ENSEIGNEMENT DIRIGE DE PHYSIQUE

PREMIERE ANNEE DE PHARMACIE

1991 - 1992

1. L'enseignement dirigé de physique comporte 10 séances de 1 h 30.

2. Les enseignements dirigés ne sont pas obligatoires ; mais si vous décidez d'y assister, il est souhaitable, avant chaque séance, de bien connaître le cours de PHYSIQUE et de préparer les exercices correspondants.

3. Il est indispensable de se munir d'une machine à calculer.

4. Une séance d'enseignement dirigé se déroule de la manière suivante :
   - pendant 30 à 40 minutes, pour tester vos connaissances, vous avez à répondre à une série de questions de cours, d'exercices simples ou de QCM,
   - les 40 ou 50 minutes suivantes sont consacrées à la correction de deux ou trois exercices, choisis en raison de leur représentativité ou de leur difficulté,
   - durant les 10 minutes restantes, vous pouvez poser des questions sur le cours ou sur des exercices non corrigés que vous n'avez pu résoudre.

5. Il est formellement interdit de changer de groupe sans l'accord du Secrétariat de la Faculté. Les demandes ne sont prises en compte que si vous permutez avec un étudiant du groupe dans lequel vous désirez être inscrit.

TABLEAU DES CONSTANTES LES PLUS COURANTES

c	vitesse de la lumière dans le vide : 299 792 458 $m.s^{-1}$
e	charge élémentaire : $1,60218.10^{-19}$ C
G	constante de gravitation : $6,673.10^{-11}$ $N.m^2.kg^{-2}$
h	constante de Planck : $6,6261.10^{-34}$ J.s
k	constante de Boltzmann : $1,38066.10^{-23}$ $J.K^{-1}$
m	masse de l'électron : $9,1094.10^{-31}$ kg
m_n	masse du neutron : $1,67493.10^{-27}$ kg
m_p	masse du proton : $1,67263.10^{-27}$ kg
N_A	nombre d'Avogadro : $6,0221.10^{23}$ mol^{-1}
R	constante des gaz parfaits : 8,314 $J.mol^{-1}.K^{-1}$
R_∞	constante de Rydberg : $1,09737315.10^{7}$ m^{-1}
u	unité de masse atomique : $1,66054.10^{-27}$ kg = 931,493 MeV
ε_0	permittivité du vide : $8,854188.10^{-12}$ $F.m^{-1}$
μ_0	perméabilité du vide : $1,256637.10^{-6}$ $H.m^{-1}$

GENERALITES - MECANIQUE

1ère séance

Exercice 1 :

$$R_H = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\right)^2 \cdot \frac{2\pi^2 e^4}{h^3 c} \cdot \frac{m\,M}{m+M}$$

est l'expression théorique de la constante de Rydberg dans laquelle m est la masse de l'électron et M la masse du noyau d'hydrogène.

Vérifier son homogénéité.

Rép. : $L^{-1} \equiv L^{-1}$

Exercice 2 :

La relation

$$D = \frac{\Delta P \pi r^a}{8 \eta^b l}$$

donne le débit d'un liquide de viscosité η s'écoulant dans un tube de rayon r et de longueur l sous l'effet d'une différence de pression ΔP.

1. Déterminer les valeurs numériques des exposants a et b pour que cette relation soit homogène.

2. En déduire les dimensions de la résistance mécanique $R_{méc}$.

On donne : $[\eta] = M.L^{-1}.T^{-1}$

Rép. : 1. a = 4, b = 1 2. $[R_{méc}] = M\,L^{-4}\,T^{-1}$

Exercice 3 :

Dans un fluide parfait incompressible en mouvement, la différence de pression entre deux points A et B est donnée par la relation de Bernoulli :

$$P_A - P_B = \rho \left[g(h_B - h_A) + 1/2\,(v_B^2 - v_A^2)\right]$$

dans laquelle :

g = accélération de la pesanteur P = pression en un point

ρ = masse volumique du fluide v = vitesse du fluide en un point

h = altitude d'un point

Vérifier l'homogénéité de cette relation.

Rép. : $ML^{-1}\,T^{-2} \equiv ML^{-1}\,T^{-2}$

Exercice 4 :

Déterminer, dans le SI et en $km.h^{-1}$, la vitesse d'un bateau qui file 15 noeuds.

On donne 1 mille marin = 1 852 m

Rép. : 7,72 $m.s^{-1}$ et 27,8 $km.h^{-1}$

Exercice 5 :

On forme un système S ayant pour unité de longueur le kilomètre, pour unité de masse le gramme, et pour unité de temps la minute.

Quelles sont, dans ce système, les valeurs de la vitesse de la lumière dans le vide c, de l'accélération de la pesanteur g et de la constante de Planck h ?

Rép. : $c = 1{,}8.10^7\ km.min^{-1}$

$g = 35{,}316\ km.min^{-2}$

$h = 3{,}972.10^{-35} g.km^2.min^{-1}$

Exercice 6 :

La luminance énergétique spectrale d'un corps noir à la température T et à la longueur d'onde λ peut, dans certaines conditions, s'écrire sous la forme simplifiée :

$$L = C_1 . \lambda^{-5} . e^{-C_2/\lambda T}$$

avec $C_1 = 2\ hc^2$ et $C_2 = \dfrac{h.c}{k}$

Quelles sont les dimensions de C_1, C_2, L et k (constante de Boltzmann) ?

Rép. : $[C_1] = M.L^4.T^{-3}$ $[C_2] = L.\ \theta$

$[L] = M.L^{-1}.T^{-3}$ $[k] = M.L.^2.T^{-2}.\theta^{-1}$

Exercice 7 :

Chez les mammifères, la dépense énergétique de base par unité de temps (P) varie avec la masse M du corps selon la loi de Kleiber :

$$P = k.\ M^{0,75}$$

1. Quelle est la dimension de k ?

2. D'autre part, P est proportionnelle à la fréquence cardiaque N et au volume total de sang, lui-même proportionnel à la masse :

$$P = k'.\ M.\ N$$

Quelle est la dimension de k' ?

3. Il en résulte, entre N et M, une relation de la forme :

$$N = k''.\ M^a$$

Quelle est la dimension de k" ?

Rép. : 1. $[k] = M^{0,25}\ L^2\ T^{-3}$
2. $[k'] = L^2T^{-2}$ 3. $[k''] = M^{0,25}\ T^{-1}$

Exercice 8 :

Lors de l'écoulement permanent d'un liquide de viscosité η dans un tube cylindrique de rayon r et de longueur l, on peut définir une vitesse moyenne $\overline{v}$. On peut établir pour $\overline{v}$ une expression de la forme :

$$\overline{v} = k.\ \frac{\Delta E}{l}\ .\ r^a\ .\ \eta^b$$

où k est un facteur numérique sans dimension et ΔE est la perte de charge.

Par analyse dimensionnelle, trouver les valeurs numériques des exposants a et b.

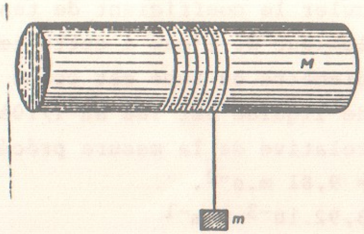
Rép. : a = 2 b = - 1

à faire III

MECANIQUE
2ème séance

Exercice 1 :
Sur la paroi latérale d'un cylindre plein, de masse M, on enroule à spires jointives un fil parfaitement souple et inextensible. L'une de ses extrémités est fixée au cylindre, l'autre supporte une masse $m = M/2$. A l'instant $t = 0$, le fil étant tendu, on lâche la masse m sans vitesse initiale. Elle tombe en faisant tourner le cylindre autour de son axe.

Quelle vitesse aura la masse m lorsqu'elle aura parcouru verticalement la distance z ?
Application numérique : $z = 0,2$ m



Rép. : $v = \sqrt{gz} = 1,4 \text{ m. s}^{-1}$

Exercice 2 :
Une particule de masse m_1 animée d'une vitesse $v_1 = 10^6 \text{ m.s}^{-1}$ se déplace suivant une direction Ox. Elle entre en collision avec une particule immobile de masse $m_2 = 2\ m_1$. Après le choc, considéré comme élastique, la particule incidente est déviée d'un angle de 60° par rapport à sa trajectoire initiale.

Calculer les vitesses v'_1 et v'_2 des deux particules après le choc.

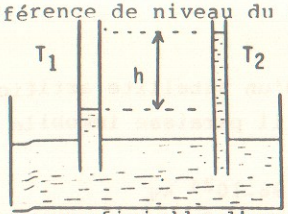
Rép. $v'_1 = 7,68.\ 10^5 \text{ m.s}^{-1}$; $v'_2 = 4,53.\ 10^5 \text{ m. s}^{-1}$

Exercice 3 :
Une particule en mouvement a une énergie égale à trois fois son énergie au repos, qui est de 0,5 MeV.
1. Calculer son énergie cinétique (en MeV)
2. Calculer sa vitesse.

Rép. : 1. $E_C = 1$ MeV 2. $v = 2,83.\ 10^8 \text{ m. s}^{-1}$

Exercice 4 :
Deux tubes capillaires T_1 et T_2 de diamètres intérieurs respectifs $d_1 = 0,20$ mm et $d_2 = 0,12$ mm, plongent verticalement dans un liquide de tension superficielle γ et de masse volumique ρ. On suppose la mouillabilité parfaite

et on désigne par h la différence de niveau du liquide entre T_1 et T_2.



1. Calculer la tension superficielle d'une solution aqueuse de substance tensio-active pour laquelle on mesure $h = 6,13$ cm.
On donne $\rho = 998 \text{ kg.m}^{-3}$ à la température de l'expérience ; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

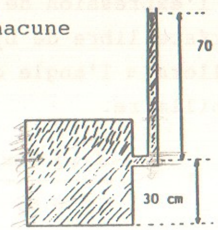
2. Quel travail faut-il fournir pour souffler une bulle de 1 cm de diamètre avec la solution précédente ?

3. Quelle est la surpression ΔP à l'intérieur de cette bulle par rapport à la pression atmosphérique Po ?

Rép. : 1. $\gamma = 4,5.\ 10^{-2} \text{ N. m}^{-1}$
2. $W = 2,83.\ 10^{-5}$ J
4. $\Delta P = 36$ Pa

Exercice 5 :
Un récipient de forme cubique (0,5 m de côté) est rempli de mercure ($13,6 \text{ g.cm}^{-3}$ de masse volumique). Sur l'une des faces latérales, il communique par une ouverture située à 0,3 m du fond avec un tube vertical de section carrée = $0,01 \text{ m}^2$. La hauteur du mercure dans le tube, comptée à partir du centre de l'ouverture est de 70 cm.

Calculer la force de pression qui s'exerce sur chacune des six faces.



Rép. : face sup. : F = 16 677 N face inf. : F = 33 354 N
face lat. sans tube : F = 25 015 N face lat. avec tube : F = 24 081 N

Exercice 6 :
Pour éviter toute dégradation des globules rouges, la centrifugation du sang ne doit pas être effectuée à plus de 1500 g.

Calculer la vitesse de rotation correspondante, en tours par minute, pour une centrifugeuse dont le rayon moyen de rotation est de 12 cm.
Rép. : $3\ 344 \text{ tr.min}^{-1}$

Exercice 7 :

Quelle doit être l'altitude h d'un satellite artificiel de masse m, sur orbite circulaire, pour qu'il paraisse immobile à un observateur placé sur terre ?

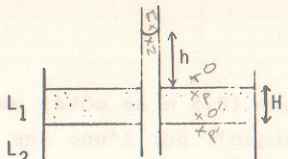
A.N. : masse de la terre $M = 5,98.10^{24}$ kg

rayon de la terre $R = 6,38.10^{6}$ m

Rép. : h = 36 000 km

Exercice 8 :

Un récipient contient deux liquides non miscibles L_1 et L_2 dont les tensions superficielles respectives sont γ_1 et γ_2 et les masses volumiques respectives ρ_1 et ρ_2. La masse volumique de l'air ρ_0 est négligeable devant ρ_1 et ρ_2. Un tube capillaire de rayon interne r est plongé verticalement dans le liquide L_2 (voir schéma).



Etablir l'expression de l'ascension capillaire h du liquide L_2 par rapport à la surface libre de L_1.

On appellera α l'angle de raccordement du liquide L_2 avec la paroi du tube capillaire.

Rép. :

$$h = \frac{2\,\gamma_2 \cos\alpha}{g\,r\,\rho_2} - \frac{H\,(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_2}$$

Exercice 9 :

1. Un morceau de métal de volume inconnu est suspendu à une corde. Avant l'immersion, la tension dans la corde vaut 10 N. Quand le métal est immergé dans de l'eau ($\rho_o = 10^3$ kg.m^{-3}), la tension est de 8 N.

Quelle est la masse volumique ρ du métal ?

2. La masse volumique de la glace vaut 920 kg.m^{-3} tandis que celle de l'eau de mer est de 1 025 kg.m^{-3}.

Calculer la fraction du volume d'un iceberg qui se trouve immergée.

Rép. : 1. ρ = 5 000 kg.m^{-3} 2. $V_i/V = 0,898$

Exercice 10 :

On réalise l'expérience de Jurin avec de l'eau. La hauteur d'ascension dans un tube de 0,10 mm de rayon est de 151,0 mm. L'angle de raccordement α est égal à zéro.

1. Calculer le coefficient de tension superficielle de l'eau à + 20°C. La masse volumique de l'eau à cette température est de 0,998 g.cm^{-3}.

2. Le diamètre du tube est connu à 10^{-2} mm près. La hauteur de la colonne de liquide est lue au 1/10ème de mm. Calculer l'incertitude absolue et relative de la mesure précédente.

On donne g = 9,81 m.s^{-2}.

Rép. : 1. 73,92.10^{-3} N.m^{-1}

2. $\Delta\gamma/\gamma$= 5,3% ; $\Delta\gamma = 4.10^{-3}$ N.m^{-1} ; $\gamma = (74 \pm 4).10^{-3}$ N.m^{-1}

Exercice 11 :

Un tube vertical de 1 mm de diamètre plonge dans un liquide de masse volumique égale à 1,1 g.cm^{-3}.

1. Sachant qu'à l'équilibre, la différence de niveau entre l'intérieur et l'extérieur du tube est de 1 cm, calculer le coefficient de tension superficielle γ de ce liquide qui mouille parfaitement le verre.

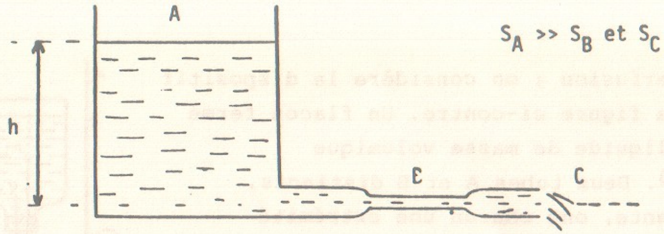
2. On utilise ce liquide pour souffler une bulle de 8 cm de diamètre. Quelle est la différence de pression ΔP entre l'intérieur et l'extérieur de la bulle.

3. Quel travail a-t-il fallu fournir pour former cette bulle, en supposant que la pression extérieure est constante et égale à 1 atmosphère ? (on admettra que la section du tube employé pour gonfler la bulle a une surface négligeable devant celle d'une sphère de 8 cm).

Rép. : 1. $\gamma = 2,7.10^{-2}$ N.m^{-1} 2. ΔP = 2,7 Pa 3. $\Delta W = 1,086.10^{-3}$ J

Exercice 12 :

Un récipient cylindrique de section S_A est rempli d'un liquide de masse volumique ρ = 1 g.cm^{-3} qui s'écoule à l'air libre par une canalisation horizontale d'extrémité C (section S_C = 4 cm^2) et présentant un étranglement en B (section S_B = 2 cm^2)



On suppose que le liquide est incompressible et dépourvu de viscosité.

1. Calculer le débit D lorsque la hauteur h de liquide est de 1 m. Exprimer le résultat en $l.s^{-1}$.

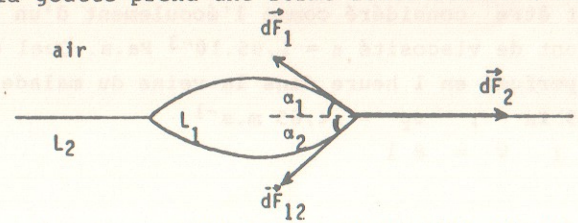
2. Quelle est la vitesse d'écoulement v_B en B ?

3. Quelle est la pression P_B en B, sachant que la pression atmosphérique $Po = 1{,}013.10^5$ Pa ?

Rép. : 1. $D = 1{,}77\ l.s^{-1}$ 2. $v_B = 8{,}86\ m.s^{-1}$ 3. $P_B = 0{,}719.10^5$ Pa

Exercice 13 :

Une goutte d'un liquide L_1 (tension superficielle γ_1, masse volumique ρ_1) est déposée sur la surface libre plane et horizontale d'un liquide L_2 (tension superficielle γ_2, masse volumique ρ_2). Les deux liquides n'étant pas miscibles et ρ_2 étant > ρ_1, il s'établit une position d'équilibre dans laquelle la goutte prend une forme lenticulaire (voir figure).



$\vec{dF}_1$, $\vec{dF}_2$, $\vec{dF}_{12}$: forces superficielles s'exerçant sur un élément de longueur dl de la ligne de contact.

α_1 et α_2 : angles de contact.

1. Donner les expressions des normes de $\vec{dF}_1$, $\vec{dF}_2$, $\vec{dF}_{12}$. On appellera γ_{12} la tension interfaciale entre L_1 et L_2.

2. En posant $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$, établi: l'expression de α en fonction de γ_1, γ_2 et γ_{12}.

On rappelle la relation : cos (a + b) = cosa.cosb - sina.sinb

Rép. : 1. $\|\vec{dF}_1\| = \gamma_1\ dl$, 2. $\cos\alpha = \dfrac{\gamma_2^2 - \gamma_1^2 - \gamma_{12}^2}{2\ \gamma_1\ \gamma_{12}}$

$\|\vec{dF}_2\| = \gamma_2\ dl$,

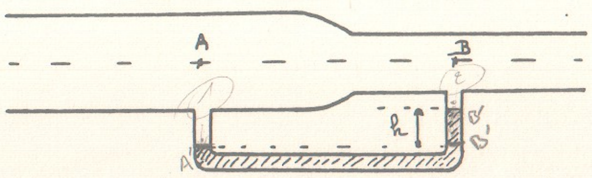
$\|\vec{dF}_{12}\| = \gamma_{12}\, dl$.

MECANIQUE
3ème séance

à faire III

Exercice 1

De l'eau, considérée comme un fluide parfait, s'écoule en régime permanent dans un tube cylindrique horizontal de section variable. Les sections du tube en A et B sont respectivement $S_A = 20\ cm^2$ et $S_B = 10\ cm^2$. Le débit est de 1,6 litre par seconde.



1. Calculer les vitesses d'écoulement en A et B.

2. Un tube en U contenant du mercure est relié à la conduite horizontale. Calculer la dénivellation h entre les deux surfaces de séparation mercure-eau.

