

FACULTE DE PHARMACIE

DATE : MARDI 04 MARS 2008

**CORRECTION DU SEMINAIRE DE
PHYSIQUE N°2**

PROGRAMME :

- ✓ DYNAMIQUE DES FLUIDES.
- ✓ ELECTROSTATIQUE.

Constantes universelles de physique

Constante	Valeur exacte	Approximation
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$	$c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Constante de Plank	$h = 6,626176.10^{-34} \text{ Js}$	$h = 6,6.10^{-34} \text{ Js}$
Charge élémentaire	$e = 1,6021892.10^{-19} \text{ C}$	$e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$
Masse au repos de l'électron	$m_e = 9,109534.10^{-31} \text{ Kg}$	$m_e = 9,11.10^{-31} \text{ Kg}$
Masse au repos du neutron	$m_n = 1,675.10^{-27} \text{ Kg}$	$m_n = 1,68.10^{-27} \text{ Kg}$
Masse au repos du proton	$m_p = 1,6726485.10^{-27} \text{ Kg}$	$m_p = 1,67.10^{-27} \text{ Kg}$
Nombre d'Avogadro	$N_A = 6,022045.10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$N_A = 6,023.10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Le Rydberg	$R = 10973732 \text{ m}^{-1}$	$R = 1,097.10^7 \text{ m}^{-1}$
Constante des gaz parfaits	$R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$	$R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$
Constante de Boltzmann	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1,3805941.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1,38.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = 8,85419.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$	$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7} c^2} = 9.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$
Perméabilité du vide	$\mu_0 = 1,3.10^{-6} \text{ H.m}^{-1}$	$\mu_0 = 1,3.10^{-6} \text{ H.m}^{-1}$

DYNAMIQUE DES FLUIDES

1) Artère :

Une artère horizontale de 3 mm de rayon est partiellement obstruée par une plaque d'athérome.

Dans la région rétrécie, le rayon effectif est de 2 mm et la vitesse moyenne du sang est de $50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. On considérera le sang comme un fluide parfait de masse volumique égale à celle de l'eau.

1. Quelle est la vitesse du sang dans la partie normale ?

Le débit sanguin se conserve, on a donc :

$$D_1 = v_1 \times S_1 = v_1 \times \pi r_1^2 = D_2 = v_2 \times S_2 = v_2 \times \pi r_2^2 \Rightarrow v_1 = v_2 \times \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Réponse : $v_1 = 22,2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$

2. Quelle est la variation de pression entre les deux parties ?

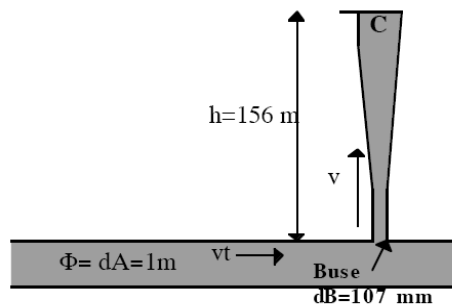
D'après le théorème de Bernoulli,

$$P_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 \Rightarrow \Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2$$

Réponse : $\Delta P = 100,3 \text{ Pa}$

2) Jet d'eau de Genève :

Le jet d'eau de diamètre initial 107 mm s'élève verticalement à une hauteur de 156 m.



En négligeant les pertes par frottement et à partir d'une hypothèse quant à la vitesse en A (amont du tube) et en supposant que $P_B = P_C = 1 \text{ atm}$, calculer :

1. La vitesse en B à la base du jet.

D'après la relation de Bernoulli,

$$P_B + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_B^2 = P_C + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_C^2 + \rho gh$$

Or, comme $v_C = 0 \text{ m/s}$, on a : $v_B = \sqrt{2gh}$

Réponse : $v_B = 55,32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

2. La vitesse en A dans le tuyau d'amenée de diamètre 1 m.

Le débit entre A et B est constant, donc $v_A = \frac{S_B}{S_A} v_B$.

Réponse : $v_A = 0,63 \text{ m.s}^{-1}$

3. La pression en A.

D'après la relation de Bernoulli,

$$P_A + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 = P_C + \rho g h$$

$$\text{D'où } P_A = P_C + \rho g h - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2$$

Réponse : $P_A = 16,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

4. Le débit.

On peut faire le calcul en B par exemple :

$$D = v_B \times S_B$$

Réponse : $D = 0,500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 500 \text{ L.s}^{-1}$

5. L'énergie nécessaire pour alimenter le jet d'eau.

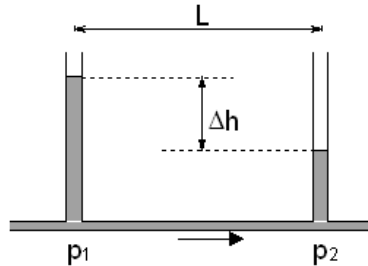
La pompe doit communiquer une énergie cinétique chaque seconde à 500 Kg d'eau.

$$\text{D'où } E_C = \frac{1}{2} m v_B^2$$

Réponse : $E = 7,6 \cdot 10^5 \text{ J}$

3) Viscosité de l'huile :

Pour mesurer la viscosité d'une huile, on utilise le dispositif schématisé ci-dessous. On fait couler l'huile dans un tube horizontal de 7,0 mm de diamètre et comportant deux tubes manométriques verticaux situés à $L = 600$ mm de l'un de l'autre. On règle le débit volumique de cet écoulement à $4,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La dénivellation de l'huile entre ces deux tubes est alors $\Delta h = 267$ mm. La masse volumique de l'huile est de 910 kg/m^3 . On suppose que l'écoulement est de type laminaire.



