OBJECTIF CONCOURS SANTE

ANNEE 2007-2008

FACULTE DE PHARMACIE

DATE : MARDI 22 JANVIER 2008

CORRECTION DU SEMINAIRE DE PHYSIQUE N°1

PROGRAMME :

- ✓ METROLOGIE (Grandeurs du système international, dimension).
- ✓ MECANIQUE NEWTONIENNE (Travail, diagramme d'interaction, énergie^, quantité de mouvement).
- ✓ MECANIQUE RELATIVISTE (Photons, masse, énergie).
- ✓ STATIQUE DES FLUIDES : (Poussée d'Archimède, Capillarité, loi de Jurin, Théorème de Pascal).

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	$\mathcal{R} = 10973732 \ m^{-1}$	$\mathcal{R} = 1{,}097.10^{7} \ m^{-1}$
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	$\mu_0 = 1{,}3.10^{-6} \ H.m^{-1}$	$\mu_0 = 1{,}3.10^{\ 6} \ H.m^{-1}$

METROLOGIE

1) Trouver la dimension de la constante de Boltzman K :

L'énergie d'agitation thermique pour une température est E = k x T. D'où [k] = [E] / [T]

Réponse : $[k] = ML^2T^{-2}\theta^{-1}$

2) Analyse dimensionnelle de la période d'un pendule simple sans frottement avec de petites oscillations :

On suppose que la période T d'un pendule est fonction des paramètres l (longueur de la corde), m (masse du pendule) et g (intensité de la pesanteur).

On pose $T = l^{\alpha}m^{\beta}g^{\delta}$. On a donc $[l] = M^{\alpha}$, $[m^{\beta}] = L^{\beta}$, $[g^{\delta}] = L^{\delta}.T^{-2\delta}$ et $[T] = T$.

On a le système d'équation suivant : $\begin{cases} \alpha = 0 \\ \beta + \delta = 0 \\ -2\delta = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha = 0 \\ \beta = 0{,}5 \\ \delta = -0{,}5 \end{cases}$

Réponse : $T = \sqrt{\frac{l}{g}}$

MECANIQUE CLASSIQUE NEWTONIENNE

1) Potentiel de Morse :

L'énergie potentielle d'interaction entre les atomes d'une molécule diatomique est donnée par l'expression du potentiel de Morse : $E(r) = A(1-\exp[-a\{r-r_0\}])^2$, où r est la distance variable entre les atomes ; a, r_0 et A sont des paramètres positifs.

1. Quelle est l'expression de la force d'interaction moléculaire ?

La force d'interaction moléculaire est conservative et dérive du potentiel E(r).

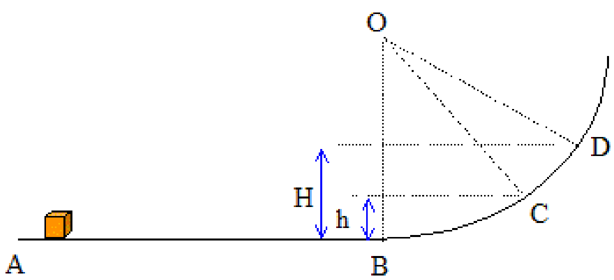
Réponse : $F(r) = \frac{-dE}{dr} = -2Aa\exp[-a\{r-r_0\}](1-\exp[-a\{r-r_0\}])$

2. Déterminer r pour qu'il y ait équilibre. Que représente r_0 ?

Il y a un équilibre lorsque cette force est nulle, c'est à dire lorsque $r = r_0$.
r_0 représente la distance moyenne entre les deux atomes constituants la molécule.
Réponse : r_0.

2) Théorème de l'énergie cinétique :

Un solide (S) de masse m = 5 kg est mobile sur des rails ABC situés dans un plan vertical. AB= 4,0 m ; BD est un arc de cercle de rayon R = 10 m. (S) est initialement immobile en A. On exerce entre A et B, sur (S), une force F parallèle à AB et de valeur constante. Le solide monte jusqu'en D puis revient en arrière. H= 3 m ; g = 9,8 m s^{-2}. Les frottements sont négligeables.