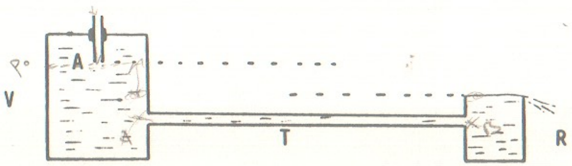
Masse volumique de l'eau $\rho = 10^3\ kg.m^{-3}$ et du mercure $\rho' = 13{,}6.10^3\ kg.m^{-3}$

Rép. : 1. $v_A = 0{,}8\ m.\ s^{-1}$; $v_B = 1{,}6\ m.\ s^{-1}$

2. h = 7,77 mm

Exercice 2

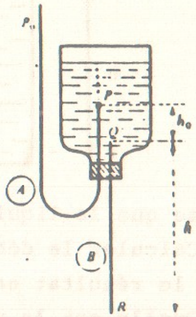
Un liquide de poids volumique égal à $10^4\ N.m^{-3}$ s'écoule depuis un vase de Mariotte (V) vers un réservoir (R) à niveau constant en passant par un tube horizontal (T) de 10 cm de longueur et de 1 mm de diamètre intérieur. Le tube à air du vase de Mariotte a son extrémité inférieure à 10 cm au-dessus de l'axe du tube T et le niveau du réservoir R est à 5 cm au-dessus de cet axe. Sachant que le débit du liquide en R est de 3 cm^3 en 50 secondes, calculer le coefficient de viscosité du liquide.



Rép. : $\eta = 2{,}05.\ 10^{-3}$ Pa. s

Exercice 3

Principe d'une perfusion : on considère le dispositif représenté sur la figure ci-contre. Un flacon fermé est rempli d'un liquide de masse volumique $\rho = 1{,}1.10^3 kg.m^{-3}$. Deux tubes A et B distincts, de section constante, ont chacun une extrémité au sein du liquide, l'autre extrémité est ouverte à la pression atmosphérique $Po = 10^5$ Pa. L'un (A) n'est utilisé qu'afin que règne en P une pression constante égale à Po. L'autre (B), vertical, est utilisé pour transmettre le liquide.



On donne $PQ = h_o = 10$ cm ; QR = h = 1 m.

1. Calculer la pression au point Q et la vitesse de l'écoulement à l'air libre au point R.

2. A l'extrémité R, on place une aiguille de section s = 0,5 mm^2 qui pénètre dans la veine d'un malade où règne une pression moyenne de Po + 10^3 Pa. Calculer la vitesse de l'écoulement du liquide. Quel volume du liquide a-t-il été transmis (perfusé) au malade en 1 heure ? Conclusion.

3. La section du tube QR étant faible et égale à 0,5 mm^2, l'écoulement du liquide doit être considéré comme l'écoulement d'un liquide visqueux, de coefficient de viscosité $\eta = 1{,}05.10^{-3}$ Pa.s. Quel est alors le volume de liquide perfusé en 1 heure dans la veine du malade ?

Rép. : 1. P_Q = 101 079 Pa ; $v_r = 4{,}65\ m.s^{-1}$

2. $v_r = 4{,}45\ m.\ s^{-1}$; V = 8 l

3. V = 0,37 l

Exercice 4

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

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

2. La viscosité du sang étant de $2{,}084.10^{-3}$ Pa.s, quelle est la perte de charge sur une longueur de 10 cm d'aorte ?

3. Quelle puissance l'organisme doit-il fournir pour maintenir constant le débit sanguin sur cette longueur ?

Rép. : $\overline{v} = 0{,}791\ m.\ s^{-1}$ 2. ΔE = 31,2 Pa

3. $P = 3{,}28.\ 10^{-3}$ W

Exercice 5 :

Le débit cardiaque d'un homme est d'environ 5 litres par minute, en moyenne, mais au moment de la systole, il est trois fois plus important.

1. Quelle est la nature de l'écoulement dans l'aorte dont le diamètre est supposé constant et égal à 2 cm, dans chacun des deux cas ?

2. Même question pour l'écoulement dans un vaisseau dont le diamètre n'est que de 0,5 cm et qui reçoit seulement 1/100 du débit sanguin.

On donne : η du sang = 2.10^{-3} Pa.s et ρ du sang = 1,05 $g.cm^{-3}$

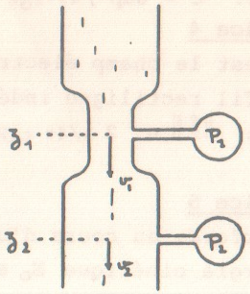
Rép. : 1. R = 2 786 ; R' = 8 358

2. R = 111,7 et R' = 334

Exercice 6 :

La jauge de Venturi permet de déterminer la vitesse d'écoulement d'un fluide dans une canalisation (voir schéma).

Soit un tuyau vertical dans lequel s'écoule un fluide considéré comme parfait, de masse volumique $\rho = 1,1$ $kg.dm^{-3}$. Au niveau z_1 du rétrécissement, la section $S_1 = 20$ cm^2 ; en z_2, la section $S_2 = 35$ cm^2.



1. Calculer le débit du fluide dans la canalisation pour $P_1 = 2,1.10^5$ Pa, $P_2 = 2,3.10^5$ Pa et une dénivellation z_1z_2 de 25 cm.

2. En déduire les vitesses v_1 et v_2 en z_1 et z_2.

Rép. : 1. D = 13,7 $l.s^{-1}$; 2. $v_1 = 6,8$ $m.s^{-1}$, $v_2 = 3,9$ $m.s^{-1}$

Exercice 7 :

Des particules colloïdales sphériques, de masse volumique 1,150 $g.cm^{-3}$ et de 35 nm de diamètre sont en suspension dans l'eau.

Quel temps faut-il pour obtenir une sédimentation totale dans le tube de 5 cm de long d'une ultracentrifugeuse, à 45 000 g ?

On admet que la loi de Stokes est valable pour des particules de cette taille. Le tube est en position horizontale durant l'expérience.

η de l'eau à + 18°C = $1,053.10^{-3}$ Pa.s ; ρ de l'eau à + 18°C = 0,9986 $g.cm^{-3}$

Rép. : 11 575 s

Exercice 8 :

Un récipient cylindrique de section S_1 est rempli d'un liquide. Un trou de section $S_2 << S_1$ est percé dans le fond.

1. Montrer que la vitesse d'écoulement en surface v_1 est de la forme $v_1 = k\sqrt{h}$ (k est une constante et h est la hauteur du liquide).

2. Exprimer la variation de la hauteur de l'eau dans le récipient, en fonction du temps t, sachant que la vitesse d'écoulement en surface peut s'écrire sous la forme : $v_1 = -dh/dt$.

v_1, h_1 et P_1 sont la vitesse, l'altitude et la pression à la surface libre du liquide ; v_2, h_2 et P_2 sont les grandeurs correspondantes au niveau du trou.

Rép. : 1. $v_1 = k\sqrt{h}$ avec $k = \sqrt{\dfrac{2g}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1}}$

2. $h = \left(h_o^{1/2} - \frac{kt}{2}\right)^2$

Exercice 9 :

Un récipient cylindrique de grande section est rempli d'eau et d'huile dont les épaisseurs respectives sont h_1 et h_2.

Quelle est la vitesse d'écoulement de l'eau à travers une ouverture de faible section pratiquée à la base du récipient ?

A.N. : $h_1 = 50$ cm ; $h_2 = 1$ m

Masse volumique de l'huile : $\rho_2 = 0,91.10^3$ $kg.m^{-3}$, de l'eau : $\rho_1 = 10^3$ $kg.m^{-3}$

Rép. : v = 5,26 $m.s^{-1}$

ELECTRICITE

4ème séance

Exercice 1

Soit un ensemble de 3 charges électriques ponctuelles $-2q$, $+q$ et $+q$ disposées aux sommets A, B et C d'un triangle équilatéral de côté a dans l'air.

1. Calculer le potentiel V et le champ E créés par cette distribution de charges au centre de gravité G du triangle ($q > 0$).

2. A quelle force $\vec{F}$ est soumise une charge $Q = -3q$ placée en G ?

3. Quelle est l'énergie électrostatique de la charge Q placée en G dans le champ électrique résultant des 3 autres charges ?

Rép. : 1. $V_G = 0$; $\|\vec{E}_G\| = 9\,q/4\pi\varepsilon a^2$

2. $\|\vec{F}\| = 27\,q^2/4\pi\varepsilon a^2$; 3. $E_p = 0$

Exercice 2

Deux charges électriques ponctuelles q_1 (2.10^{-6} C) et q_2 (-3.10^{-6} C) sont placées, dans le vide, en deux points A et B distants de 1 mètre.

1. Localiser, sur la droite passant par A et B, le point C où l'intensité du champ électrique est nulle. Calculer la distance AC.

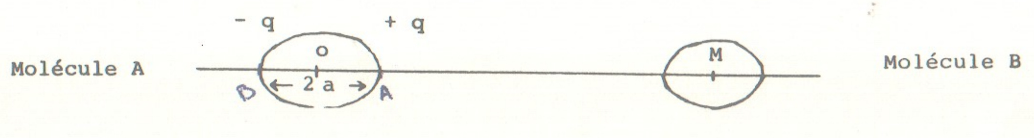
2. Calculer le potentiel électrique au point D, situé entre A et B, à 10 cm de A.

3. Il faut fournir un travail de 1,5 J pour amener une charge q_3 de l'infini jusqu'en D. Cette charge est-elle positive ou négative ? Quelle est sa valeur ?

Rép. : 1. $\overline{AC} = -4{,}45$ m   2. $V_D = 150$ kV   3. $q_3 = +10^{-5}$ C

Exercice 3

Deux molécules A et B placées dans un milieu de constante diélectrique ε_0 sont distantes de r. La molécule A, de centre O, peut être assimilée à un dipôle électrique permanent de moment dipolaire $||\vec{P}_A|| = 2\,aq$.



1. Déterminer le champ électrique (direction, sens, norme) créé par la molécule A en un point M situé sur l'axe du dipôle et à une distance $OM = r$ ($r \gg a$).

2. Dans ce champ électrique, la molécule B, de centre M, acquiert un moment dipolaire induit $\vec{P}_B = \alpha.\vec{E}$. Sachant que l'énergie potentielle de B est $E_{P_B} = -\vec{P}_B.\vec{E}$, donner l'expression de cette énergie en fonction de r.

3. Vérifier que la force d'interaction entre les deux molécules (force de VAN DER WAALS) est de la forme $F = -C/r^7$.

4. Calculer l'énergie de liaison de VAN DER WAALS en $kJ.mol^{-1}$ dans le cas où $OM = 5.10^{-10}$ m.

On donne : $C = 3{,}12.10^{-75}$ unité S.I.

Rép : 1. $\|\vec{E}_M\| = 2p/4\pi\varepsilon_0 r^3$ 2. $E_{P_B} = -\alpha p^2/4\pi^2\varepsilon_0{}^2 r^6$

3. $C = 6\alpha p^2/4\pi^2\varepsilon_0{}^2$ 4. $E_{P_B} = -20$ $kJ.mol^{-1}$

Exercice 4

Quel est le champ électrique créé en un point M situé à une distance R d'un fil rectiligne indéfini portant une densité de charge uniforme $\lambda > 0$?

Rép. : $\|\vec{E}\| = 2\,\lambda/4\pi\,\varepsilon_0 R$

Exercice 5

Rutherford, au cours d'une expérience, a constaté qu'une particule α d'énergie cinétique E_0 envoyée dans la direction d'un noyau d'or était repoussée.

1. Quelle est la distance minimale d'approche r lorsque $E_0 = 7{,}68$ MeV ?

2. Quelle est la force de répulsion maximale ?

On donne : numéro atomique de l'or $Z = 79$

Rép. : 1. $r = 2{,}96.10^{-14}$ m ; 2. $F = 41{,}5$ N

Exercice 6

Trois charges identiques ($q = 8.10^{-8}$ C) sont situées aux 3 sommets d'un carré de côté a = 20 cm.

Quelle est la force exercée sur une charge $q' = 10^{-7}$ C placée :

- au centre du carré ?
- au quatrième sommet ?

Rép. : centre $\|\vec{F}\| = 3{,}6.10^{-3}$ N ; Quatrième sommet $\|\vec{F}\| = 3{,}45.10^{-3}$ N

Exercice 5 :

Le débit cardiaque d'un homme est d'environ 5 litres par minute, en moyenne, mais au moment de la systole, il est trois fois plus important.

1. Quelle est la nature de l'écoulement dans l'aorte dont le diamètre est supposé constant et égal à 2 cm, dans chacun des deux cas ?

2. Même question pour l'écoulement dans un vaisseau dont le diamètre n'est que de 0,5 cm et qui reçoit seulement 1/100 du débit sanguin.

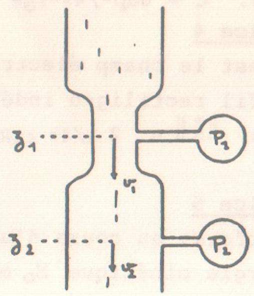
On donne : η du sang = 2.10^{-3} Pa.s et ρ du sang = 1,05 $g.cm^{-3}$

Rép. : 1. R = 2 786 ; R' = 8 358

2. R = 111,7 et R' = 334

Exercice 6 :

La jauge de Venturi permet de déterminer la vitesse d'écoulement d'un fluide dans une canalisation (voir schéma).



Soit un tuyau vertical dans lequel s'écoule un fluide considéré comme parfait, de masse volumique ρ = 1,1 $kg.dm^{-3}$. Au niveau z_1 du rétrécissement, la section S_1 = 20 cm^2 ; en z_2, la section S_2 = 35 cm^2.

1. Calculer le débit du fluide dans la canalisation pour $P_1 = 2,1.10^5$ Pa, $P_2 = 2,3.10^5$ Pa et une dénivellation z_1z_2 de 25 cm.

2. En déduire les vitesses v_1 et v_2 en z_1 et z_2.

Rép. : 1. D = 13,7 $l.s^{-1}$; 2. v_1 = 6,8 $m.s^{-1}$, v_2 = 3,9 $m.s^{-1}$

Exercice 7 :

Des particules colloïdales sphériques, de masse volumique 1,150 $g.cm^{-3}$ et de 35 nm de diamètre sont en suspension dans l'eau.

Quel temps faut-il pour obtenir une sédimentation totale dans le tube de 5 cm de long d'une ultracentrifugeuse, à 45 000 g ?

On admet que la loi de Stokes est valable pour des particules de cette taille. Le tube est en position horizontale durant l'expérience.

η de l'eau à + 18°C = $1,053.10^{-3}$ Pa.s ; ρ de l'eau à + 18°C = 0,9986 $g.cm^{-3}$

Rép. : 11 575 s

Exercice 8 :

Un récipient cylindrique de section S_1 est rempli d'un liquide. Un trou de section $S_2 << S_1$ est percé dans le fond.

1. Montrer que la vitesse d'écoulement en surface v_1 est de la forme $v_1 = k\sqrt{h}$ (k est une constante et h est la hauteur du liquide).

2. Exprimer la variation de la hauteur de l'eau dans le récipient, en fonction du temps t, sachant que la vitesse d'écoulement en surface peut s'écrire sous la forme : $v_1 = -dh/dt$.

v_1, h_1 et P_1 sont la vitesse, l'altitude et la pression à la surface libre du liquide ; v_2, h_2 et P_2 sont les grandeurs correspondantes au niveau du trou.

Rép. : 1. $v_1 = k\sqrt{h}$ avec $k = \sqrt{\dfrac{2g}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1}}$

2. $h = (h_o^{1/2} - \frac{kt}{2})^2$

Exercice 9 :

Un récipient cylindrique de grande section est rempli d'eau et d'huile dont les épaisseurs respectives sont h_1 et h_2.

Quelle est la vitesse d'écoulement de l'eau à travers une ouverture de faible section pratiquée à la base du récipient ?

A.N. : h_1 = 50 cm ; h_2 = 1 m

Masse volumique de l'huile : $\rho_2 = 0,91.10^3$ $kg.m^{-3}$, de l'eau : $\rho_1 = 10^3$ $kg.m^{-3}$

Rép. : v = 5,26 $m.s^{-1}$

Exercice 7 :

Un dipôle électrique rigide est constitué de deux charges ponctuelles + q et − q séparées par une distance l. Ce dipôle est soumis à l'action d'un champ électrique $\vec{E}$.

Soit $\vec{M}$ le moment électrique dipolaire et θ l'angle $(\vec{M},\vec{E})$

1. Donner en fonction de $\vec{M}$, $\vec{E}$ et θ l'expression du travail dW des forces électrostatiques pour une variation spontanée dθ de l'angle, sachant que $dW = -|\vec{\mathcal{M}}|.d\theta$.

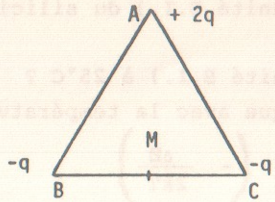
Le vecteur $\vec{\mathcal{M}}$ représente le moment du couple appliqué au dipôle.

2. En déduire le travail ΔW des forces électriques pour une rotation entre $\theta = \theta_o$ et $\theta = 0$.

Rép. : 1. $dW = -\|\vec{M}\|.\|\vec{E}\| \sin\theta \, d\theta$; 2. $\Delta W = \|\vec{M}\|.\|\vec{E}\| (1 - \cos\theta_o)$

Exercice 8 :

Trois charges ponctuelles voisines placées dans le vide de + 2 q, − q et − q, constituent un ensemble rigide représenté par le schéma suivant :



AB = BC = AC = a

1. Calculer le potentiel électrique V créé par ces 3 charges au milieu M de BC.

2. Calculer la norme du moment dipolaire $\vec{M}$ résultant de l'ensemble de ces 3 charges.

3. Ce dipôle est soumis à un champ électrique extérieur uniforme $\vec{E}$.

L'énergie d'interaction champ-dipôle a pour expression : $W = -\vec{M}.\vec{E}$.

Calculer la différence d'énergie entre les deux orientations privilégiées de $\vec{M}$ par rapport à $\vec{E}$.

A.N. : $q = 1{,}6.10^{-19}$ C $E = 500$ V.cm^{-1} $a = 0{,}2$ nm

Rép. : $V_M = -12{,}2$ volts 2. $\|\vec{M}\| = 5{,}54.10^{-29}$ C.m 3. $\Delta W = 5{,}54.10^{-24}$ J

ELECTRICITE

5ème séance

Exercice 1 :

Une cellule de mesure délimitée par deux électrodes planes parallèles identiques de surface $S = 3\ cm^2$ est remplie d'une solution d'acide acétique $10^{-3} mol.l^{-1}$, à la température de 25°C. On applique entre les électrodes distantes de 4 cm une d.d.p. de 20 V.

1. Calculer les vitesses limites des cations et des anions sachant que leurs mobilités sont :

$35.10^{-8}\ m^2.V^{-1}.s^{-1}$ pour H_3O^+

$4,1.10^{-8}\ m^2.V^{-1}.s^{-1}$ pour CH_3COO^-

2. Sachant qu'il y a 12,7 % de molécules dissociées, combien y-a-t-il de porteurs de charges de chaque espèce atteignant les électrodes en 1 seconde ?

3. Quelle est l'intensité du courant électrique traversant la solution ? Exprimer le résultat en mA.

4. Calculer la résistivité et la conductivité de la solution.

Rép. : 1. $v_c = 1,75.\ 10^{-4}\ m.\ s^{-1}$; $v_a = 2,05.\ 10^{-5}\ m.\ s^{-1}$

2. $N_c = 4,016.\ 10^{15}\ s^{-1}$; $N_a = 4,705.\ 10^{14}\ s^{-1}$

3. $i = 0,718$ mA 4. $\rho = 208,9\ \Omega.\ m$

Exercice 2 :

Une solution aqueuse est contenue dans un récipient parallélépipédique dont deux faces opposées sont constituées par deux électrodes métalliques. On applique entre les électrodes une différence de potentiel constante. Sous l'action du champ $\vec{E}$ les ions se trouvant dans la solution se déplacent tout en étant soumis chacun à une force de frottement $\vec{f} = -K\vec{v}$, $\vec{v}$ étant leur vitesse et K le coefficient de frottement.