1. Calculer la viscosité dynamique de l'huile.

On utilise la loi de Poiseuille : $\eta = \frac{\Delta P \times \pi r^4}{8.L \times D_V} = \frac{910 \times 9.81 \times 0.267 \times \pi \times 0,0035^4}{8 \times 0,600 \times 4,0 \cdot 10^{-6}}$ avec $\Delta P = \rho g h$.

Réponse : $\eta = 5,85 \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

2. Calculer le nombre de Reynolds de cet écoulement ; justifier l'hypothèse initiale

$$R = \frac{\rho v d}{\eta} = \frac{\rho \frac{D_V}{\pi r^2} d}{\eta} = \frac{910 \times \frac{4,0 \cdot 10^{-6}}{\pi \times 0,0035^2} \times 0,007}{5,85 \cdot 10^{-2}}$$

Réponse : $R = 113$

4) Perte de charge du sang :

On considère que, pour un débit moyen de $105 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$, l'écoulement sanguin dans une aorte de 13 mm de diamètre reste laminaire.

1. Quelle est dans ces conditions, en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, la vitesse moyenne du sang dans l'aorte ?

$$v = \frac{D_V}{S} = \frac{D_V}{\pi r^2} = \frac{0,105 \times 10^{-3}}{\pi \times 0,0065^2}$$

Réponse : $v = 0,79 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2. La viscosité du sang étant de $2,084 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, quelle est la perte de charge sur une longueur de 10 cm d'aorte ?

$$\Delta P = \frac{8 \cdot \eta \cdot L}{\pi r^4} D_V = \frac{8 \times 2,084 \cdot 10^{-3} \times 0,10}{\pi \times 0,0065^4} \times 0,105 \cdot 10^{-3}$$

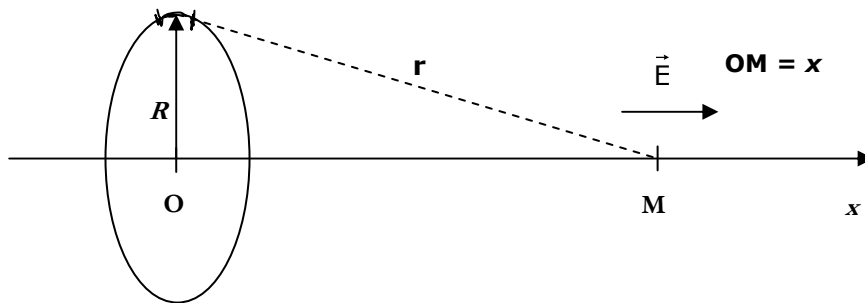
Réponse : $\Delta P = 31,23 \text{ Pa}$

ELECTROSTATIQUE

1) Anneau électrisé (annale de mai 1994) :

Un anneau de rayon R et de centre O est constitué d'un fil chargé dans le vide. Sa densité linéique de charge $\lambda = dq/dl$ est considéré comme uniforme. Soit M un point de son axe situé à la distance x du centre O.

1. Faire un schéma de l'expérience.



2. Etablir, en fonction de R et de x, l'expression du potentiel électrique V au point M. Pour simplifier l'écriture, on notera K à la place de $1/4\pi\epsilon_0$.

L'expression de l'élément de potentiel dV crée par l'élément de charge dq au point M est la suivante :

$$dV = dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{dl}{r}$$

En intégrant, $V = \int_{\text{anneau}} \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{dl}{r} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} \int_{\text{anneau}} dl$ car r est constant en tout point M donné.

$$V = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} \int_{\text{anneau}} R \cdot d\theta = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{R}{r} \int_{\text{anneau}} d\theta = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{R}{r} \times 2\pi \text{ car } dl = R d\theta$$

$$V = \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \frac{R}{\sqrt{(R^2 + x^2)}} = 2\pi K \lambda \frac{R}{\sqrt{(R^2 + x^2)}} \text{ car } r = \sqrt{(R^2 + x^2)} \text{ (Pythagore)}$$

3. Quelle est l'expression de la différence de potentiel U_{OM} entre le centre O et le point M ?

Pour O, $x = 0$ donc $V_0 = \frac{\lambda}{2\epsilon_0}$ d'où $U_{OM} = V_0 - V_M = \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{R}{\sqrt{(R^2 + x^2)}}\right)$

4. Représenter sur le schéma le vecteur champ électrique \vec{E} créé en M par l'anneau chargé lorsque $\lambda > 0$.

Direction du champ : le champ électrostatique est inclus dans le plan de symétrie de la distribution de charge (propriété du champ électrostatique). Il est donc selon l'axe (Ox), droite de concours de tous les plans de symétrie de la distribution.