1. Exprimer, puis calculer la vitesse de (S) en B.

Entre B et D, la réaction du support, perpendiculaire à la vitesse, ne travaille pas. Le travail du poids est : $W_P = mgH$.

D'après le théorème de l'énergie cinétique, $\Delta E_C = Ec_D - Ec_B = -\frac{1}{2}m{v_B}^2 = W_P = -mgH$ (car Oz est vers le haut).

D'où $v_B = \sqrt{2gH}$

Réponse : $v_B = 7{,}7\ m.s^{-1}$

2. Exprimer, puis calculer la valeur de F.

Entre A et B, les forces R et P ne travaillent pas. Le travail de la force F vaut $W_F = F.AB$

D'après le théorème de l'énergie cinétique, $\Delta E_C = Ec_B - Ec_A = \frac{1}{2}m{v_B}^2 = W_F = F.AB$

D'où $F = \frac{mv^2}{2AB}$

Réponse : $F = 36{,}7\ N$

3. Exprimer puis calculer la vitesse de (S) en C. (h = 1,5 m). Montrer que la vitesse en C est la même à l'aller et au retour.

De B à C, R ne travaille pas. Le travail du poids est $W_P = mgh$.

D'après le théorème de l'énergie cinétique, $\Delta E_C = Ec_c - Ec_B = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -mgh$

D'où $v_C^2 = v_B^2 - 2gh$.

__Réponse :__ $v_C = 5{,}4 \ m.s^{-1}$

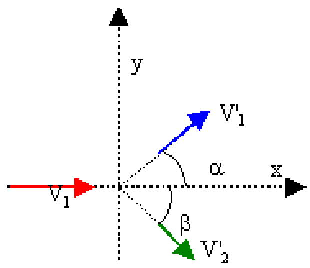
L'expression de cette vitesse ne dépend que de la vitesse en B et de l'altitude h, peu importe le sens du parcours.

3) Choc élastique entre deux particules :

Un proton se déplaçant à la vitesse v_1=5 km/s subit une collision élastique avec un noyau d'hélium (2 protons) initialement au repos. L'angle entre l'axe horizontal (Ox) et la direction du premier proton après le choc est θ_1=12° et la vitesse du proton 1 après le choc est v_1'= 4 km/s.

1. Donner les grandeurs qui se conservent au cours d'un choc élastique. Faire un schéma de la situation et donner les deux équations concernant les grandeurs qui se conservent.

Lors d'un choc élastique, la quantité de mouvement totale p se conserve, ainsi que l'énergie cinétique.



__Réponse :__ $\begin{cases} \vec{P_1} = \vec{P_1}' + \vec{P_2}' \\ \frac{P_1^2}{2m_1} = \frac{P_1'^2}{2m_1} + \frac{P_2'^2}{2m_2} \end{cases}$

2. Déterminer v_2', la vitesse du second proton après le choc et θ_2 l'angle entre la direction du second proton et l'axe (Ox).

Avec la deuxième équation, on trouve $v_2' = \frac{\sqrt{v_1^2 - v_1'^2}}{2} = 1{,}5 \ km.s^{-1}$.

En projetant la première relation sur les deux axes, on obtient :

$$\begin{cases} m_1v_1 = m_1v_1'\cos\theta_1 + m_2v_2'\cos\theta_2 \\ 0 = m_1v_1'\sin\theta_1 + m_2v_2'\sin\theta_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m_1v_1'\cos\theta_1 = m_1v_1 - m_2v_2'\cos\theta_2 \\ m_1v_1'\sin\theta_1 = -m_2v_2'\sin\theta_2 \end{cases}$$

En élevant les 2 équations au carré et en les ajoutant, on obtient :

$(m_1v_1')^2 = (m_1v_2')^2 + (m_1v_1)^2 - 2m_1m_2v_1v_2'^2\cos\theta_2$

D'où $\cos\theta_2 = \frac{-(m_1v_1')^2 + (m_1v_2')^2 + (m_1v_1)^2}{2m_1m_2v_1v_2'^2} \Rightarrow \theta_2 = 16°$

__Réponse :__ $v_2' = 0{,}5 \ km.s^{-1}$ et $\theta_2 = 16°$.

MECANIQUE RELATIVISTE

1) Electron relativiste :

Un électron à une vitesse égale à 0,6c, avec c la célérité de la lumière dans le vide.
On donne $m_{électron}$ = $9{,}1.10^{-31}$ kg

1. Calculer son énergie cinétique en joules et en MeV.

Nous sommes en mécanique quantique car la vitesse est supérieur à 0,1 c.