1. A partir de la relation fondamentale de la dynamique, écrire l'équation différentielle décrivant le mouvement d'un ion Cu^{++} de masse m, en supposant sa vitesse nulle à l'instant t = 0.

2. La solution générale de cette équation différentielle est la somme de la solution de l'équation sans second membre, soit $v = a.e^{-\frac{K}{m}t}$ et d'une solution particulière de l'équation complète.

En déduire la loi du mouvement v = f(t), en explicitant la constante d'intégration a.

3. Quelle est l'expression de la vitesse limite v_l ?

4. Quelle est l'expression de la constante de temps τ du phénomène régissant l'établissement de la vitesse limite ?

5. Déterminer au bout de quel temps t un ion Cu^{++} atteint sa vitesse limite à 1 % près.

On donne : $m = 1,055.10^{-25}$ kg, $K = 6,4.10^{-12}$ unité SI

Rép. : 1. $m\frac{dv}{dt} + Kv = 2eE$

2. $v = \frac{2eE}{K}(1 - e^{-\frac{K}{m}t})$ 3. $v_l = \frac{2eE}{K}$

4. $\tau = \frac{m}{K}$ 5. $t = 7,59.10^{-14}s$

Exercice 3 :

A la température de 25°C, un cristal de silicium possède les caractéristiques suivantes :

- $1,5.10^{10}$ porteurs de charge mobiles de chaque signe par cm^3,
- mobilité des électrons de conduction : $k_n = 1350\ cm^2.V^{-1}.s^{-1}$.
- mobilité des trous positifs : $k_p = 480\ cm^2.V^{-1}.s^{-1}$.

1. Quelle est la conductivité intrinsèque (unité S.I.) du silicium à 25°C ?

2. Quelle est sa résistivité intrinsèque (unité S.I.) à 25°C ?

3. La variation de la conductivité intrinsèque avec la température T est exprimée par la loi :

$$\lambda = A.T.^{3/2}\ .\ \exp\left(-\frac{\Delta E}{2kT}\right)$$

où A est une constante,

ΔE est l'énergie nécessaire à la création d'une paire de porteurs mobiles,

k est la constante de Boltzmann.

Sachant que $\Delta E = 1,106$ eV, quelle est la conductivité du silicium lorsque la température est égale à 50°C ?

4. On introduit de l'arsenic (pentavalent) dans un cristal de silicium à la concentration de 1 atome As pour 10^8 atomes Si.

Quel type de semi-conducteur réalise-t-on ?

5. En admettant, en première approximation, que chaque électron excédentaire passe dans la bande de conduction du cristal, quel est le nombre d'électrons de conduction dus à l'impureté As dans 1 cm^3 de cristal ?

On donne : masse atomique du silicium = 28,09 $g.mol^{-1}$

masse volumique du silicium = 2,32 $g.cm^{-3}$

6. Quelle est la conductivité (unité S.I.) du silicium ainsi dopé, à la température de 25°C ?

7. Si on incorpore des atomes de bore (trivalent) dans un cristal de silicium, quel doit être le taux de dopage (en nombre d'atomes B pour 10^8 atomes Si) pour obtenir la même conductivité à 25°C que dans la question précédente ?

On admettra également qu'à chaque atome d'impureté correspond un porteur mobile.

Rép. : 1. $\lambda_1 = 4{,}39.\ 10^{-4}$ S. m^{-1} 2. $\rho_1 = 2{,}28.\ 10^3$ Ω.m
3. $\lambda_2 = 2{,}63.\ 10^{-3}$ S. m^{-1} 4. type n
5. n = $4{,}974.\ 10^{14}$ cm^3 6. $\lambda = 10{,}7$ S. m^{-1}
7. 2,81 atomes B pour 10^8 atomes Si

Exercice 4 :

A 300 K, un cristal de germanium pur contient $2{,}4.10^{13}$ porteurs de charge de chaque signe par cm^3.

1. Calculer la conductivité intrinsèque et la résistivité intrinsèque du germanium à 300 K.

On donne : mobilité des e- de conduction : $k_n = 3900$ cm^2.V^{-1}.s^{-1} ;
mobilité des trous positifs : $k_p = 1900$ cm^2.V^{-1}.s^{-1}.

2. On introduit de l'antimoine dans le germanium à raison d'un atome Sb pour 10^8 atomes Ge. Quel type de semi-conducteur réalise-t-on ? Quel est le nombre d'électrons de conduction pour 10^8 atomes de germanium à 300 K ?

On donne : masse atomique du Ge : 72,59 g.mol^{-1}
masse volumique du Ge : 5,36 g.cm^{-3}.

Rép. : 1. $\lambda = 2{,}23$ S.m^{-1} ; $\rho = 0{,}45$ Ω.m
2. Type n - 1,054 électron de conduction par 10^8 atomes Ge

Exercice 5 :

Un fil de cuivre, cylindrique, de 1,2 mm de diamètre, transporte en 1 heure une charge de 18 000 coulombs.

1. Calculer le module de la densité de courant.

2. Sachant qu'il y a $2{,}3.10^{29}$ électrons libres par m^3 de cuivre, calculer la vitesse de ces électrons libres.

3. Calculer la mobilité des électrons libres et la valeur du champ électrique dans le conducteur.

On donne : résistivité du cuivre = $1{,}6.10^{-8}$ Ω.m

Rép. : 1. $\|\vec{J}\| = 4{,}42.10^6$ A.m^{-2} ; 2. $\|\vec{v}\| = 1{,}20.10^{-4}$ m.s^{-1}
3. $k_n = 1{,}70.10^{-3}$ m^2.V^{-1}.s^{-1} et $\|\vec{E}\| = 7{,}06.10^{-2}$ V.m^{-1}

à Poire
Pour 4C

OPTIQUE

6ème séance

Exercice 1

On considère un modèle d'atome composé d'un noyau ponctuel de masse M, de charge positive Ze et d'un électron périphérique de masse m et de charge -e. L'électron tourne autour du noyau, considéré comme fixe, sur une orbite circulaire de rayon r et avec une vitesse angulaire ω.

1. Etablir l'expression de ω^2.

2. Exprimer les énergies cinétique, potentielle et totale du système noyau-électron en fonction de Z, e, ε_o, et r.

3. En quantifiant (Bohr) le moment cinétique de l'électron par $L = n\hbar$:

- exprimer la valeur des rayons des orbites possibles (r_n) de l'électron,
- calculer le rayon de la première orbite (r_o) de l'atome d'hydrogène.

4. En déduire les énergies permises (E_n) et retrouver ainsi la longueur d'onde des raies de la série de Balmer.

5. Quelles sont les énergies d'ionisation de l'atome d'hydrogène, de l'hélium He^+ et du lithium Li^{++}.

6. Exprimer, à l'aide de h, m, ε_o, e, Z et n, la longueur d'onde associée à l'électron dans le modèle d'atome proposé.

Rép. : 1. $\omega^2 = Ze^2/4\pi\varepsilon_o r^3 m$
2. $E_C = Ze^2/8\pi\varepsilon_o r$ $\quad E_p = -Ze^2/4\pi\varepsilon_o r$ $\quad E_T = -Ze^2/8\pi\varepsilon_o r$
3. $r_n = \varepsilon_o h^2 n^2/\pi m e^2 Z$; $r_o = 0{,}53.\ 10^{-10}$ m
4. $E_n = -me^4Z^2/8\varepsilon_o^2h^2n^2$; $\lambda_{32} = 657$ nm
$\lambda_{42} = 487$ nm ; $\lambda_{52} = 435$ nm ; $\lambda_{62} = 411$ nm
5. W_i H = 13,6 eV ; W_i He^+ = 54,4 eV ; $W_i Li^{++}$ = 122,4 eV
6. $\lambda_n = 2h^2\varepsilon_o n/mZe^2$

Exercice 2

Une cellule photoélectrique à vide est éclairée par un rayonnement monochromatique de longueur d'onde $\lambda_1 = 589{,}0$ nm. Le potentiel d'arrêt des photoélectrons est égal à 0,36 V.

1. Quelle est la fréquence seuil de la substance photosensible ?

2. Sachant qu'à la longueur d'onde λ_1 le rendement quantique est de 0,5 %, quelle est la valeur (en mW) du flux lumineux requis pour que le courant de saturation ait une intensité de 50 µA ?

3. Quelle est la valeur du potentiel d'arrêt lorsque la cellule est éclairée par un rayonnement U.V. de longueur d'onde $\lambda_2 = 253{,}7$ nm ?

4. Pour la longueur d'onde λ_2, calculer la vitesse maximale d'impact sur l'anode des photoélectrons, lorsque la tension d'accélération est de 100 V.

Rép. : 1. $\nu_o = 4{,}22.\ 10^{14}$ Hz $\quad$ 2. $\phi = 21$ mW
3. $U_2 = 3{,}14$ V $\quad$ 4. $v = 6{,}02.\ 10^6$ m. s^{-1}

Exercice 3

Un photomultiplicateur comportant 10 dynodes fonctionne sous une tension U telle que le facteur d'amplification moyen N de chaque étage est égal à 3,5.

1. Quel est le gain G du photomultiplicateur ?

2. Quelle est la charge collectée par l'anode pour chaque photoélectron émis par la cathode ?

3. Pour un rayonnement monochromatique incident de longueur d'onde $\lambda = 500$ nm, le rendement quantique de la photocathode est égal à 12 %. Quelle est, à cette longueur d'onde, la sensibilité anodique S du PM (= intensité du courant par unité de flux lumineux) dans les conditions de fonctionnement indiquées précédemment. Exprimer le résultat en mA. μW^{-1}.

4. En raison de l'existence d'un courant d'obscurité, le photocourant minimum détectable a une intensité de 10 nA. Quel est le nombre minimum de photons détectables par seconde, à la longueur d'onde $\lambda = 500$ nm ?

Rép. : 1. G = 275 855 $\quad$ 2. Q = 4,42. 10^{-14} C
3. S = 13,35 mA. μW^{-1} $\quad$ 4. n = 1,89. 10^6 s^{-1}

Exercice 4

$R_\infty = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\right)^2 . \frac{2\pi^2 e^4}{h^3 c}.m$ est l'expression théorique de la constante de Rydberg établie en supposant que le noyau de l'atome d'hydrogène est immobile. Dans cette expression, m est la masse de l'électron. En réalité, le mouvement du noyau affecte l'énergie totale de l'atome. Pour tenir compte de cet effet, la constante de Rydberg doit être légèrement modifiée et son expression devient :

$$R_H = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\right)^2 . \frac{2\pi^2 e^4}{h^3 c} . \mu$$

où μ est la masse réduite de l'atome : $\mu = \frac{m\ .\ M}{m + M}$
avec M = masse du noyau.

orsqu'on observe le spectre d'émission (série visible) d'un mélange d'hydrogène et de tritium, on s'aperçoit que la raie H_α est composée de deux raies rapprochées.

1. Sachant que $R_H = 1{,}09678.10^7\ m^{-1}$, calculer la valeur de la constante de Rydberg R_T pour le tritium (masse du noyau de tritium = 3,01605 u).

2. Quelle est la différence de longueur d'onde $\Delta\lambda$ (en nm) entre la raie H_α de l'hydrogène et celle du tritium ?

Rép. : 1. $R_T = 1{,}09718.10^7\ m^{-1}$ 2. $\Delta\lambda = 0{,}239$ nm

Exercice 5

Pour extraire un électron du métal d'une photocathode donnée, il faut fournir un travail $W_o = 2{,}88.10^{-19}$ J.

1. Comparer l'action sur la photocathode de deux radiations monochromatiques dont les longueurs d'onde sont respectivement $\lambda_1 = 800$ nm et $\lambda_2 = 300$ nm

2. Trouver l'énergie cinétique et la vitesse maximale des électrons émis par la photocathode.

Rép. : 1. $\lambda_o = 690$ nm : effet photoélectrique possible avec λ_2 uniquement.
2. $E_c = 3{,}74.10^{-19}$ J ; $v = 9{,}07.10^5\ m.s^{-1}$

Exercice 6

Pour le tungstène, le travail d'extraction vaut 4,49 eV.

1. Déterminer la longueur d'onde seuil pour la photoémission.

2. Si une lumière ultraviolette de 250 nm de longueur d'onde éclaire une surface de tungstène, que vaut l'énergie cinétique maximum des électrons émis ?

3. Que vaut le potentiel d'arrêt ?

Rép. : 1. $\lambda_o = 277$ nm ; 2. $E_c = 0{,}48$ eV ; 3. V = 0,48 V

Exercice 7

Un méson μ négatif (μ^-) a une masse égale à 207 fois celle de l'électron. Sa charge est égale à -e. Comme l'électron, il peut tourner autour d'un noyau. Si un méson μ^- est en orbite autour d'un noyau de soufre (Z = 16), calculer :

1. le niveau d'énergie le plus bas,
2. le rayon moyen de l'orbite,
3. le rapport entre le rayon de l'orbite et le rayon du noyau de soufre qui vaut 4×10^{-15} m.

Rép. : 1. $E_o = -7{,}21.10^5$ eV ; 2. $r_m = 1{,}6.10^{-14}$ m ; 3. 4

Exercice 8

Soit S une lampe émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 4{,}5.10^{-7}$ m.

1. Calculer la fréquence de la radiation et l'énergie (en eV) des photons émis par S.

2. La puissance de la lampe est égale à 150 W. Quel est le nombre de photons émis par seconde, sachant que 2 % seulement de cette puissance est utilisée pour émettre une radiation lumineuse ?

3. S est placée à 1 mètre d'une cellule photoélectrique. Le plan de la cathode est perpendiculaire à la direction de propagation.

a. Quel est le nombre de photons reçus par seconde par la cellule ? On suppose que l'émission de photons est isotrope et que la surface de la cathode est $s = 3\ cm^2$.

b. Si seulement 1 photon sur 10 reçus par la cellule provoque l'émission d'1 électron, quelle est l'intensité du courant électrique passant dans le circuit de la cellule ?

4. Calculer la vitesse d'expulsion d'1 électron du métal de la cathode, sachant que pour l'extraire sans vitesse, l'énergie nécessaire est $W_o = 2{,}25$ eV.

Rép. : 1. $\nu = 6{,}67.10^{14}\ s^{-1}$; W = 2,76 eV
2. $n = 6{,}8.10^{18}$ photons.s^{-1}
3a. $n' = 1{,}6.10^{14}$ photons.s^{-1} ; 3b. i = 2,6 μA
4. $v = 4{,}2.10^5\ m.s^{-1}$

Exercice 9

Un électron de masse m a été accéléré par une tension U. Sa vitesse est v.

1. Exprimer la longueur d'onde associée à cet électron en fonction de m et v.

2. Ecrire l'expression de U, tension nécessaire pour communiquer à l'électron la vitesse v.

3. Application numérique : $v = 2{,}70.10^8\ m.s^{-1}$.

Rép. : 1. $\lambda = h\ (1 - \beta^2)^{1/2}/m\ v$

$$2.\ U = \frac{m\,c^2}{e}\left[\frac{1}{(1-\beta^2)^{1/2}} - 1\right]$$

3. λ = 1,17 pm ; U = 662 kV

OPTIQUE

7ème séance

Exercice 1

Un faisceau de RX monoénergétiques de longueur d'onde $\lambda = 0{,}0712$ nm se propage suivant XX' et tombe sur une plaque métallique. On observe les photons diffusés dans une direction YY' faisant avec XX' un angle θ et les électrons de recul dans une direction ZZ' faisant un angle ϕ.
Pour $\theta = 90°$, calculer $\Delta\lambda$, $\Delta\nu$ et ΔW entre le photon incident et le photon diffusé ainsi que la vitesse v et l'angle ϕ de l'électron de recul (faire l'approximation non relativiste).

Rép. : $\Delta\lambda = 2{,}42.10^{-12}$ m ; $\Delta\nu = 1{,}38.10^{17}$ Hz ; $\Delta W = 9{,}14.10^{-17}$ J
$v = 1{,}42.\ 10^{7}$ m. s^{-1} ; $\phi = 44°$

Exercice 2

Un faisceau parallèle de RX est constitué de deux radiations de longueur d'onde λ_1 et λ_2 dont les flux respectifs sont ϕ_1 et ϕ_2. Ce rayonnement traverse un écran de cuivre d'épaisseur e = 2,4 mm. Pour le cuivre, l'épaisseur de demi-atténuation correspondant à λ_1 vaut 0,6 mm et celle correspondant à λ_2 vaut 0,4 mm.
Sachant que le rapport des flux incidents ϕ_1/ϕ_2 est égal à 1/4 :

1. Calculer le rapport ϕ'_1/ϕ'_2 des deux flux émergents.
2. Calculer la fraction transmise du flux total (en %).

Rép. : 1. $\phi'_1/\phi'_2 = 1$ 2. F = 2,5 %

Exercice 3

Un faisceau de rayons X est produit par un tube à anticathode de chrome fonctionnant sous une tension de 40 kV.

1. Quelle est la longueur d'onde minimale λ_o du rayonnement émis ?
2. La principale raie d'émission est la raie K_α du chrome de longueur d'onde $\lambda_{K\alpha} = 0{,}229$ nm. Sachant que la discontinuité d'absorption K est située à la longueur d'onde $\lambda_K = 0{,}207$ nm, en déduire l'énergie d'ionisation moyenne des niveaux L_{II} et L_{III} du chrome (exprimer le résultat en eV).
3. On place devant la fenêtre du tube une feuille mince de fer de 5.10^{-2} mm d'épaisseur. Quel est le pourcentage de transmission du rayonnement X à la longueur d'onde $\lambda = 0{,}229$ nm sachant que le coefficient d'atténuation massique μ_m du fer est égal à 115 cm^2.g^{-1} et sa masse volumique à 7,87 g.cm^{-3} ?

4. Calculer le coefficient d'atténuation linéaire μ_l du fer à la même longueur d'onde.
5. Quelle est l'épaisseur de demi-atténuation du fer à cette longueur d'onde ?
6. Entre deux discontinuités, le coefficient d'atténuation massique varie selon la relation $\mu_m = KZ^4\lambda^3$ où Z est le numéro atomique et K une constante. Calculer l'épaisseur de demi-atténuation du fer à la longueur d'onde $\lambda = 0{,}3$ nm.

Rép. : 1. $\lambda_o = 0{,}31.\ 10^{-10}$ m 2. $E_{iL} = 576$ eV
3. T = 1,1 % 4. $\mu_l = 905$ cm^{-1} 5. $x_{1/2} = 7{,}7$ µm
6. $x_{1/2} = 3{,}4$ µm

Exercice 4

Un tube de rayons X possède une anticathode de molybdène dont l'énergie de liaison des électrons K est égale à -20,002 KeV.

1. Quelle doit être la tension minimale de fonctionnement de ce tube pour qu'apparaissent les raies X de la série K ?
2. Quelle doit être la tension de fonctionnement de ce tube pour que la longueur d'onde minimale du rayonnement X continu soit égale à 0,05 nm ?
3. Ce tube possède une fenêtre de béryllium de 1 mm d'épaisseur. Quel est le pourcentage de transmission des radiations K_α du molybdène à travers une telle fenêtre, sachant que le coefficient d'atténuation massique du béryllium est égal à 0,28 cm^2.g^{-1} pour cette raie ?
4. Le pourcentage de transmission des radiations $L\alpha$ du molybdène étant égal à 0,003 % à travers cette même fenêtre, quel est le coefficient d'atténuation linéaire du béryllium à la longueur d'onde considérée ?