Sens du champ : la densité de charge étant positive, le vecteur champ sera orienté vers l'extérieur de la distribution du vecteur champ électrostatique.

5. A partir de l'expression de V établie dans la deuxième question, déduire l'expression de la norme du champ électrique au point M.

$$\vec{E} = -\vec{\text{grad}}V = -\frac{dV}{dx} \vec{e}_x \text{ car la seule variable est } x.$$

$$\text{D'où } E = -\frac{d}{dx} \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \frac{R}{\sqrt{(R^2 + x^2)}} \vec{e}_x = -\frac{\lambda.R}{2\epsilon_0} \times \frac{d\left[(R^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}}\right]}{dx} = -\frac{\lambda.R}{2\epsilon_0} \times \left(-\frac{1}{2}\right) \times 2x \times (R^2 + x^2)^{-\frac{3}{2}}$$

$$\text{Soit } E = \frac{\lambda.R}{2\epsilon_0} \frac{x}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$$

6. Calculer les valeurs de V, U_{OM} et $\|\vec{E}\|$ lorsque $R = 10 \text{ cm}$, $x = 10 \text{ cm}$, $\lambda = + 10 \text{ nC.cm}^{-1}$ et $K = 9.10^9$ unités SI.

Il faut bien utilisée les données dans les unités SI.

$$V = 2\pi \times 9.10^9 \times 10 \times 10^{-9} \frac{10}{\sqrt{(10^2 + 10^2)}} = 400 \text{ V}$$

$$U_{OM} = \frac{10 \times 10^{-9}}{2 \times 9.10^{-12}} \left(1 - \frac{10}{\sqrt{(10^2 + 10^2)}}\right) = 162,7 \text{ V}$$

$$E = \frac{10.10^{-9} \times 0,10}{2 \times 9.10^{-12}} \frac{0,10}{(0,10^2 + 0,10^2)^{\frac{3}{2}}} = 2.10^3 \text{ V.m}^{-1}$$

7. Un positon (de charge +e) supposé isolé se déplace sur (Ox) de l'infini vers O avec une énergie cinétique initiale E_0 de 35 keV. A quelle distance de O sera-t-il stoppé ?

Initialement $E_{p0} = 0 \text{ keV}$ et $E_{c0} = 35 \text{ keV}$.

Au final : $E_{cf} = 0 \text{ keV}$ et $E_{pf} = 35 \text{ keV}$ car l'énergie mécanique se conserve (système isolé).

$$\text{D'où } e.V = 35 \text{ keV} = e. \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \frac{R}{\sqrt{(R^2 + x^2)}} \text{ (question 2)}$$

En extrayant x, on trouve $x = 0,13 \text{ m}$.

8. Calculer la vitesse initiale minimale du positon pour qu'il puisse atteindre le point P de l'axe (Ox) tel que $OP = 30 \text{ cm}$.

Pour $OP = x = 30 \text{ cm}$, on trouve $V \approx 179 \text{ V}$.

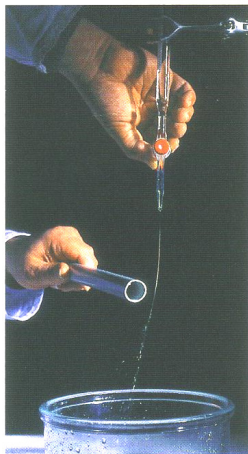
D'où $E_{c0} = e.V = 2,86.10^{-17} \text{ J}$.

$$\text{D'où } v_0 = \sqrt{\frac{2E_{c0}}{m_{\text{positon}}}} = 7,93.10^6 \text{ m.s}^{-1}$$

2) Polarité de molécules :

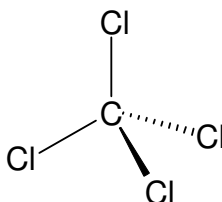
1. Quelle serait l'action d'un objet électrisé (par frottements par exemple) sur un filet d'eau ?

L'eau est une molécule présentant un moment dipolaire permanent. On aura donc interaction électrostatique entre l'objet électrisé et les molécules d'eau d'où une déviation du filet d'eau.



2. Même question avec du tétrachlorure de carbone ? On indique que le chlore est plus électronégatif que le carbone et que le tétrachlorure de carbone a la même géométrie que la molécule de méthane.

Le tétrachlorure de carbone de formule CCl_4 possède 4 liaisons polarisées car Cl est plus électronégatif que C. Cependant, de part sa géométrie tétraédrique, les 4 vecteurs moments dipolaires des 4 liaisons C-Cl auront une somme vectorielle nulle (comme pour le dioxyde de carbone).



Représentation de Cram de CCl_4

On aura donc aucune interaction électrostatique avec l'objet électrisé donc dans ce cas, pas de déviation du filet de tétrachlorure de carbone.