On détermine dans un premier temps le facteur de Lorentz : $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} = 1{,}25$.

Puis, on calcule l'énergie cinétique : $E_C = (\gamma - 1).m.c^2 = (1{,}25 - 1) \times 9{,}1.10^{-31} \times (3.10^8)^2 = 2{,}1.10^{-14}\ \mathrm{J}$

Pour coinvertir en MeV, on sait que 1 MeV = $1{,}6.10^{-13}$ J, d'où $E_C = 2{,}1.10^{-14}\ \mathrm{J} = 0{,}128\ \mathrm{MeV}$.

Réponse : $E_C = 2{,}1.10^{-14}\ \mathrm{J} = 0{,}128\ \mathrm{MeV}$

2. Un autre électron a une énergie totale égale à trois fois son énergie au repos. Calculer sa vitesse.

$E = 3E_0 \Leftrightarrow \gamma.m.c^2 = 3m.c^2 \Leftrightarrow \gamma = 3 \Leftrightarrow v = 2{,}8.10^8\ \mathrm{m.s^{-1}}$

Réponse : $v = 2{,}8.10^8\ \mathrm{m.s^{-1}}$

2) Accélérateur de Van de Graff :

Un accélérateur de particules, du type Van de Graff, accélère des protons et des positons (anti-électrons : particule de charge opposée mais de masse identique) sous 8 MV. On ne sait pas si les particules sont relativistes ou pas.
On donne $m_{électron}$ = $9{,}1.10^{-31}$ kg et m_{proton} = $1{,}67.10^{-27}$ kg

1. Déterminer la vitesse des protons et des positions en mécanique classique. Qu'observe-ton ?

L'énergie cinétique accumulée par les particules est : $E_C = q \times \Delta V = 8\ \mathrm{MeV} = 8 \times 1{,}6.10^{-13} = 1{,}3.10^{-12}\ \mathrm{J}$.

On a donc : $v_{proton} = \sqrt{\dfrac{2E_C}{m_{proton}}} = \sqrt{\dfrac{2 \times 1{,}3.10^{-12}}{1{,}67.10^{-27}}} = 3{,}9.10^7\ \mathrm{m.s^{-1}} > 0{,}1 \times c$

Et : $v_{positon} = \sqrt{\dfrac{2E_C}{m_{positon}}} = \sqrt{\dfrac{2 \times 1{,}3.10^{-12}}{9{,}1.10^{-31}}} = 1{,}7.10^9\ \mathrm{m.s^{-1}} > c$!

Réponse : $v_{proton} = 3{,}9.10^7\ \mathrm{m.s^{-1}} > 0{,}1 \times c$ et $v_{positon} = 1{,}7.10^9\ \mathrm{m.s^{-1}} > c$!

2. Donner une solution pour résoudre ce problème.

Dans le premier cas, le proton est relativiste, on doit utiliser les formules de mécanique relativiste.
Dans le deuxième cas, le positon a une vitesse supérieure à c, ce qui est impossible.

On utilise donc la formule $E_C = (\gamma - 1).m.c^2$.

Pour le proton, $\gamma = \frac{E_C}{m.c^2} + 1 = 1{,}0085 \Rightarrow v_{proton} = 3{,}9.10^7\ m.s^{-1}$

Pour le positon, $\gamma = \frac{E_C}{m.c^2} + 1 = 16{,}63 \Rightarrow v_{positon} = 2{,}99.10^8\ m.s^{-1} < c$

Les deux valeurs ne dépassent pas la vitesse de la lumière.