Application numérique : masse volumique du béryllium = 1,85 g.cm^{-3}

Rép. :
1. U = 20 002 volts 2. U = 24 825 volts
3. % T = 95 % 4. $\mu_l = 104$ cm^{-1}

Exercice 5

L'anticathode d'un tube à rayons X est constituée d'un matériau pour lequel l'énergie de liaison des électrons de la couche K est $E_K = -72{,}474$ keV. La longueur d'onde de la raie K_α est de 0,02 nm.

1. Quelle doit être la différence de potentiel minimale appliquée au tube et la vitesse minimale des électrons pour qu'apparaissent les raies de la série K ?

2. Quel est le numéro atomique de l'élément de l'anticathode ?

3. Calculer la longueur d'onde de la raie $L\alpha$ du spectre.

Pour les atomes lourds, la constante d'écran = 1 pour une raie K et 7,4 pour une raie L.

Rép. :

1. $U_o = 72\ 474$ V ; $v = 1{,}45.10^8$ m. s^{-1} 2. Z = 79 (Au)
3. $\lambda L_\alpha = 0{,}128$ nm

Exercice 6 :

Pour le cuivre (Z = 29), l'énergie d'ionisation du niveau K est égale à 8,980 keV ; les longueurs d'onde des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ sont respectivement 0,1540 nm et 0,1544 nm.

1. Quelles sont les énergies d'ionisation des niveaux L_{II} et L_{III} du cuivre ?

2. Quelles sont les longueurs d'onde des discontinuités d'absorption L_{II} et L_{III} du cuivre ?

3. Les raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ étant très voisines, on les confond souvent en une seule raie $K\alpha$. Dans ces conditions, calculer la longueur d'onde de la raie $K\alpha$ du zinc (Z = 30) à partir de celle du cuivre.
La constante d'écran est égale à 1 pour une raie K.

Rép. :

1. $Ei_{L_{III}} = 920$ eV et $Ei_{L_{II}} = 941$ eV
2. $\lambda_{L_{III}} = 1{,}349$ nm et $\lambda_{L_{II}} = 1{,}319$ nm
3. $\lambda(K\alpha, Zn) = 0{,}144$ nm

Exercice 7 :

On considère un faisceau parallèle monoénergétique de rayons X (100 keV) de 10^5 photons par seconde.

Que devient le flux énergétique lorsque le faisceau traverse un écran de 1 mm de plomb dont le coefficient d'atténuation linéaire est de 5 cm^{-1} à cette énergie ?

Rép. : $\phi = 9{,}72.10^{-10}$ W

Exercice 8 :

Un tube de rayons X à anode de molybdène fonctionne sous une tension de 50 kV.

1. Quelle est la longueur d'onde minimale λ_o (en nm) du rayonnement émis ?

2. Quelles sont les longueurs d'onde des radiations caractéristiques $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ émises par ce tube sachant que les énergies des niveaux électroniques K, L_I, L_{II}, L_{III} du molybdène sont respectivement : -20,00 keV, -2,88 keV, -2,63 keV, -2,52 keV ?
Exprimer les résultats en nm.

3. Quelle est la valeur minimale de la tension de fonctionnement du tube (en kV) pour que l'émission des raies de la série K du molybdène soit possible ?

4. Quelle doit être l'épaisseur x d'un écran en fer pour atténuer de 50 % le flux de rayons X à la longueur d'onde λo ?
On donne : coefficient d'atténuation massique : $\mu_{m_{Fe}}(\lambda_o) = 1{,}90$ $cm^2.g^{-1}$.
masse volumique : $\rho Fe = 7{,}87$ $g.cm^{-3}$

5. Une feuille de béryllium ($\rho_{Be} = 1{,}85$ $g.cm^{-3}$) de même épaisseur x absorbe 1.2 % du rayonnement à la même longueur d'onde λ_o.

Quel est le coefficient d'atténuation linéaire (en cm^{-1}) du béryllium à cette longueur d'onde ?

6. Quel est son coefficient d'atténuation massique (en $cm^2.g^{-1}$) à la même longueur d'onde ?

Rép. : 1. $\lambda_o = 0{,}0248$ nm ; 2. $\lambda_{K\alpha_1} = 0{,}0710$ nm ; $\lambda_{K\alpha_2} = 0{,}0715$ nm
3. U = 20 kV ; 4. x = 0,464 mm ; 5. $\mu = 0{,}260$ cm^{-1}
6. $\mu_m = 0{,}141$ $cm^2.g^{-1}$

OPTIQUE

8ème séance

Exercice 1

Un réseau par réflexion est éclairé par un faisceau lumineux parallèle et monochromatique de longueur d'onde λ_o, sous un angle d'incidence α.

1. Quel est l'angle β qui correspond à la diffraction d'ordre zéro ?

2. Combien d'ordres de diffraction peut-on observer pour $\alpha = 30°$?

3. Lorsque ce réseau est éclairé en lumière polychromatique, quel est son pouvoir dispersif au voisinage de λ_o dans l'ordre + 1 ? Exprimer le résultat en minute d'angle par nanomètre.

A.N. : $\lambda_o = 600$ nm ; $n = 400$ traits/mm ; $\alpha = 30°$

Rép. : 1. $\beta = -30°$ 2. 9 ordres 3. $1{,}42'.nm^{-1}$

Exercice 2

Quel est le pourcentage de lumière absorbée par des substances dont les absorbances sont 1, 2 et 3 ? Conclusions.

Rép. : 90 % A = 1 ; 99 % A = 2 ; 99,9 % A = 3

Exercice 3

Le cholestérol plasmatique développe avec l'anhydride acétique en milieu sulfurique une coloration verte dont le maximum d'absorption se situe à 575 nm (réaction de LIEBERMANN). Une solution étalon de cholestérol à 5,5 $mmol.l^{-1}$ diluée au 1/50 et traversée par un faisceau de lumière parallèle ($\lambda = 575$ nm) sous une épaisseur de 0,5 cm, entraîne une absorbance de 0,28.

1. Calculer l'absorptivité molaire du complexe.

2. On utilise la réaction de LIEBERMANN sur un plasma dilué au 1/100. La mesure spectrophotométrique se fait dans les mêmes conditions que précédemment. Le flux lumineux chute de 40 % après passage à travers la solution. Quelle est la concentration du cholestérol plasmatique ?

Rép. 1. $\varepsilon = 5091\ mol^{-1}.\ l.\ cm^{-1}$ 2. $C = 8{,}7\ mmol.\ l^{-1}$

Exercice 4

Un faisceau parallèle monoénergétique de photons X, d'énergie 6,399 keV est diffracté par un monocristal de quartz selon la méthode de BRAGG. On observe des maxima d'intensité successifs lorsque le faisceau "réfléchi" est dévié de certains angles α_i par rapport à la direction incidente.

1. Soit $\alpha_1 = 33{,}69°$, la position angulaire du premier maximum d'intensité observé. Calculer la distance réticulaire d (nm) caractérisant la famille de plans responsables de cette réflexion sélective.

2. Calculer, au voisinage de α_1 et dans le premier ordre, la dispersion angulaire $\frac{d\alpha}{d\lambda}$ (en $°.nm^{-1}$) de ce cristal vis-à-vis d'un faisceau X polychromatique.

Rép. : 1. $d = 3{,}35.\ 10^{-10}$ m 2. 178,86 $°.\ nm^{-1}$

Exercice 5

Un faisceau parallèle polychromatique de photons X est diffracté par un cristal immobile. La longueur d'onde la plus courte du faisceau incident est de 0,04 nm.

On donne :

- l'angle entre les rayons incidents et les plans de réflexion $\alpha = 10°$,
- la distance réticulaire $d = 0{,}2$ nm.

Quelles sont les longueurs d'onde "réfléchies" le plus intensément par les plans considérés ?

Rép. : $\lambda = 0{,}0695$ nm

Exercice 6

Un pinceau de lumière monochromatique est envoyé sous une incidence normale à travers un réseau de diffraction par transmission qui comporte 6000 traits par centimètre. Le rayon diffracté du deuxième ordre fait un angle de 30° avec le rayon central.

Quelle est la longueur d'onde de la lumière utilisée ?

Rép. : 0,417 µm.

Exercice 7

Un réseau de diffraction par transmission de pas $d = 2{,}5 \times 10^3$ nm est éclairé, sous une incidence normale, par un faisceau de lumière dont les longueurs d'onde s'étendent de 400 à 700 nm.

Quels sont les angles β qui correspondent aux diffractions d'ordre 1, 2 et 3 ?

Rép. : k = 1 $9° < \beta < 16°$; k = 2 $19° < \beta < 34°$;
k = 3 $29° < \beta < 57°$

xercice 8
eut-on distinguer, avec un spectrographe à prisme ayant une résolution
le 10 000, les raies d'émission 553,857 et 553,928 nm du fer ?
ép. : oui $\Delta\lambda min = 0,0554$ nm

xercice 9
e fumarate de sodium en solution aqueuse présente un maximum d'absorption
à 250 nm. Une solution à 5.10^{-4} mol.l^{-1} donne un pourcentage de trans-
mission de 19 % à cette longueur d'onde. En admettant la validité de
la loi de BEER, calculer la concentration d'une solution d'absorbance
égale à 0,43 mesurée dans la même cuve du spectrophotomètre.
Rép. : $0,3.10^{-3}$ mol.l^{-1}.

Exercice 10
Les solutions aqueuses de $KMnO_4$ ont un maximum d'absorption à 550 nm.

1. Calculer, pour cette longueur d'onde, l'absorptivité molaire de $KMnO_4$ si une solution à 48 mg.l^{-1} placée dans une cuve de 10 mm d'épaisseur donne une absorbance de 0,72.

2. Quelle est la concentration, en mg.l^{-1}, d'une solution aqueuse de $KMnO_4$ qui a un pourcentage d'absorption de 33 % dans les mêmes conditions de mesure que précédemment.

Rép. : 1. $\varepsilon = 2\ 370$ mol^{-1}.l.cm^{-1} ; 2. c = 11,6 mg.l^{-1}.

Exercice 11
Une solution aqueuse d'une substance absorbante est analysée par spectrophotométrie.

1. Le pourcentage de flux lumineux transmis étant de 25 % à la longueur d'onde du maximum d'absorption, quelle est en g.l^{-1} la concentration de cette substance ?

On donne : épaisseur de la cuve, x = 1 cm ; masse molaire = 210 g.mol^{-1} ; absorptivité molaire $\varepsilon = 5.10^3$ mol^{-1}.l.cm^{-1}

2. Si l'on admet que la loi de BEER-LAMBERT s'applique jusqu'à une absorbance maximale égale à 2, au-delà de quelle valeur les concentrations déduites de cette loi sont-elles entachées d'une erreur par défaut ?

Rép. : 1. $C = 25.10^{-3}$ g.l^{-1} ; 2. $C_{max} = 84.10^{-3}$ g.l^{-1}

Exercice 12
Un faisceau de lumière parallèle monochromatique traverse une solution absorbante homogène.

1. Soit ϕ_o le flux incident et ϕ_1 le flux transmis. Sachant que cette solution absorbe 80 % de ϕ_o, calculer l'absorbance correspondante.

2. Soit ϕ_2 le flux lumineux transmis lorsque l'épaisseur de solution double. Quel est alors le pourcentage de flux absorbé ?

Rép. : 1. $d_1 = 0,699$; 2. 96 %

Exercice 13
L'absorptivité molaire de l'adénine dans HCl 0,1 mol.l^{-1} est de 1,34. 10^4 mol^{-1}. l.cm^{-1} pour son maximum d'absorption à $\lambda = 262$ nm.
Soit une cuve de 1 cm d'épaisseur contenant une solution à 0,2 µg. ml^{-1} d'adénine dans HCl 0,1 mol.l^{-1}, traversée par un faisceau de longueur d'onde $\lambda = 262$ nm.

1. Quel est le pourcentage de lumière absorbée par la solution ?
Masse molaire de l'adénine : 135 g. mol^{-1}

2. La longueur d'onde du faisceau incident est déplacée à $\lambda' = 270$ nm. Que devient l'absorbance de la solution, les autres conditions expérimentales restant identiques ? Expliquez votre réponse.

Rép. : 1. 4,5 % 2. A$\searrow$

Exercice 14
Soit une substance optiquement active A se présentant sous la forme dextrogyre A_D en solution acide (pH = 1) avec $\alpha^+_D = + 51,6°.dm^{-1}.g^{-1}.ml$ et sous la forme levogyre A_L en solution basique (pH = 12) avec $\alpha^-_D = -36,2°.dm^{-1}.g^{-1}.ml$. A la neutralité, il y a équilibre entre les formes A_D et A_L. Une solution à pH neutre de la substance A à la concentration C = 60 g.l^{-1} est introduite dans un tube polarimétrique de 2 dm de long. Elle fait tourner la vibration lumineuse vers la droite d'un angle $\alpha = + 3°26'$.

Quelle est la proportion des formes A_D et A_L en équilibre ?
On appellera C_D et C_L les concentrations des formes A_D et A_L, et on cherchera la relation existant entre C_D (ou C_L) et les données.

Rép. : $C_D/C = 0,74$

EXAMEN BLANC - PHYSIQUE NUCLEAIRE

9ème séance

La première partie de la séance est consacrée à la correction de l'examen blanc.

Exercice 1 :

L'activité d'un radioélément diminue de 1 % par an.

1. Calculer la constante radioactive et la période de ce nucléide.
2. Calculer la masse correspondant à 50 MBq d'iode 125 (T = 60 jours) et d'uranium 235 ($T = 7.10^8$ ans).

Rép. : 1. T = 68,97 ans ; $\lambda = 1,005.\ 10^{-2}$ an^{-1}

2. ^{125}I $m = 7,76.\ 10^{-8}$ g ; ^{235}U m = 621 g

Exercice 2 :

Soit un atome d'aluminium $^{27}_{13}Al$. La masse de son noyau est égale à 26,97460 u.

1. Quelle est l'énergie totale de liaison de ce noyau ?
2. Quelle est son énergie de liaison par nucléon ?

Rép. : 1. B = 224,8 MeV ; B/A = 8,33 MeV par nucléon

Exercice 3 :

L'isotope 32 du phosphore (Z = 15) se désintègre en donnant du soufre 32 stable.

1. Ecrire l'équation de transformation, sachant qu'il s'agit d'une désintégration β^- (sans émission de γ).
2. Quelle est, en MeV, l'énergie maximale du rayonnement β^- ? On donne la masse de l'atome de ^{32}P = 31,97390 u et la masse de l'atome de ^{32}S = 31,97207 u.
3. Quelle est l'énergie de liaison par nucléon (en MeV) du phosphore 32 ? (on négligera l'énergie de liaison électronique).
4. Quelle est la période (en heure) du phosphore 32, sachant qu'au bout de 1 000 heures, il reste 13,4 % des atomes du départ ?
5. Quelle masse (en gramme) de phosphore 32 doit-on se procurer si l'on désire une activité initiale de 40 MBq ?

Rép. : 1. $^{32}_{15}P \longrightarrow ^{32}_{16}S + \beta^- + \nu$

2. E β-max = 1,705 MeV ; 3. B/A = 8,47 MeV par nucléon

4. T = 345 h ; 5. $m = 3,81.10^{-9}$ g

Exercice 4 :

L'uranium 238 se désintègre par émission α et donne par filiation un élément stable qui est le plomb 206. La période de l'uranium 238 étant très longue par rapport à tous les autres noyaux de la série on peut écrire en première approximation (sans tenir compte des émissions β^-) :

$^{238}U \quad ^{206}Pb + 8\ ^{4}He$ avec $T = 4,7.10^9$ années

1. Combien y-a-t-il de noyaux dans 1 kg d'uranium 238 ?
2. Quel est le nombre de noyaux de plomb formés par an et par kg d'uranium 238 ?
3. Quelle est la masse (ng) de plomb formée par an et par kg d'uranium 238 ?
4. Quel est le volume (en m^3) d'hélium formé (C.N.T.P.) par an et par kg d'uranium ?
5. Un minerai contient 5 g de plomb par kg d'uranium. Déterminer l'âge de ce minerai.
6. En supposant que l'hélium produit par la désintégration de l'uranium reste emprisonné dans le minerai, quel est l'âge d'un minerai renfermant 2.10^{-6} m^3 d'hélium (C.N.T.P.) par kg d'uranium 238 ?

Rép. :

1. $2,53.10^{24}$ atomes/kg d'uranium 2. $3,73.10^{14}$ atomes de $^{206}Pb/an.kg^{238}U$
3. m = 127,6 ng Pb/an.kg ^{238}U 4. $V = 1,11.10^{-10}$ m^3 He
5. $3,91.10^7$ ans 6. $1,80.10^4$ ans

Exercice 5 :

1. Quelle est pour l' $^{235}_{92}U$ l'énergie de liaison nucléaire et l'énergie de liaison par nucléon.

On donne : énergie de liaison atomique totale = 504 keV,

masse de l'atome $^{235}_{92}U$ = 235,043915 u

2. Calculer l'énergie libérée au cours de la fission d'un noyau d'uranium 235

$$^{235}_{92}U + n(\text{thermique}) \longrightarrow ^{146}_{58}Ce + ^{85}_{34}Se + 5\ n + \text{Energie}$$

On donne : masse de l'atome $^{146}_{58}Ce$ = 145,9164 u

Masse de l'atome $^{85}_{34}Se$ = 84,9177 u

3. Retrouver le résultat précédent sachant que les énergies de liaison par nucléon dans l'uranium 235, le cérium 146 et le sélénium 85 sont respectivement égales à 7,50, 8,25 et 8,50 MeV.

Rép. : 1. B = 1783,8 MeV et B/A = 7,59 MeV par nucléon

2. Q = 163,16 MeV 3. E = 164,50 MeV

Exercice 6

On obtient le radioisotope ${}^{99m}Tc$ (état excité métastable ${}^{99}_{43}Tc$) par désintégration β^- à partir d'un élément père noté X.
Le ${}^{99m}Tc$ se désexcite par émission γ vers le fondamental de ${}^{99}Tc$, qui lui-même se désintègre par émission β^- vers un noyau stable Y. Ce même noyau Y peut être obtenu par désintégration β^+ et CE à partir d'un radioélément T.

On demande d'identifier les noyaux X, Y et T (numéro atomique, nom, nombre de masse).

On rappelle les numéros atomiques des éléments suivants :

Molybdène (Mo) : 42	Ruthénium (Ru) : 44
Technétium (Tc) : 43	Rhodium (Rh) : 45

Rép. :
$X = {}^{99}_{42}Mo$ $\quad Y = {}^{99}_{44}Ru$ $\quad T = {}^{99}_{45}Rh$

Exercice 7

Le volume d'eau totale chez l'homme peut être déterminé par dilution radioisotopique à l'aide de l'eau tritiée (${}^3H_2O$). Trois heures après l'injection, le traceur est réparti de façon homogène dans les différents compartiments aqueux de l'organisme. Un malade de 82 kg reçoit par voie I.V. 1,32 MBq de ${}^3H_2O$. Le comptage de 2 ml d'eau plasmatique d'un prélèvement sanguin effectué trois heures plus tard a donné 1 472 i.p.m. (impulsions par minute).

Sachant que le rendement du compteur pour l'eau tritiée est de 48 %, calculer le volume d'eau totale de ce malade.

