un tube en verre, la mouillabilité du mercure est de 140°. Que devient h ? $\rho_{mercure} = 13600\ kg.m^{-3}$ et $\gamma_{mercure} = 480.10^{-3}\ N.m^{-1}$.

Attention, il ne faut pas oublier de mettre sa calculatrice en mode « degré » :
$\cos\alpha = -0{,}766$, la hauteur devient négative : h = - 5,4 cm.



XI – Application du théorème de Pascal (……/ 2 pts) :



Le principe de fonctionnement d'une presse hydraulique repose sur le théorème de Pascal :

« Toute variation de pression en un point d'un liquide entraîne la même variation en tous ses points. «

1. Deux vases communicants cylindriques A et B ont respectivement 90 cm^2 et 10 cm^2 de section. Ils contiennent de l'eau et sont fermés par deux pistons en contact avec l'eau. On exerce sur le plus petit piston une force de 200 N.
   Calculer la force que reçoit l'autre piston.

La force apporte une surpression P qui se transmet dans tout le liquide :

$$P_B = \frac{F_B}{S_B} = P_A = \frac{F_A}{S_A} \Rightarrow F_A = \frac{F_B S_A}{S_B} = \frac{200 \times 90}{10} = 1800\ \text{N}$$

2. Sachant que le travail se conserve, déterminer la hauteur h' de montée du piston A sachant qu'on a enfoncé le piston B de 90 cm.

Le travail se conserve :

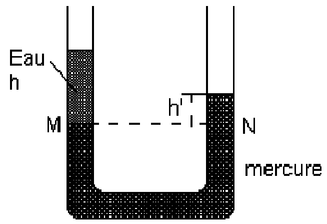
$$F_B \times h = F_A \times h' \Rightarrow h' = \frac{F_B \times h}{F_A} = \frac{200 \times 90}{1800} = 10\ \text{cm}$$

XII – Equilibre de liquides non miscibles (……/ 4 pts) :

Un tube en U de section uniforme S = 2 cm^2 contient du mercure de masse volumique $\rho_{mercure} = 13{,}6\ g.cm^{-3}$.

1. Dans la branche A, on verse 20 cm^3 d'eau de $\rho_{eau} = 1{,}0\ g.cm^{-3}$. Calculer la différence des niveaux des surfaces libres dans les deux branches A et B.

Les points M et N sont à la même pression car ils sont dans le même liquide (le mercure) et ils sont à la même hauteur.



$$P_M = P_0 + P_{eau} = P_0 + \rho_{eau} gh = P_N = P_0 + P_{Hg} = P_0 + \rho_{Hg} gh'$$

D'où : $\rho_{eau} gh = \rho_{Hg} gh' \Rightarrow h' = \dfrac{\rho_{eau} h}{\rho_{Hg}} = \dfrac{1 \times 10}{13{,}6} = 0{,}74\ cm$

On a donc : $\Delta h = h - h' = \dfrac{V}{S} - h' = \dfrac{20}{2} - 0{,}74 = 9{,}26\ cm$

2. On veut ramener les niveaux du mercure dans les deux branches dans un même plan horizontal en versant de l'alcool dans la branche B de masse volumique $\rho_{alcool} = 0{,}8\ g.cm^{-3}$. Calculer le volume d'alcool nécessaire pour obtenir ce résultat.

Les points M et N seront au même niveau : au dessus de M, il y aura une hauteur h d'eau et au dessus de N, une hauteur h'' d'alcool. On aura :

$$\rho_{eau} gh = \rho_{Alcool} gh'' \Rightarrow h'' = \frac{\rho_{eau} h}{\rho_{Alcool}} = \frac{1 \times 10}{0{,}8} = 12{,}5\ cm$$

On a donc : $\Delta h = h - h' = \dfrac{V}{S} - h' = \dfrac{20}{2} - 0{,}74 = 9{,}26\ cm \Rightarrow S = 2\ cm^2$

Le volume versé sera donc :

$V = h'' \times S = 12{,}5 \times 2 = 25\ cm^3$