__Réponse :__ $v_{proton} = 3{,}9.10^7\ m.s^{-1}$ et $v_{positon} = 2{,}99.10^8\ m.s^{-1} < c$

STATIQUE DES FLUIDES

1) Tube capillaire :

Un tube capillaire cylindrique vertical, de diamètre interne d, plonge dans un liquide de tension superficielle γ et de masse volumique ρ. On mesure, à l'équilibre, une hauteur h d'ascension du liquide dans le tube capillaire, la mouillabilité est parfaite.

On donne : d = 0,20 mm ; h = 8,62 cm, ρ = 998 kg.m^{-3} ; g = 9,81 m.s^{-2}

1. Quel est le rayon de courbure de l'interface air-liquide à l'intérieur du capillaire ? Cette interface peut être assimilée à une portion de surface sphérique.

La surface est supposée sphérique, on a alors : $R = \frac{d}{2} = 0{,}10 \text{ mm}$.

Réponse : $R = 0{,}10 \text{ mm}$

2. Quelle est la valeur de la tension superficielle du liquide ?

La surface est supposée circulaire, $\cos\theta = 1$.

D'après la loi de Jurin, $h = \frac{2\gamma\cos\theta}{\rho g r} \Rightarrow \gamma = \frac{h\rho g r}{2} = \frac{8{,}62.10^{-2} \times 998 \times 9{,}81 \times 0{,}1.10^{-3}}{2} = 4{,}22.10^{-2} \text{ N.m}^{-1}$

Réponse : $\gamma = 4{,}22.10^{-2} \text{ N.m}^{-1}$

3. Quelle est la différence de pression (en unité SI) de part et d'autre de l'interface air-liquide à l'intérieur du tube ?

D'après la loi de Laplace, $\Delta P = \gamma\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{2\gamma}{R} = \frac{2 \times 4{,}22.10^{-2}}{0{,}1.10^{-3}} = 844 \text{ Pa}$

Réponse : $\Delta P = 844 \text{ Pa}$

2) Pression du sang :

On considère le sang en équilibre statique, calculer la pression du sang en mm Hg au niveau des pieds situés 1,2 m en dessous du cœur sachant que la pression cardiaque est égale à 100 mm Hg puis la pression au niveau du cerveau situé à 0,6 m au-dessus du cœur.
ρ (sang) = 1050 kg/m3 et g = 9,8 m/s²

$$P_{pieds} = P_{coeur} + \rho g h = 100 + 1050 \times 9{,}8 \times 1{,}2 \times \frac{760}{10^5} = 193{,}84 \text{ mm Hg}$$

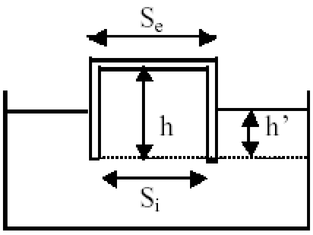
$$P_{cerveau} = P_{coeur} - \rho g h = 100 + 1050 \times 9{,}8 \times 0{,}65 \times \frac{760}{10^5} = 49{,}17 \text{ mm Hg}$$

Réponse : $P_{pieds} = 193{,}84 \text{ mm Hg}$ **et** $P_{cerveau} = 49{,}17 \text{ mm Hg}$

3) Verre sur l'eau :

Soit un verre de forme cylindrique, de masse à vide m, de hauteur intérieure h , de section intérieure Si et de section extérieure Se . On remplit complètement ce verre avec de l'eau, puis on ferme la surface libre avec la main et on retourne ce verre sur une cuve à eau, en l'enfonçant suivant une hauteur h'.

Quelle est la force appliquée par l'opérateur sur le verre pour le maintenir en équilibre ?



Référentiel : terrestre.
Système : le verre.
Bilan des forces : le poids P, la Poussée d'Archimède Pa, la force exercée par l'opérateur F et la force de pression exercée par l'eau sur le fond du verre Fc.

D'après le principe d'inertie, après projection, $P_A + F_C - P - F = 0$

D'où :
$$F = P_A + F_C - P = \rho_{eau} g h' S_e + [P_{ext} - P_{int}] - mg = \rho_{eau} g h' S_e + [P_0 S_i - (P_0 + \rho g h) S_i] - mg = [\rho_{eau}(S_e h' - S_i h) - m] g$$

__Réponse :__ $F = [\rho_{eau}(S_e h' - S_i h) - m] g$