Rép. : 51,7 litres.

Exercice 8

Certaines de ces réactions nucléaires sont impossibles. Dire lesquelles, et en établir l'équation correcte (on suppose que l'erreur est faite sur le noyau résiduel).

1. ${}^{130}_{52}Te\ (n, 2n)\ {}^{129}_{52}Te$	6. ${}^{11}_{5}B\ (\gamma, 3p)\ {}^{8}_{2}He$
2. ${}^{55}_{25}Mn\ (n, \gamma)\ {}^{56}_{25}Mn$	7. ${}^{90}_{40}Zr\ (p, 4n)\ {}^{87}_{43}Tc$
3. ${}^{20}_{10}Ne\ (p, n)\ {}^{21}_{11}Na$	8. ${}^{12}_{6}C\ (\alpha, {}^{8}Li)\ {}^{9}_{5}B$
4. ${}^{113}_{49}In\ (\alpha, 2n)\ {}^{116}_{50}Sn$	9. ${}^{97}_{42}Mo\ (d, 2n)\ {}^{97}_{43}Mo$
5. ${}^{34}_{16}S\ (d, \alpha)\ {}^{32}_{15}P$	10. ${}^{60}_{28}Ni\ ({}^3He, n)\ {}^{62}_{29}Cu$

Rép. : 3. ${}^{20}_{11}Na$ 4. ${}^{115}_{51}Sb$ 7. ${}^{87}_{41}Nb$ 8. ${}^{8}_{5}B$ 9. ${}^{97}_{43}Tc$ 10. ${}^{62}_{30}Zn$

RADIOACTIVITE

10ème séance

Exercice 1

Un adulte compte environ 0,25 % de potassium par kg . L'abondance isotopique en ^{40}K est de 0,012 %. La période du ^{40}K est de $1,25.10^9$ ans.

Calculer l'activité du ^{40}K chez un individu de 65 kg.

Rép. : A = 5160 Bq

Exercice 2

On se propose de déterminer l'âge d'un os de squelette. La combustion complète d'un fragment osseux dans l'oxygène a permis d'obtenir 2 250 cm^3 de CO_2 (C.N.T.P.).

Placé dans un compteur proportionnel pendant 24 heures, ce volume de gaz carbonique a délivré une activité de 6 661 désintégrations. Le bruit de fond de l'appareil est de 1,6 i.p.m. (impulsion par minute).

Sachant que l'activité d'un organisme vivant est de 15 d.p.m. (désintégrations par minute) et par gramme de carbone, calculer l'âge de ce squelette. (période du ^{14}C = 5 730 ans)

N.B. : bruit de fond = impulsions parasites délivrées par le compteur en l'absence de toute source radioactive.

Rép. : t = 14 775 ans

Exercice 3

Certains noyaux peuvent se désintégrer à la fois par émission β^-, β^+ et CE. Il en est ainsi du $^{64}_{29}Cu$. Le ^{64}Ni et le ^{64}Zn sont tous les deux stables. Les masses de ces deux atomes sont équivalentes à :

59 544,870 MeV pour $^{64}_{28}Ni$ et 59 545,975 MeV pour $^{64}_{30}Zn$

Par ailleurs, on a mesuré l'énergie maximale du spectre β^- du ^{64}Cu. On a obtenu E_{max} (β^-) = 0,571 MeV et on a vérifié que la désintégration β^- n'était suivie d'aucune désexcitation gamma.

1. Quels sont les noyaux fils du ^{64}Cu lors de l'émission β^-, puis β^+ ? Etablir un diagramme de désintégration.

2. Quelle est, en MeV, la masse du ^{64}Cu ?

3. Quelle est, dans ces conditions, l'énergie E_{max} (β^+) maximale emportée par le positron (il aboutit, comme le β^-, au fondamental) ?

Rép. : 1. $^{64}_{30}Zn$ β^- ; $^{64}_{28}Ni$ β^+

2. $\mathcal{M}$(64,29) c^2 = 59 546,546 MeV

3. E_{β^+max} = 0,654 MeV

Exercice 4

Soit une particule α quittant le noyau père de numéro atomique Z et de nombre de masse A avec une énergie cinétique E_α. Cette désintégration s'accompagne d'un recul du noyau résiduel fils.

On demande l'énergie totale de désintégration Q_α en fonction de E_α, E_γ et de A.

Le thorium 228 se désintègre en radium 224 avec émission de particules α de 5,421 MeV et de 5,208 MeV. Les probabilités respectives de ces deux désintégrations sont 71 % et 0,4 %. La première conduit au niveau fondamental du noyau de radium et la seconde à un niveau excité.

Quelle est l'énergie du γ associé à l'émission de la particule α de 5,208 MeV ? Construire le schéma de désintégration.

Rép. : $Q = E_\alpha \left(1 + \frac{4}{A - 4}\right) + E_\gamma$; E_γ = 0,217 MeV

Exercice 5

On a constaté que ^{111}In, isotope radioactif de l'indium, perdait 17 % de son activité en 18 heures.

1. Calculer la constante radioactive, la période et la durée de vie moyenne de ce radioisotope.

2. La production de ^{111}In s'effectue classiquement par irradiation protonique d'une cible de ^{111}Cd selon la réaction

$$^{111}_{48}Cd\ (p,n)\ ^{111}_{49}In$$

Quels sont les deux types de désintégration nucléaire prévisibles pour ^{111}In ?

3. Lors de cette production, il se forme également, en faible quantité, ^{114m}In qui a une période de 50 jours. Ce radioisotope représente une impureté indésirable lorsque ^{111}In est utilisé comme traceur in vivo chez l'homme (médecine nucléaire). Dans ce cas, la réglementation recommande de ne plus utiliser la préparation lorsque l'activité en ^{114m}In est supérieure à 0,5 % de celle de ^{111}In.
Si au temps to il y a 0,2 % (en activité) de ^{114m}In dans la préparation injectable (radiopharmaceutique), au bout de combien de temps cette préparation sera-t-elle inutilisable ?

4. Au temps to, l'activité en ^{114m}In est de 723 kBq. Quelle masse de ^{114m}In y-a-t-il au moment où la préparation n'est plus utilisable ?

Rép. : 1. $\lambda = 1,035.\ 10^{-2}\ h^{-1}$; T = 67 h ; τ = 96,6 h

2. β^+, CE 3. t = 93,8 h 4. m = $8,08.\ 10^{-10}$ g

ED physique n° 1

exo 1

a) la θ° K est une grd mesurable et non additive
b) l'intensité lumineuse est une grd dérivée
c) l'unité d'impulsion mécanique est le $N.s^{-1}$
d) 100 f mol de glucose équivalent à $6{,}022.10^{3}$ molécules de glucose.
e) la dimension de l'activité d'une source radioactive est T^{-1}

A juste
B fausse, grd fondamentale
C $\vec{I} = \int \vec{F}.dt$, fausse $\rightarrow$ N.s
D $100.10^{-15} = 0{,}1.10^{-12} \rightarrow$ fausse il y a $6{,}022.10^{10}$
E vrai

M	masse	I	intensité
L	longueur	N	nb de mole
T	temps	Θ	température
		S	

activité source radioactive : nb noyaux / temps $\frac{dN}{dt}$

exo 2

A l'unité de pression est le $kg.m^{-2}$ ds le SI.
B la dimension du champ électrique est $M.L.I^{-1}T^{-3}$
C la cte N_A s'exprime en mol^{-1} ds le SI
D dimension de K_G est $M.L^3.T^{-2}$
E " du moment cinétique J est ML^2T^{-1}

A : force / surface $kg\,m\,s^{-2}/m^2 \rightarrow kg\,m^{-1}s^{-2}$ (Pascal) fausse
B : $\|\vec{E}\| = \frac{dV}{dx}$ dérivée ⊖ par rapport au potentiel.

$$[E] = \frac{[V]}{L}$$

$$W = qV$$

$$[W] = M . L . T^{-2} . L \qquad W = \int \vec{F} . d\vec{l}$$

$$[V] = \frac{M L T^{-2} L}{I T} \qquad q = I t$$

$$[E] = \frac{[V]}{L} = \frac{M L^2 T^{-2}}{L I T} = M . L . I^{-1} . T^{-3}$$

↳ vrai

C : vrai , nb d'espèces par unité de Q de matière

D : $\|\vec{F}\| = K_G \dfrac{m m'}{d^2}$

$$K_G = \frac{\|\vec{F}\| d^2}{m m'}$$

$$[K_G] = \frac{M L T^{-2} . L^2}{M^2} = M^{-1} L^3 T^{-2}$$ → fausse.

E : $\vec{\sigma} = \vec{OM} \wedge \vec{p}$

$$[\sigma] = L . M L T^{-1}$$

$$= M L^2 T^{-1}$$ vrai.

exo 3

A. 32,5 TBq = 3,25 . 10^{13} désintégrations par secondes.

B. impulsion mécanique et travail ont = dimension

C, angle plan est une grd sans dimension.

D. une minute d'angle ≙ 2,90888 . 10^{-3} rad.

E de relation $i_s = e . \rho(\nu) \lambda$ → la grandeur Φ $\quad [\Phi]$ = dimension d'une puissance

charge ; h c → vitesse lum

rendement ← cste de Planck

A_ $32,5\ TBq = 32,5\ 10^{12}\ Bq \rightarrow 3,25\ .\ 10^{13}$ vrai

$1 Bq = 1$ désintégration /s

B $\vec{I} = \int \vec{F}\, dt$ $\quad W = \int \vec{F} \cdot d\vec{l}$ → faux

$[W] = MLT^{-2} . L = ML^2T^{-2}$

C vrai angle plan $\alpha = \dfrac{\widehat{AB}}{OA}$

D faux $1' = 2,90888\ .10^{-4}$ rad

π rad $\hat{=}\ 180° = 180 \times 60'$

E $[\Phi] = \dfrac{\cancel{I}.(M.L^2.T^{-1}).\ \cancel{L}T^{-1}}{\cancel{I}.T.\cancel{L}} = ML^2T^{-3}$

$E = h\nu \rightarrow [h] = \dfrac{ML^2T^{-2}}{T^{-1}} = ML^2T^{-1}$

$[P] = \dfrac{[W]}{T} = ML^2T^{-3}$

oui

exercice 1

vérifier que cette relation est homogène:

$p^2 = \dfrac{E^2}{c^2} - m^2c^2$

$\dfrac{(MLT^{-\cancel{2}1} . \cancel{L})^2}{(\cancel{L}\cancel{T}^{-1})^2} - M^2(LT^{-1})^2 = M^2L^2T^{-2} - M^2L^2T^{-2}$

$\|\vec{p}\|^2 = M^2L^2T^{-2}$

$p^2 \qquad \dfrac{E^2}{c^2} \qquad m^2c^2$

$M^2L^2T^{-2} = M^2L^2T^{-2} = M^2L^2T^{-2}$

exo 2

la vitesse propagat° mvt vibratoire le long
d'une corde tendue dépend de sa masse m, longueur
l et de sa tension F
comment s'exprime cette vitesse en fonction des grd
précédentes.

$$v = f(F ; l ; m)$$

$$v = m^a \times l^b \times F^c$$

$$(LT^{-1}) = (M)^a \, (L)^b \, (MLT^{-2})^c$$

$$LT^{-1} = M^a \, L^b \, M^c \, L^c \, T^{-2c}$$

$$LT^{-1} = M^{(a+c)} \, L^{(b+c)} \, T^{-2c}$$

$$\begin{cases} a + c = 0 \\ b + c = 1 \\ -1 = -2c \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = -\frac{1}{2} \\ b = \frac{1}{2} \\ c = \frac{1}{2} \end{cases} \qquad v = \sqrt{\frac{F.l}{m}}$$

exo 3

calculer valeur de u masse atomique ds le SI
unité masse atomique : masse de 1/12 de l'atome de ^{12}C

$$6{,}02 \text{ atomes de } {}^{12}C \;\hat{=}\; 1 \text{ mole} \;\hat{=}\; 12\,g$$

$$\frac{1}{12} \quad '' \quad '' \quad \frac{1}{12N} \text{ mole} \quad \frac{12}{12N}\,g = \frac{12.10^{-3}}{12N}\,kg$$

$$1\,ua = \frac{1}{12} \cdot \frac{12.10^{-3}}{N} = 1{,}66 \; 10^{-27}\,kg$$

exo 4

Ds modèle atome de Bohr, rayons des orbites stationnaires où gravitent les e⁻ donnés par:

$$R_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{m \pi e^2} \cdot \frac{n^2}{Z}$$

vérifier homogénéité.

$$[R_n] = L$$

$$\left[\frac{\varepsilon_0 h^2}{m \pi e^2} \frac{n^2}{Z}\right] = ?$$

$$\|\vec{F}\| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q q'}{r^2}$$

$$[F] = \frac{[qq']^2}{[\varepsilon_0] L^2} = \frac{I^2 T^2}{L^2 [\varepsilon_0]}$$

$$[\varepsilon_0] = \frac{I^2 T^2}{M L T^{-2} L^2} = M^{-1} T^4 L^{-3} I^2$$

$$\frac{\cancel{M^{-1}} T^{\cancel{4}\,2} L^{-3} \cancel{I^2} . (\cancel{M} L^2 T^{-1})^2}{\cancel{M} . (\cancel{I}T)^2} = L^{-3} \cancel{T^2} L^4 \cancel{T^{-2}} = L$$

La relation est homogène

exo 5

La θ°K à l'intérieur du soleil estimée par relation:

$$T = \frac{1}{5} \frac{K_G^a . M_\odot^b . R_\odot^c . k^d}{N}$$ k = cte de Boltzmann.

qui permet de transformer E en θ°K.
déterminer a b c d par analyse dimensionnelle.

$$\Theta = (\Pi^{-1} L^3 T^{-2})^a \, \Pi^b \, L^c \, (\Pi L^2 T^{-2} \Theta^{-1})^d$$

$PV = nRT$

$$k = \frac{R}{\mathcal{N}_A} = \frac{PV}{\mathcal{N} n T} = \frac{[P]\, L^3}{} = \frac{\Pi L T^{-2} \cdot L^{-2} L^3}{\cancel{N \cdot N^{-1}} \cdot \Theta} = \Pi L^2 T^{-2} \Theta^{-1}$$

$$\Theta = \Pi^{-a} L^{3a} T^{-2a} \Pi^b L^c \Pi^d L^{2d} T^{-2d} \Theta^{-d}$$

$$\Theta = \Pi^{(-a+b+d)} L^{(3a+c+2d)} T^{(-2a-2d)} \Theta^{-d}$$

$$\begin{cases} -d = 1 \\ -a + b + d = 0 \\ 3a + c + 2d = 0 \\ -2a - 2d = 0 \end{cases} \qquad -2a + 2d = 0$$

$$\begin{cases} d = -1 \\ a = 1 \\ -1 + b - 1 = 0 \\ 3 + c - 2 = 0 \end{cases} \qquad \begin{matrix} b = 2 \\ c = -1 \end{matrix}$$

$$T = \frac{1}{5} \, \frac{k_G \, \Pi_\odot^2}{N k R_\odot}$$

ED physique n°2

exo 1

A la force électrique est une force conservative.
B l'impulsion mécanique $\vec{i} = \Delta \vec{p}$
C l'accélération d'une particule de masse m placée ds $\vec{E}$ $\vec{a} = \frac{m}{q}\vec{E}$

D les forces de frottement sont conservatives.
E le champ électrique ds le sens des potentiels décroissants

A vrai
B $\vec{I} = \int \vec{F}.dt = \int \frac{d\vec{p}}{dt}.dt = \int d\vec{p}$ donc $\vec{I} = \Delta \vec{p}$

C faux $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$

D faux → dissipatives
E

A $\vec{f}$ dérive d'une E potentielle, dont le travail indépendant chemin suivi.

$\vec{f} = -\vec{grad}\, E_p$? $\vec{E} = -\vec{grad}\, V = -\frac{dV}{dr}\vec{u}$.

$\vec{F} = -\vec{grad}\, qV = -\vec{grad}\, E_p$

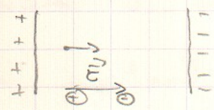
⇒ oui

B. $\vec{i} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}.dt = \int_{t_1}^{t_2} m\frac{d\vec{v}}{\cancel{dt}}.\cancel{dt} = \Delta\vec{p}$ oui

C faux. RFD : $\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}$ <=> $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$

D faux, $\vec{f}_f$ → force dissipative.

E oui $\vec{E} = -\vec{grad}\, V = -\frac{d\vec{V}}{dr}\vec{u}$



$\vec{F} = +q\vec{E}$

$\vec{E}$ de ⊕ vers ⊖, V^+ à V^-

$V \nearrow$, $E \searrow$ ⇒ le champ ds sens potentiel décroissant.

exo 2

A : un R_G est un mvt rectiligne à vitesse cte.
B : la vitesse de la lumière ds vide = c est la même ds ttes les R_G
C : RFD n'est pas identique d'un système d'axe de galilée à l'autre
D : l'origine des axes de copernic est le centre de gravité de la Terre
E : la masse d'une particule ↗ lorsque sa vitesse varie de 0,1c à c

A : oui

B : oui, c'est le 1er postulat de la relativité restreinte.

C :

R_g' R_g V : ≠ de vitesse entre 2 Ref.

$v' \longrightarrow v$

$v' = v + V$

$$\vec{F} = m\vec{a}' = m\frac{d\vec{v}'}{dt} = m\frac{d(\vec{v} + \overset{cte}{\vec{V}})}{dt} = \frac{m\,d\vec{v}}{dt}$$

RFD identique d'un R_g à l'autre, valable pour ttes lois de Ψ

D. non, c'est le soleil.

E.

0,1 c	c
$\vec{p} = m\vec{v}$	$\vec{p} = \gamma m\vec{v}$
$E_c = \frac{1}{2}mv^2$	$E_c = (\gamma - 1)mc^2$

$\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$

$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2}$ qd v faible $\gamma \to 1$

réponse : masse = scalaire invariant.

exo 3

A : le W des forces de frottement associé au déplacement d'un objet est négatif

B : en s'élevant ds champ gravitationnel, un objet acquiert de l'E_c et perd de l'E_p

C : au cours d'un choc, la Q mvt et E_T se conserve.

D : lorsque système soumis à Σ de forces conservatives, il y a conservation de son E mécanique totale.

E : une collision élastique est une collision au cours de laquelle l'E est conservée.

A : $dW = \vec{F}\cdot d\vec{l} = \|\vec{F}\|\cdot dl\cdot\cos\theta$
$= -\|\vec{F}\|\,dl < 0$

$\overset{\vec{F}}{\longleftarrow} \times \overset{d\vec{l}}{\longrightarrow}$

B. faux

C : faux, ssi choc élastique, tjrs vrai ∀ choc, Q mvt se conserve.

D : pas de forces dissipatives ⇒ l'E_T est conservé

E : oui

exo 4

~~A~~: la norme de $\|\vec P\|$ située à altitude h $\|\vec P\| = G\frac{M_T m}{h^2}$

B: la norme du moment cinétique d'un satellite de masse m qui se déplace sur orbite circulaire de rayon R.

$\|\vec\sigma\| = (G M_T m^2 r)^{1/2}$

C: W force de pesanteur < 0

D: solide susceptible d'effectuer une rotation autour axe fixe soumis à un moment de force, son mvt est circulaire et uniforme.

E: $\vec v \wedge \vec p = \vec 0$

A: faux

B: $\|\vec\sigma\| = \vec R \wedge m\vec v$

RFD : $m\vec a = m\vec G = m\frac{v^2}{r}$

$\frac{\cancel{m} v^2}{r} = G\frac{M_T \cancel{m}}{r^2}$ or nulle car mvt uniforme.

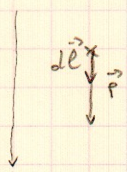
$v^2 = \frac{GM_T}{r}$

$v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$

$\|\vec\sigma\| = r \cdot m\sqrt{\frac{GM_T}{r}} \cdot \sin 30$

$\|\vec\sigma\| = (GM_T m^2 r)^{1/2}$ vrai.

C: $W = \vec P \cdot \vec\ell$

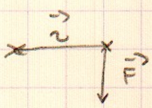


(pas autre force)

$W = \|\vec P\|\ell > 0$

non

D:



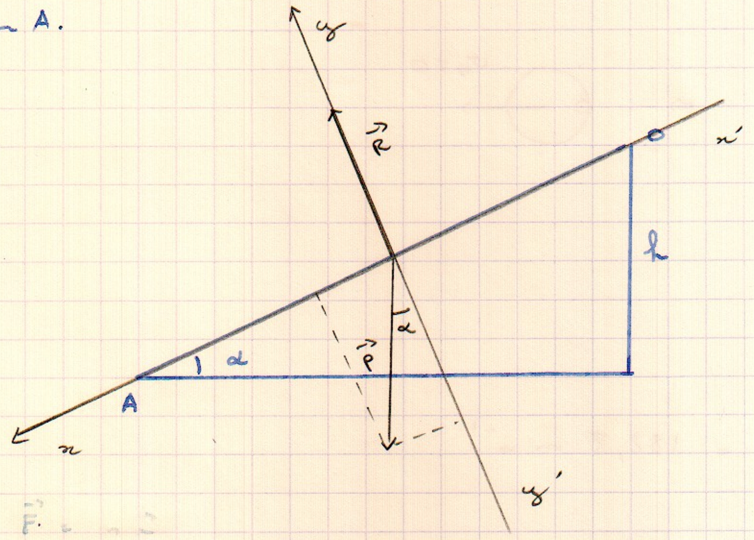
$\vec r \times \vec F$, mvt circulaire

mais $\vec F \Rightarrow \vec F = m\vec a$, uniformément accéléré.

E: oui $\vec v \wedge m\vec v = \vec 0$

exo 5

Un solide supposé ponctuel de masse m est disposé à extrémité supérieure d'un plan incliné d'angle α. h : distance O au plan horizontal. déterminer accélérat° solide et t en négligeant $\vec{f}_R$ et déduire v en A.



SE : solide
Ref : terrestre
FE : $\vec{R}$; $\vec{P} = m\vec{g}$

RFD : $\vec{R} + \vec{P} = m\vec{a}$

sur x'x : $0 + mg \sin\alpha = m a_x$

$$a_x = g \sin\alpha$$

sur y'y : $R - mg\cos\alpha = 0$

$$R = mg\cos\alpha$$

$a = g\sin\alpha$ mvt rectiligne uniformément accéléré.

$$\begin{cases} v = g\sin\alpha\, t \\ x = \frac{1}{2} g \sin\alpha\, t^2 \end{cases} \qquad x = \frac{1}{2} g\sin\alpha \frac{v^2}{(g\sin\alpha)^2}$$

$$v^2 = 2g\sin\alpha \cdot x$$

$$v_A^2 - \cancel{v_0^2} = 2a_x (x_a - x_0)$$

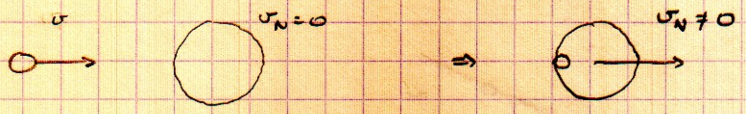
$$v_A^2 = 2g\sin\alpha\, OA = 2g \sin\alpha \frac{h}{\sin\alpha} = 2gh$$

$v_A = (2gh)^{1/2}$ = vitesse en chute libre.

ex 6

Un neutron se déplace à $v = 2700\ m.s^{-1}$ entre en collision avec noyau N au repos.
Le neutron étant absorbé par le noyau, v noyau ?

masse noyau azote : 23.10^{-27} kg



$$m\vec{v} = (m + M)\,\vec{v}_N$$

$$\vec{v}_N = \frac{m}{m+M}\,\vec{v}$$

sur x'x $\quad v_N = \dfrac{m}{m+M}\,v = 182,8\ m\,s^{-1}$

fiche

exo 1

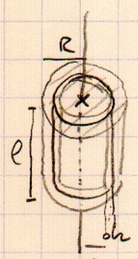
$m = \frac{M}{2}$ $\quad M \quad$ SE : masse m $\quad$ FE : $\vec{P} = m\vec{g}$

Th de l'E_c : $mgz = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J . \omega^2$

E_c de la masse m (translation) $\quad$ J moment d'inertie

v linéaire masse = v linéaire cylindre. $\quad \omega = \frac{v}{R}$

$J = \frac{1}{2} M R^2$



$dJ = R^2 dm$

$d(\pi r^2) = 2\pi r\, dr$

$dJ = R^2 \rho\, dV$ $\quad dV = 2\pi r\, l\, dr$

$dJ = R^2 \rho$

$dJ = 2\pi \rho l r^3 dr$

$J = \int_0^R 2\pi \rho l r^3 dr$

$J = 2\pi \rho l \left[\frac{r^4}{4}\right]_0^R$

$J = 2\pi \rho l \frac{R^4}{4}$

$J = \frac{\pi \rho l R^4}{2}$ $\quad M = \rho V = \pi R^2 l \rho$

$J = \frac{1}{2} M R^2$

$\cancel{\frac{M}{2}} g z = \frac{1}{2} \cancel{\frac{M}{2}} v^2 + \frac{1}{2} \cancel{\frac{1}{2}} \cancel{M} \cancel{R^2} . \frac{v^2}{\cancel{R^2}}$.

$gz = v^2$

$v = (gz)^{1/2}$

ED physique n°1

exo 1

$\bar{\nu} = R_H \left(n_1^{-2} - n_2^{-2} \right)$ donc $[R_H] = L^{-1}$

$\|\vec{F}\| = q \, \|\vec{E}\| = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \, \dfrac{qq'}{r^2}$

donc $M L T^{-2} = \left[\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \right] \cdot \dfrac{(IT)^2}{L^2}$

$$\left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \right]^2 = M^2 L^6 T^{-8} I^{-4}$$

$$\left[\frac{2\pi e^4}{h^3 c} \right] = \frac{(IT)^4}{(ML^2T^{-1})^3 L T^{-1}} = M^{-3} L^{-7} T^{8} I^{4}$$

$$\left[\frac{m M}{m+M} \right] = M$$

$$\left[\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \right)^2 \cdot \frac{2\pi e^4}{h^3 c} \cdot \frac{m M}{m+M} \right] = \cancel{M^2} L^6 \cancel{T^{-8}} \cancel{I^{-4}} \cancel{M^{-3}} L^{-7} \cancel{T^{8}} \cancel{I^{4}} \cancel{M} = L^{-1}$$

exo 2

$$D = \frac{\Delta P \, \pi \, r^a}{8 \eta^b \, l}$$

$$[D] = L^3 T^{-1} = M L^{-1} T^{-2} \cdot L^a \cdot M^{-b} L^b T^b \cdot L^{-1}$$

$$L^3 T^{-1} = M^{(1-b)} L^{(a+b-2)} T^{(b-2)}$$

$$\begin{cases} 1-b=0 \\ a+b-2=3 \\ b-2=-1 \end{cases} \qquad b=1 \qquad a=4 \qquad D = \frac{\Delta P \, \pi \, r^4}{8 \eta \, l}$$

exo 3

$$P_A - P_B = \rho\left[g(h_B - h_A) + \frac{1}{2}(v_B^2 - v_A^2)\right]$$

$$[P_A] = [P_B] = ML^{-1}T^{-2} \qquad P = F/S$$

$$[\rho g(h_B - h_A)] = M.L^{-3} \times LT^{-2} \times L = ML^{-1}T^{-2}$$

$$[\rho \tfrac{1}{2}(v_B^2 - v_A^2)] = ML^{-3}(M^0(LT^{-1})^2)$$

$$= ML^{-3}L^2T^{-2}$$

$$= ML^{-1}T^{-2}$$

exo 4

1 mille marin $\hat{=}$ 1852 m

1 " " /h $\hat{=}$ 1,852 km /h

15 noeuds $\hat{=}$ 15 . 1,852 = 27,780 km / h

= 7,72 m.s^{-1}

exo 5

SI : km - g - min

$$c = 3.10^8 \ ms^{-1} = 3.10^5 \ km/s = 1,8.10^7 \ km \ min^{-1}$$

$$g = 3,8 \ m.s^{-2} = 3,8.10^{-3} \ km \ s^{-2} = 2,72.10^{-6} \ km.min^{-2}$$

$$h = 6,62.10^{-34} \ J.s = 6,62.10^{-34} \ kg.m^2.s^{-1}$$

$$= 6,62.10^{-3?} \ g.km^2.s^{-1}$$

$$= 3,97.10^{-35} \ g.km^2.min^{-1}$$

exo 6

$$[c_1] = 2hc^2$$

$$[c_1] = ML^2T^{-1}.L^2T^{-2} = ML^4T^{-3}$$

$$c_2 = \frac{hc}{k} \qquad k = \frac{R}{N} = \frac{PV}{N n T} \Rightarrow \frac{ML^{-1}T^{-2}L^3}{N^{-1}N\,\Theta} = ML^{+2}T^{-2}\Theta^{-1}$$

$$[c_2] = \frac{\cancel{ML^2}\cancel{T^{-1}} \times \cancel{L}\cancel{T^{-1}}}{\cancel{ML^2}\cancel{T^{-2}}\Theta^{-1}} = L\,\Theta$$

$$[L] = [c_1][\lambda]^{-5} = \Pi L^4 T^{-3} L^{-5} = \Pi L^{-1} T^{-3}$$

exo 7

1) $P = h\,\Pi^{3/4}$ $\qquad [P] = \dfrac{\Pi L T^{-2} \cdot L}{T} = \Pi L^2 T^{-3}$

$h = P\,\Pi^{-3/4}$

$[h] = \Pi . L^2 T^{-3}\ \Pi^{-3/4}$

$[h] = \Pi^{1/4} L^2\ T^{-3}$

2) $P = h' \Pi N$

$h' = P\,\Pi^{-1} N^{-1}$

$[h'] = \Pi L^2 T^{-3}\ \Pi^{-1}\ T^{+1} = L^2\ T^{-2}$

3) $h' \Pi N = h\ \Pi^{3/4}$

$N = \Pi^{-1/4} \dfrac{h}{h'} = h''\ \Pi^{-1/4}$

$h'' = \Pi^{1/4}\ N$

$[h''] = \Pi^{1/4} . T^{-1}$

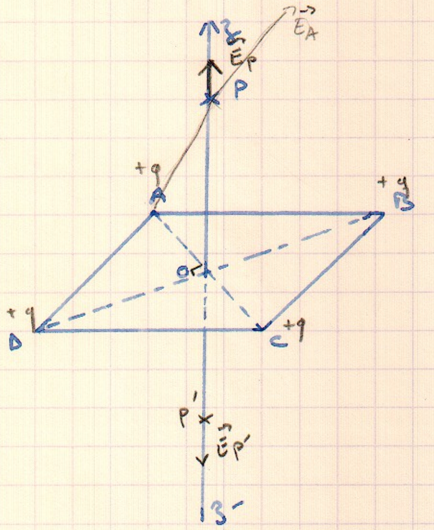
exo 1

4 charges ponctuelles $+q$ se trouvent au sommet ABCD d'un carré de coté a de centre de gravité O.

1- déterminer l'expression du potentiel créé en P situé sur $z'z$ à une distance $OP = z$.

2- déterminer de 2 manières ≠ l'expression vecteur champ $\vec{E}$ créé en P par cette distribution de charge.

AN : $a = 10$ cm
$q = 5.10^{-8}$ C
$OP = 5$ cm.



1) $V_P = \sum_i V_i$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{AP} + \frac{q}{BP} + \frac{q}{CP} + \frac{q}{DP}\right)$$

$$V_P = \frac{4q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{a^2}{2} + z^2\right)^{-1/2}$$

$$AO = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$AP^2 = z^2 + \frac{a^2}{2}$$

$$V_P = \frac{q}{\pi\varepsilon_0\sqrt{\frac{a^2}{2}+z^2}}$$

2) . $\vec{E}_P = -\overrightarrow{\text{grad}}\, V_P = -\frac{dV_P}{dz}\,\vec{u}$

$$E = -\frac{dV_P}{dz} = -\frac{q}{\pi\varepsilon_0}\cdot\left(-\frac{1}{2}\right)\left(\frac{a^2}{2}+z^2\right)^{-3/2}\cdot 2z$$

$$E = \frac{qz}{\pi\varepsilon_0}\left(\frac{a^2}{2}+z^2\right)^{-3/2}$$

. autre méthode $\vec{E}_P = \sum_i \vec{E}_i = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D$

$$\|\vec{E}_A\| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{\left(z^2 + \frac{a^2}{2}\right)}$$

$$\|\vec{E}_P\| = \|\vec{E}_A\| \cdot \cos\alpha \cdot 4$$

$$= \frac{\cancel{4}q}{\cancel{4}\pi\varepsilon_0} \cdot \left(z^2 + \frac{a^2}{2}\right)^{-1} \cdot \left(z^2 + \frac{a^2}{2}\right)^{-1/2} \cdot z$$

$$\cos\alpha = \frac{z}{\sqrt{\frac{a^2}{2} + z^2}}$$

$$\|\vec{E}_P\| = \frac{qz}{\pi\varepsilon_0} \left(\frac{a^2}{2} + z^2\right)^{-3/2}$$

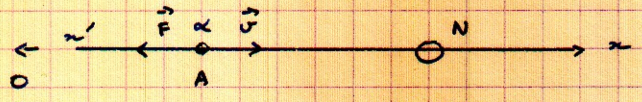
$V_P = 2{,}1 \cdot 10^4$ V

$\|\vec{E}_P\| = 1{,}4 \cdot 10^5$ V/m

exo 4

Th de l'E_c : $\frac{1}{2} E_c - \frac{1}{2} E_{c_0} = qV_0 - qV$

en A ; $v = 0$ et r = distance minimale.



à ∞ $\qquad$ $\alpha \Rightarrow q = 2e$ $\qquad$ N : $q = Ze$

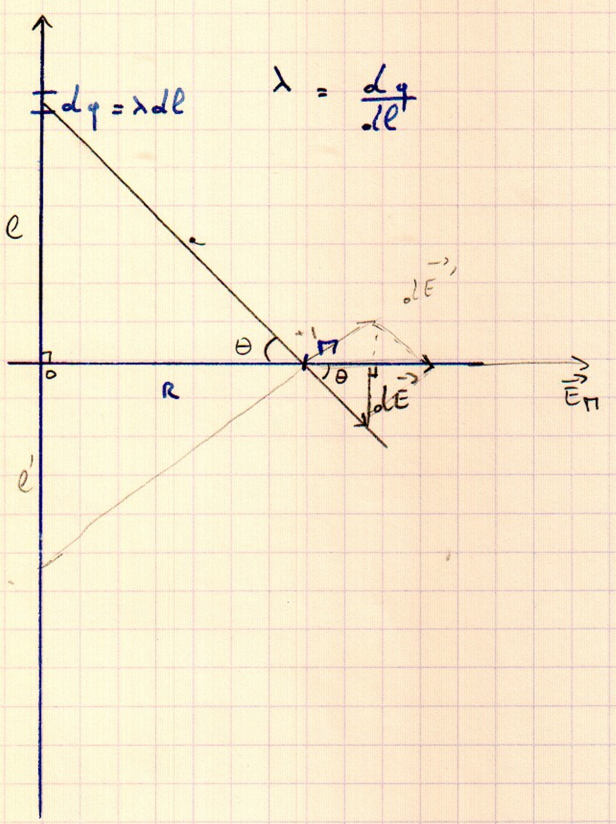
en ∞ ; α accélérée par $E_0 = -E_{c_0}$

$$- E_{c_0} = -qV$$

$$E_0 = 2e \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{Ze}{r}$$

$$r = \frac{2Ze^2}{4\pi \varepsilon_0 E_0}$$

$$r = 2{,}36 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$



$$\lambda = \frac{dq}{dl}$$

La charge n'est pas ponctuelle.

dq est ponctuelle.

$$\|d\vec{E}\| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{a^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda\, dl}{a^2}$$

$$\|\vec{E}_M\| = \int \|d\vec{E}\| . \cos\theta$$

$$\|\vec{E}_M\| = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{dl}{a^2}\cos\theta$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{l}{R}$$

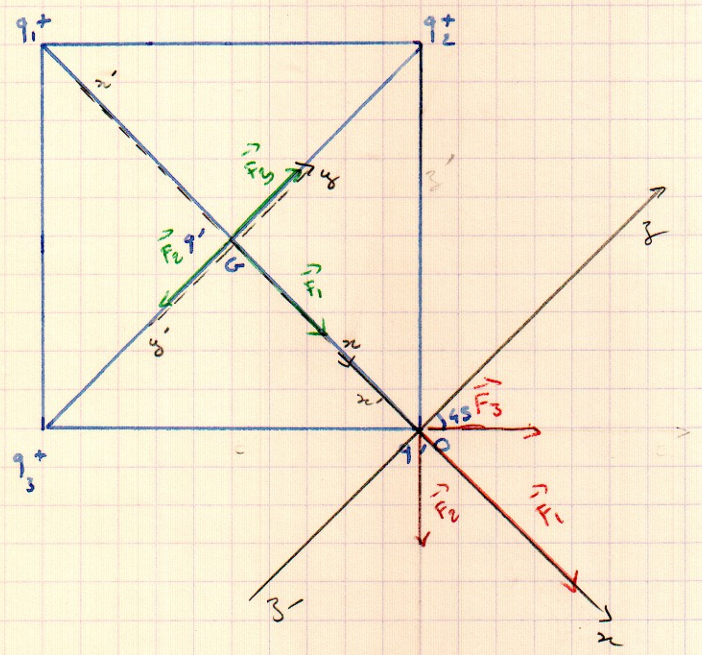
$$\frac{1}{\cos^2\theta}\,d\theta = \frac{dl}{R} \qquad \cos\theta = \frac{R}{a} \qquad a^2 = \frac{R^2}{\cos^2\theta}$$

$$\|\vec{E}_M\| = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{R\,d\theta}{\cancel{\cos^2\theta}} . \frac{\cancel{\cos^2\theta}}{R^2} . \cos\theta$$

$$\|\vec{E}_M\| = \frac{\lambda R}{4\pi\varepsilon_0}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos\theta\, d\theta$$

$$\|\vec{E}_M\| = \frac{\lambda R}{4\pi\varepsilon_0}\underbrace{\Big[\sin\theta\Big]_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}}_{2 = 1-(-1)} = \frac{\lambda R}{2\pi\varepsilon_0}$$

exo 6



en G : $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

sur $x'x$ $\|\vec{F}_x\| = \dfrac{q'}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{q}{\left(a\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}\right) = \dfrac{q'q}{4\pi\varepsilon_0 2a^2} = 3{,}59 \cdot 10^{-3}$ N

sur $y'y$: $\|\vec{F}_y\| = 0$

en O : $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$

sur zz' : $\|\vec{F}\|_z = +\|\vec{F}_3\| \sin 45 - \|\vec{F}_2\| \sin 45 = 0$

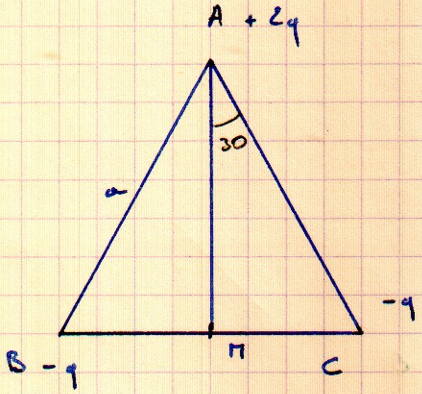
sur $x'x$: $\|\vec{F}\|_x = \|\vec{F}_2\| \cos 45 + \|\vec{F}_1\| + \|\vec{F}_3\| \cos 45$

$= 2 \cdot \dfrac{q'q}{4\pi\varepsilon_0 a^2} \cos 45 + \dfrac{q'q}{4\pi\varepsilon_0 2a^2}$

$= \dfrac{q'q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}\left(\sqrt{2} + \dfrac{1}{2}\right)$

$\|\vec{F}_O\| = \left(\dfrac{\sqrt{2}}{2} + \dfrac{1}{4}\right) \|\vec{F}_G\| = 3{,}44 \cdot 10^{-3}$

exo 8



$AM^2 = a^2 - \frac{a^2}{4}$

$AM = \frac{a\sqrt{3}}{2}$

1. $V_M = V_B + V_C + V_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{-q}{\frac{a}{2}} + \frac{-q}{\frac{a}{2}} + \frac{2q}{\frac{a\sqrt{3}}{2}}\right)$

$V_M = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 a}\left(-1 - 1 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right)$

$V_M = \frac{q}{\pi\varepsilon_0 a}\left(\frac{1}{\sqrt{3}} - 1\right)$

$V_M = -12{,}2$ volt

2) $\vec{M} = \vec{p}_{AC} + \vec{p}_{AB} = 2q\,\vec{AM} = 2q\,\frac{a\sqrt{3}}{2}\,\vec{u} = aq\sqrt{3}$

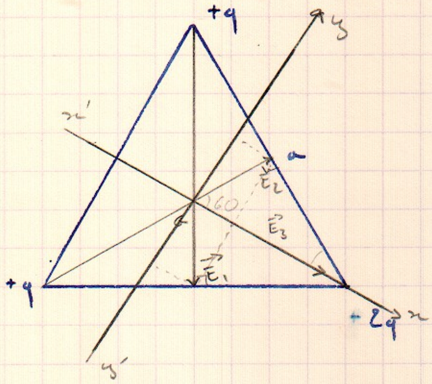
$\|\vec{M}\| = aq\sqrt{3} = 5{,}54 \cdot 10^{-23}$ C.m

3) $W = -\vec{M}.\vec{E} = -\|\vec{M}\|.\|\vec{E}\|.\cos\alpha \qquad \alpha = (\vec{M},\vec{E})$

$\alpha \in [0;\pi]$

$\Delta W = +\|\vec{M}\|.\|\vec{E}\| - (-\|\vec{M}\|.\|\vec{E}\|) = 2\|\vec{M}\|\,\|\vec{E}\| = 5{,}54 \cdot 10^{-24}$ J fiche 4

exo 1



1. $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \qquad q > 0$

sur $x'x$: $E_x = E_1 \cos\alpha + E_2 \cos\alpha + E_3$

$E_y = E_1 \sin\alpha - E_2 \sin\alpha$

$$E_x = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{+q\cos\alpha}{\left(\frac{2a}{3}\right)^2} + \frac{q\cos\alpha}{\left(\frac{2a}{3}\right)^2} + \frac{+2q}{\left(\frac{2a}{3}\right)^2}\right)$$

$$E_y = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{+q}{\left(\frac{2a}{3}\right)^2}\sin\alpha - \frac{+q}{\left(\frac{2a}{3}\right)^2}\sin\alpha\right)$$

$$E_x = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{\left(\frac{2a}{3}\right)^2} \cdot q \cdot 2 \cdot (\cos\alpha + 1)$$

$\alpha = 60°$

$E_y = 0$

$$\|\vec{E}_G\| = |E_x| = \frac{9 \cdot q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$$

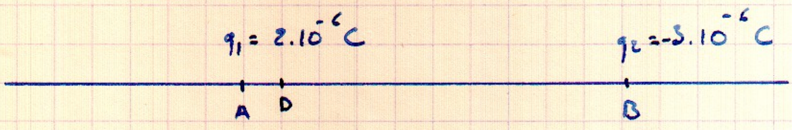
$$V_G = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{+q}{\frac{2a}{3}} + \frac{+q}{\frac{2a}{3}} + \frac{-2q}{\frac{2a}{3}}\right) = 0$$

2)- $\vec{F} = q\vec{E} = -3\vec{E}_G$

$$\|\vec{F}\| = \frac{27\ q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$$

3) $E_p = qV = 0$

exo 2



1) $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = \vec{0}$

$$\vec{E}_A = -\vec{E}_B \qquad E_A = -E_B$$

$$\cancel{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}} \frac{q_1}{AC^2} = -\frac{q_2}{BC^2} \cancel{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}}$$

$$AC^2 = -BC^2 \frac{q_1}{q_2}$$

$$\overline{AC} = \pm \overline{BC} \left(-\frac{q_1}{q_2}\right)^{1/2}$$

$$\overline{AB} = \overline{AC} + \overline{CB} = \overline{AC} \pm \overline{AC}\left(-\frac{q_1}{q_2}\right)^{-1/2}$$

$$\overline{AB} = \overline{AC}\left(1 \pm \left(-\frac{q_1}{q_2}\right)^{-1/2}\right)$$

$$\overline{AC} = \left(1 \pm \left(\frac{-q_1}{q_2}\right)^{-1/2}\right)^{-1} \overline{AB}$$

$\overline{AC} = \cancel{0{,}45}$ m

$\overline{AC} = -4{,}45$ m

2) $$V_D = V_A + V_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{AD} + \frac{q_2}{AB}\right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2.10^{-6}}{0{,}1} + \frac{-3.10^{-6}}{0{,}3}\right)$$

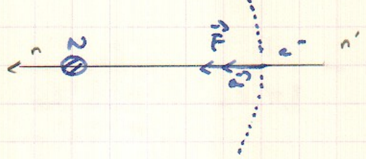
$$= 1{,}50 \cdot 10^5 \text{ V}$$

exo 1

r = cte <=> orbite stationnaire
≠ e^- rayonne normalement
↳ se rapproche noyau
↳ r non cte.

SE : l'e^-
Réf: galiléen
FE : $\vec{P}$ négligeable , $\vec{F} = q\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r^3}\vec{r}$

1) RFD : $\vec{F} = m\vec{a} = -\vec{f}$ centrifuge $\vec{F} + \vec{f} = \vec{0}$



sur n'n : $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$

$v = r\omega$ $\omega = \frac{v}{r}$

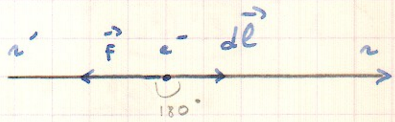
$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r} = mr^2\omega^2$$

$$\omega^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{mr^3}$$

noyau fixe → $E_{c_N} = 0$

2) $E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot m\cdot r^2\frac{Ze^2}{mr^3} = \frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r}$

$dE_p = -\vec{F}\cdot d\vec{\ell} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r^2}\cdot dr\cdot\cos(180) = \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dr}{r^2}$



$E_p = -\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$ $E_p = qV = -e\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze}{r}$
q → e^- V → potentiel créé par le N.

$E_T = E_c + E_p = \frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r} = -\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r}$

3) $L = n\hbar$ système onde stationnaire autour orbite de e^- <=> nb entier de λ

$\vec{L} = \vec{OM}\wedge\vec{p}$ $\|\vec{L}\| = r\cdot mv \overset{\sin 90°}{\vee} = mvr = n\hbar$

$D = 2\pi r = n\lambda$
$2\pi r = n\frac{h}{mv}$
$mvr = n\frac{h}{2\pi}$
↳ $L = n\frac{h}{2\pi}$

$$m^2v^2r^2 = \frac{n^2h^2}{4\pi^2}$$

$$m^2\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{mr}\right)r^2 = \frac{n^2h^2}{4\pi^2}$$

$$m\cdot\frac{1}{\varepsilon_0}\cdot Ze^2\cdot r = \frac{n^2h^2}{\pi} \qquad r = \frac{\varepsilon_0 n^2h^2}{\pi m Ze^2}$$

$r_0 = 8{,}854.10^{-12} . 1^2 . (6{,}63.10^{-34})^2 . \left(\pi . 9{,}11.10^{-31} . 1 . (1{,}6.10^{-19})^2\right)^{-1}$

$Z = 1 \quad n = 1$

$r_0 = 5{,}31.10^{-11}$ m

4) $E = -\dfrac{1}{8\pi\varepsilon_0}\dfrac{Ze^2}{r}$

$E_n = -\dfrac{1}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{Ze^2}{\dfrac{n^2h^2\varepsilon_0}{\pi Ze^2m}}$

$E_n = -\dfrac{me^4Z^2}{8\varepsilon_0^2n^2h^2} < 0$

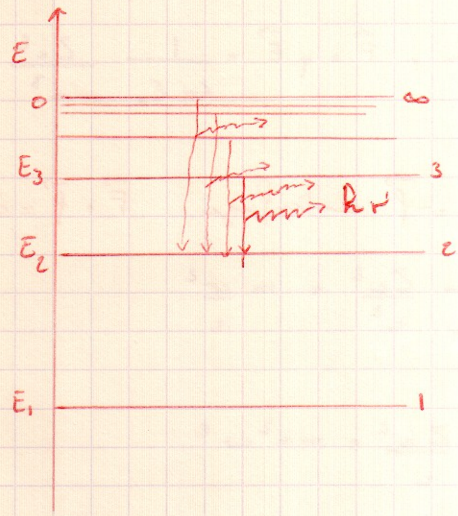


schéma des niveaux d'E
point de potentiel : plus e^- est bas, plus il est lié

Balmer $2 \to 3, 4, 5, 6, 7 \ldots$ ds le visible. niv sup → niv inf.
400 → 800 nm

$h\nu = E_{n_2} - E_{n_1} = +\dfrac{me^4Z^2}{8\varepsilon_0^2h^2}\left(\dfrac{1}{n_1^2} - \dfrac{1}{n_2^2}\right)$

$\dfrac{1}{\lambda} = \underbrace{\dfrac{Z^2me^4}{8\varepsilon_0^2h^3c}}\left(n_1^{-2} - n_2^{-2}\right)$

Formule de Balmer Ritz

$\dfrac{1}{\lambda} = R_H\left(n_1^{-2} - n_2^{-2}\right)Z^2$

$K = \dfrac{\cancel{Z^2}me^4}{8\varepsilon_0^2h^3c} = R_{\cancel{H}\,\infty} = 1{,}097.10^7\ m^{-1}$

R_∞ : le noyau est fixe →

R_∞ → masse de e^- $\mu = m$

R_H : mvt noyau

R_H : masse réduite de $\{N + e^-\}$

$\mu = m.\dfrac{M}{m+M}$

$\dfrac{1}{\mu} = \dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{M}$

3-2 : $\lambda = \left(R_H\left(2^{-2} - 3^{-2}\right)\right)^{-1} = 6{,}56.10^{-7}$ m
4-2 : $\lambda = \left(R_H\left(2^{-2} - 4^{-2}\right)\right)^{-1} = 4{,}86.10^{-7}$ m
5-2 : $\lambda = \left(R_H\left(2^{-2} - 5^{-2}\right)\right)^{-1} = 4{,}34.10^{-7}$ m
6-2 : $\lambda = \left(R_H\left(2^{-2} - 6^{-2}\right)\right)^{-1} = 4{,}10.10^{-7}$ m
7-2 : $\lambda = 3{,}95.10^{-7}$ m
n'est pas ds visible.

5) • $E_i = -E_1 = -E_{liaison}$

pour H : $E_i = \dfrac{me^4}{8\varepsilon_0^2.1^2.h^2} . 1^2 = 2{,}17.10^{-18}$ J $= 1{,}35.10^1$ eV

pour He^+ $E_i =$ " " $. 2^2 = 5{,}41.10^1$ eV

pour Li^{++} $E_i =$ " " $. 3^2 = 1{,}22.10^2$ eV

6) $\lambda = \dfrac{h}{mv} = \dfrac{h}{n\dfrac{h}{2\pi}\dfrac{1}{r}} = \dfrac{2\pi r}{n} = \dfrac{2\cancel{\pi}\,\varepsilon_0 n^{\cancel{2}} h^2}{\cancel{n}\, m\cancel{\pi}\, Ze^2} = \dfrac{2\varepsilon_0 h^2}{mZe^2} . n$ $\quad \lambda_K = 3{,}33.10^{-10}$ m

$\cancel{v_n = \dfrac{Ze^2}{2\varepsilon_0 h m}}$ $\quad v_n = \dfrac{Ze^2}{2\varepsilon_0 h n}$ $\quad n = 1$, $Z = 1$ $\quad v_n = 2{,}18.10^6 < 0{,}1c$ particule e^- non relativiste.

cas 2

1) $h\nu_1 = h\nu_s + \underbrace{\frac{1}{2}mv^2}_{eU_0}$

$h\nu_s = h\nu_1 - eU_0$

$\nu_s = \nu_1 - \frac{eU_0}{h}$

$\nu_s = \frac{3.10^8}{583.10^{-9}} - \frac{1,6.10^{-19} . 0,36}{6,63.10^{-34}} = 4,22.10^{14}$ Hz

2) $\rho\left(\frac{c}{\lambda_1}\right) = 0,5\% = \frac{n_e}{n_p}$ courant de saturation = courant max

$\rho(\nu) = \frac{n_e}{n_p}$

$i_s = \frac{e}{hc} . \rho\left(\frac{c}{\lambda_1}\right) . \lambda_1 . \phi$ car $i_s = n_e . e$

ϕ = flux énergétique $= n_p . h\nu$

$\phi = i_s . \frac{hc}{e} . \frac{1}{\rho\left(\frac{c}{\lambda_1}\right)\lambda_1}$ $\Rightarrow \rho(\nu) = \frac{i_s h\nu}{e\phi}$

$\phi = 50.10^{-6} . \frac{6,63.10^{-34} . 3.10^8}{1,6.10^{-19}} . \left(\frac{0,5}{100} . 583.10^{-9}\right)^{-1}$

$\phi = \frac{2,11.10^{-4}}{100^{-1}}$ W $= \cancel{21,1 \text{ mW}} = 2,11.10^{-2} = 21,1$ mW

3) $h\nu_2 = h\nu_s + \frac{1}{2}mv^2$

$h\nu_2 = h\nu_s + eU_0$

$U_0 = \frac{h}{e}(-\nu_s + \nu_2)$

$U_0 = \frac{hc}{e}(-\lambda_s^{-1} + \lambda_2^{-1}) = \frac{6,63.10^{-34} . 3.10^8}{1,6.10^{-19}}\left(-\frac{4,22.10^{14}}{3.10^8} + \frac{1}{253,7.10^{-9}}\right)$

$U_0 = 3,15$ V = potentiel d'arrêt

correct $\Rightarrow$

4) Th de l'Ec : $(\gamma - 1) mc^2 = eU_0$

$$\underbrace{\tfrac{1}{2} m v^2 = eV}_{\text{accélérée par Ep supplémentaire}} + \underbrace{eV_a}_{\text{Ep communiquée par photons.}}$$

$$= e(100 + 3{,}15)$$

$$= 6{,}02 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\gamma = 1 + \frac{eU_0}{mc^2}$$

$$\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$$

$$\gamma^{-2} = 1 - \beta^2$$

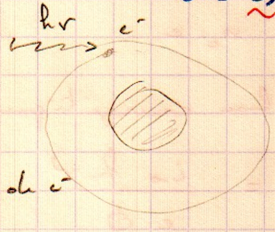
$$\beta^2 = 1 - \gamma^{-2}$$

$$v^2 = c^2 (1 - \gamma^{-2})$$

$$v = c\,(1 - \gamma^{-2})^{+1/2}$$

$$v = c \left(1 - \left(1 + \frac{eU_0}{mc^2}\right)^{-2}\right)^{+1/2}$$

$$v = 5{,}33 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1}$$ l'e⁻ n'est pas relativiste !



correctθ

si $h\nu < E_c$ de e⁻
rien.

si $h\nu > E_{\text{liaison}}$ de l'e⁻ ⇒ $h\nu = h\nu_0 + E_c$ → eV_a potentiel d'arrêt.

$h\nu_0$ ou W_0 travail d'extractθ
ou $E_p = eV_0$
V_0 = potentiel d'extractθ.

$$h\frac{c}{\lambda_1} = h\nu_0 + eV_a$$

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_1} - \frac{eV_a}{h}$$

exo 3

1) $G = N^{10} = 3{,}5^{10} = 2{,}76 \cdot 10^{5}$

2) $Q = G \cdot e = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}76 \cdot 10^{5} = 4{,}41 \cdot 10^{-14}$ C

3) $\lambda = 500$ nm $\quad \rho\left(\frac{c}{\lambda}\right) = 0{,}12$

$$i_s = \underbrace{\frac{e}{hc}\, \rho\left(\frac{c}{\lambda}\right) \lambda}\ \Phi$$

$$s(\lambda) = \lambda\, \rho\left(\frac{c}{\lambda}\right) \frac{e}{hc} = 500 \cdot 10^{-9} \cdot 0{,}12 \cdot \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19}}{6{,}63 \cdot 10^{-34}} \cdot \frac{1}{3 \cdot 10^{8}}$$

$s(\lambda) = 4{,}83 \cdot 10^{-7}$ $A \cdot W^{-1}$

$S = G \cdot s(\lambda) = 13{,}31$ $mA \cdot \mu W^{-1}$

4) $i_s = S \cdot \Phi = S \cdot h\nu\, n_p$

$$n_p = \frac{i_s}{h\nu \cdot S} = \frac{i_s \cdot \lambda}{hc\, S} = \frac{10 \cdot 10^{-9} \cdot 500 \cdot 10^{-9}}{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8} \cdot 13{,}31 \cdot 10^{3}}$$

$n_p = 1{,}89 \cdot 10^{6}$ photons par seconde.

exo 4

1) $$R_H \cdot \frac{m + M_H}{M_H} = R_T \, \frac{m + M_T}{M_T}$$

$$M_T = \frac{3{,}01605}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = 5{,}01 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$M_H = 1{,}6723 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$R_T = R_H \cdot \frac{M_T}{M_H} \cdot \frac{m + M_H}{m + M_T}$$

$$R_T = 1{,}09678 \cdot 10^{7} \cdot \frac{5{,}01 \cdot 10^{-27}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}} \cdot \frac{3{,}11 \cdot 10^{-31} + 1{,}67 \cdot 10^{-27}}{3{,}11 \cdot 10^{-31} + 5{,}01 \cdot 10^{-27}}$$

$$R_T = 1{,}097177 \cdot 10^{7} \text{ m}^{-1}$$

2) série visible : Balmer $n_1 = 2$ raie α : $n_2 = 3$

$$|\Delta\lambda| = |\lambda_H - \lambda_T| = \left(R_H\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)\right)^{-1} - \left(R_T\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)\right)^{-1} = 7{,}2\left(R_H^{-1} - R_T^{-1}\right)$$

$$= 0{,}239 \text{ nm}$$

$$= \cancel{\left[\left(R_H \cdot \frac{1}{4}\right)^{-1} - \left(R_T \cdot \frac{1}{4}\right)^{-1}\right]}$$

exo 5

1) $h\nu_x = h\nu_s + W_0$

$$\frac{hc}{\lambda_x} = \frac{hc}{\lambda_s} + W_0$$

$$hc.\lambda_s^{-1} = hc\,\lambda_x^{-1} - W_0$$

$$\frac{1}{\lambda_s} = \frac{1}{\lambda_x} - \frac{W_0}{hc}$$

$$\lambda_s = \left(\frac{1}{\lambda_x} - \frac{W_0}{hc}\right)^{-1}$$

pour λ_1 : $\lambda_s < 0$ ne marche pas.

pour λ_2 : $\lambda_s = 580$ nm

$h\nu_{x_0} = W_0$

$\lambda_0 = \frac{hc}{W_0} = 690$ nm , valeur max pour avoir effet photo e^-

2) $h\nu_2 = h\nu_0 + E_c$

$$E_c = hc\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = 3{,}75 \cdot 10^{-13}\ \mathrm{J}$$

$E_c = (\gamma - 1)\,mc^2$

$$\gamma = 1 + \frac{E_c}{mc^2} = (1-\beta^2)^{-1/2}$$

$\gamma^{-2} = 1 - \beta^2 \qquad \beta^2 = 1 - \gamma^{-2}$

$$v = c\,(1-\gamma^{-2})^{1/2} = 3{,}07 \cdot 10^5\ \mathrm{m/s}$$

exo 6

1) $h\nu_0 = W_0$

$$\lambda = \frac{hc}{W_0} = \frac{6{,}63.10^{-34} . 3.10^{8}}{4{,}49 . 1{,}6 \times 10^{-19}} = 277.10^{-9}\ m$$

2) $h\nu - h\nu_0 = E_c$

$$E_c = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$$

$$E_c = 7{,}75 .10^{-20} J = 4{,}85 .10^{-1}\ eV$$

3) $E_c - e\,U_0 = 0$ (TR E_c)

$U_0 = 0{,}485\ V$

exo 7

1) $E = -\frac{1}{n^2} \frac{Z^2 m e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2}$

$n = 1$

$E = -16^2 . 207 . 3{,}11 . 10^{-31} . (1{,}6 . 10^{-19})^4 . 8^{-1} . (8{,}854 . 10^{-12})^{-2} . (6{,}63 . 10^{-34})^{-2}$

$E = -1{,}15 . 10^{-3}\ J = -7{,}17 . 10^5\ eV$

2) $R = \frac{n^2 \varepsilon_0 h^2}{Z \pi e^2 m}$

$R = 1^2 . 8{,}854 . 10^{-12} . (6{,}63 . 10^{-34})^2 . 16^{-1} . \pi^{-1} . (1{,}6 . 10^{-19})^{-2} . 207^{-1} . (3{,}11 . 10^{-31})^{-1}$

$R = 1{,}60 . 10^{-14}\ m$

3) $\frac{R}{r} = 1{,}60 . 10^{-14} . (4 . 10^{-15}) = 4{,}01$

exo 8

1) $\lambda = 450.10^{-9}$ m

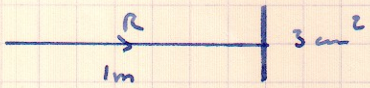
$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.10^8}{450.10^{-9}} = 6,67.10^{14}$ Hz

$E = h\nu = 6,63.10^{-34} . 6,67.10^{14} . (1,6.10^{-19})^{-1} = 2,76$ eV

2) $\Phi = n_p h\nu$

$n_p = \frac{\Phi}{h\nu} = \frac{\frac{2.150}{100}}{E} = 6,79.10^{18}$ photons par s.

3) a)



surface sphère de 1m. $4\pi R^2 = 4\pi$ m² $= S$

surface ¢ : 3 cm² $= 3.10^{-4}$ m² $= s$

nb photons sur ¢ : $n_p' = n_p . \frac{s}{S} = 6,79.10^{18} . \frac{3.10^{-4}}{4\pi} = 1,62.10^{+14}$ photons/s

b) $i = \frac{q}{t} = \frac{\frac{n_p' . 1,6.10^{-19}}{10}}{1} = 2,59.10^{-6}$ A

4) $\overbrace{h\nu}^{E} = \overbrace{h\nu_0}^{W_0} + E_c$

$E_c = h\nu - W_0$

$= E - W_0$

$= 2,76 - 2,25$

$= 0,51$ eV

$\gamma = 1 + \frac{E_c}{mc^2}$

$\gamma^{-2} = 1 - \beta^2$

$\beta^2 = 1 - \gamma^{-2}$

$v = c(1-\gamma^{-2})^{1/2} = 4,23.10^5$ m/s

ex 3

1) $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\gamma m v}$$

$$\lambda = \frac{h}{(1-\beta^2)^{1/2} m v} = \frac{h}{mv}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2}$$

2) $E_c = eU$

$(\gamma - 1)mc^2 = eU$

$$U = \frac{mc^2}{e}(\gamma - 1)$$

$$U = \frac{mc^2}{e}\left[(1-\beta^2)^{-1/2} - 1\right]$$

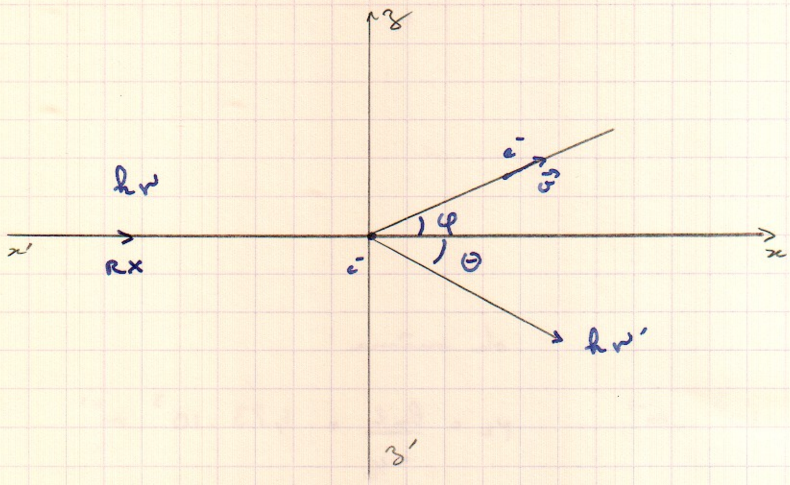
3) $\beta = \frac{2{,}7 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^8}$ $\qquad \gamma = (1-\beta^2)^{-1/2} = 2{,}23$

$$\lambda = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot \left[2{,}23 \cdot 3{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot 2{,}7 \cdot 10^8\right]^{-1} = 1{,}17 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$U = \frac{mc^2}{e}(\gamma - 1)$$

$$U = 3{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 1{,}6^{-1} \cdot 10^{19} \, (2{,}23 - 1) = 6{,}63 \cdot 10^5 \text{ kV}$$

exo 1



$$\Delta\lambda = \frac{h}{m.c}(1-\cos\theta) = 6{,}63.10^{-34}.\left(9{,}11.10^{-31}.3.10^{8}\right)^{-1}(1-\cos 30)$$
$$= 2{,}43.10^{-12}\ m$$

$$\Delta\nu = c\left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\lambda}\right)$$ $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$; $\Delta\nu = \nu' - \nu$

$$= 3.10^{8}\left(\frac{1}{\lambda+\Delta\lambda} - \frac{1}{\lambda}\right)$$ $\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$

$$= -1{,}33.10^{17}\ s^{-1}$$ (il y a perte d'énergie donc $\Delta W < 0$ et fréquence ↘)

$\Delta W = h.\Delta\nu = -3{,}20.10^{-17}\ J$ → communiquer à E_c de e^-

conservation Q de mvt : $\vec{p}_p = \vec{p}_c\,' + \vec{p}_p\,'$

sur x'x : $\frac{h}{\lambda} = m v \cos\varphi + \cancel{\frac{h}{\lambda'} \cos 30}$

sur z'z : $0 = m v \sin\varphi - \frac{h}{\lambda'}\cancel{\frac{\sin 30}{1}}$

$$\begin{cases} \frac{h}{\lambda} = m v \cos\varphi \\ \frac{h}{\lambda'} = m v \sin\varphi \end{cases}$$

$\tan\varphi = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\lambda+\Delta\lambda}{\lambda} \Rightarrow \varphi = 46°$

$v = \frac{h}{m\lambda\cos\varphi} = 1{,}47.10^{7}\ m/s$

no 2

1) $\phi_1' = \phi_1 \, e^{-\mu_1 e}$

$\phi_2' = \phi_2 \, e^{-\mu_2 e}$

$\frac{\phi_1}{2} = \phi_1 \, e^{-\mu_1 e_{1/2}}$

$e^{-\mu_1 e_{1/2}} = \frac{1}{2}$

$-\mu_1 e_{1/2} = \ln 2$ de même

$\mu_1 = \frac{\ln 2}{e_{1/2}} = 1,16 \cdot 10^3 \ m^{-1}$ $\mu_2 = \frac{\ln 2}{e_{1/2}} = 1,73 \cdot 10^3 \ m^{-1}$

$\frac{\phi_1'}{\phi_2'} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \, e^{-(\mu_1 - \mu_2) e}$

$\frac{\phi_1'}{\phi_2'} = \frac{1}{4} \, e^{(-1,73 - 1,16) \cdot 10^3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}$

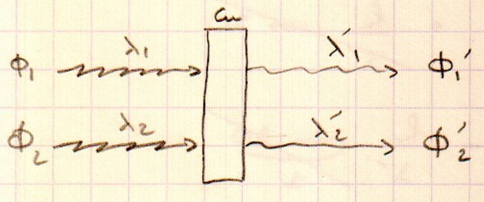
$\frac{\phi_1'}{\phi_2'} = 1$ $\phi_1 = \frac{1}{4} \phi_2$ $\phi_1' = \phi_2'$

2) $F = \frac{\phi_1' + \phi_2'}{\phi_1 + \phi_2} = \frac{2\phi_1'}{5\phi_1} = \frac{2}{5} e^{-\mu_1 e} = \frac{2}{5} \cdot e^{-1,16 \cdot 10^3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}} = 2,5\ \%$

$\phi_1' = \phi_1 \, e^{-\mu_1 e}$

$\frac{\phi_1'}{\phi_1} = e^{-\mu_1 e}$

correction.



$\phi = \phi_0 \, e^{-\mu_l x} = \phi_0 \, e^{-\mu_m \rho x}$

$\mu_l = f(\lambda$; matériau traversé)
= proba d'interaction

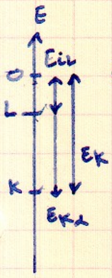
$\frac{\phi}{\phi_0} = \frac{1}{2} = e^{-\mu_l x_{1/2}} \Leftrightarrow \ln 2 = \mu_l x_{1/2}$ valable pour rayonnement monoénergétique

exo 3

1) E_c max des e^- ⇔ λ_0 min des RX

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eU_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eU_0} = 3,11 . 10^{-11} \text{ m}$$



2) $$E_{i_L} = E_K - E_{K\alpha}$$

$$= hc\left(\frac{1}{\lambda_K} - \frac{1}{\lambda_{K\alpha}}\right)$$

$$= 5,77 . 10^2 \text{ eV}$$

3) $$F = \Phi'/\Phi = e^{-\rho\mu_m x} = e^{-11,5 . 7,87 . 5 . 10^{-3}} = 1,08\,\%$$

4) $$\mu_l = \rho\mu_m = 3,05 . 10^2 \text{ cm}^{-1}$$

5) $$\frac{1}{2} = e^{-\mu_m x_{1/2}}$$

$$\mu_m x_{1/2} = \ln 2$$

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu_m} = 7,66 . 10^{-6} \text{ m} \qquad 7,7\,\mu\text{m}$$

6) $$\mu_m = K Z^4 \lambda^3$$

$$\mu_m' = K Z^4 \lambda'^3$$

$$\frac{\mu_m'}{\mu_m} = \frac{\lambda'^3}{\lambda^3}$$

$$\mu_m' = \mu_m . \frac{\lambda'^3}{\lambda^3}$$

$$x_{1/2}' = \frac{\ln 2}{\mu_m' \rho} = 3,41 . 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{\frac{\ln 2}{x_{1/2(1)}\rho}}{\frac{\ln 2}{x_{1/2(2)}\rho}} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^3$$

$$x_{1/2\,(2)} = x_{1/2\,(1)} \cdot \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^3$$

$$= 3,4\,\mu\text{m}$$

exo 4

1) E_{min} d'entrée $\hat{=}$ E_c max apportée par les e^-

$$h\nu = +20002\ eV = \frac{1}{2} m v^2 = eU_0$$

$$U_0 = \frac{h\nu}{e} = 20002\ V$$

2) $$\frac{hc}{\lambda} = eU_0$$

$$U_0 = \frac{hc}{e\lambda} = 6{,}63 . 10^{-34} . 3 . 10^{8} . \left(1{,}6 . 10^{-19} . 0{,}05 . 10^{-3}\right)^{-1}$$

$$U_0 = 2{,}49 . 10^{3}\ V$$

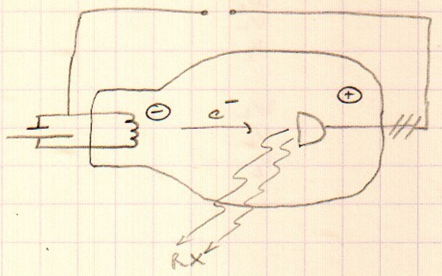
3) $$F = \frac{\Phi'}{\Phi} = e^{-\rho \mu_m x} = e^{-1{,}85 . 0{,}28 . 0{,}1} = 35{,}0\ \%$$

4) $$F = e^{-\rho \mu_m x}$$

$$\ln F = -\rho \mu_m x$$

$$\mu_m = -\frac{\ln F}{\rho x} = -\frac{\ln 0{,}003 . 10^{-2}}{1{,}85 . 0{,}1} = 104\ cm^{-1}$$

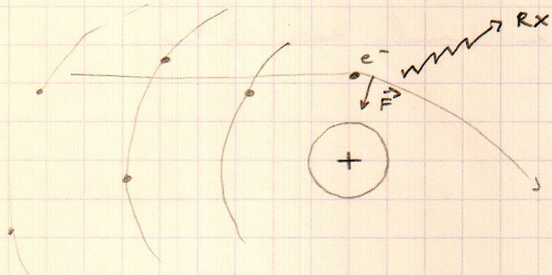
correction exo 3



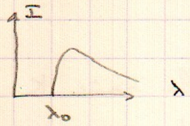
filament recouvert de terre rare, émet e^- par effet thermoionique

bombardement ⇒ production rayons X.

anticathode ≙ métaux réfractaires



e^- attiré par noyau.
peut relâcher $E_c \to h\nu$ des RX.
⇒ spectre continu.



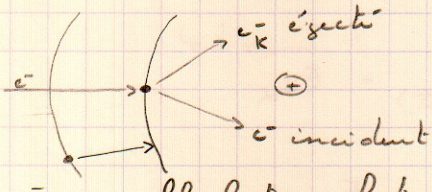
1) phénomène de freinage des e^- ⇒ spectre de freinage.

e^- peut être stoppé → $E_c \to 0$ $h\nu \nearrow E_c$

$h\nu = E_c = eU$ transfert total.

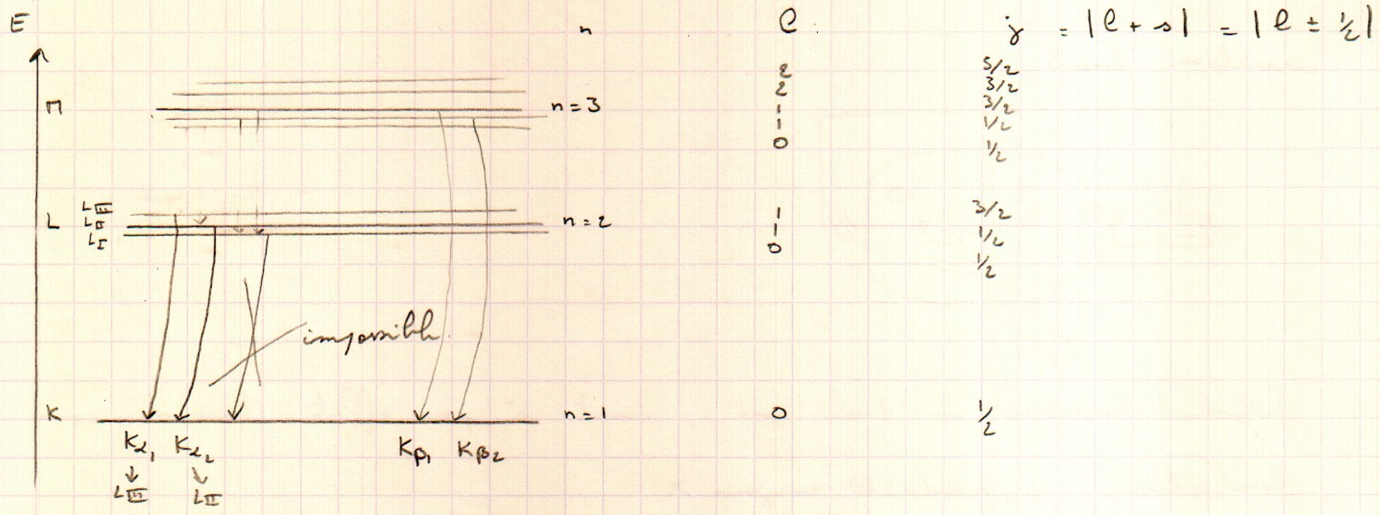
$\lambda_0 = \dfrac{hc}{eU}$

2) superposition des spectres de raies. → raies K_α K_β.



e^- qui comble le trou électronique.
transition électronique au sein atome
⇒ production photon $h\nu$ RX.

- si $U \nearrow$ $\lambda \searrow$, "on durcit le faisceau".
- on peut fabriquer plus de RX → i du courant $\nearrow$
- temps d'exposition



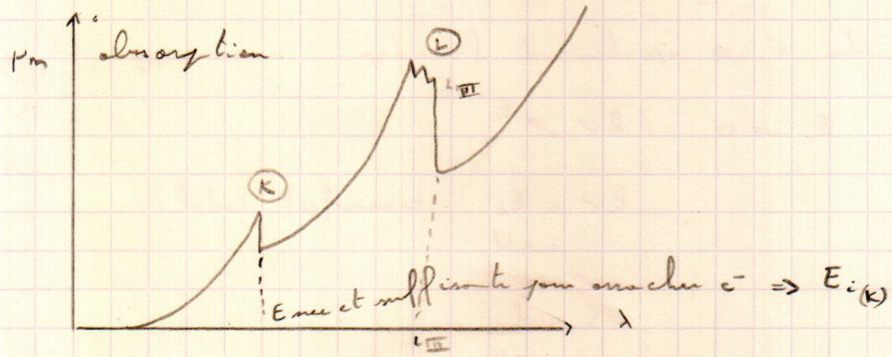
$\Delta l = \pm 1$ $\Delta j = 0$ ou $\Delta j = \pm 1$

K_{α_1} la plus énergétique.
K_{α_2}) se confond en 1 seule raie $\rightarrow K_\alpha$

$K_\beta \hat{=} M \rightarrow K$

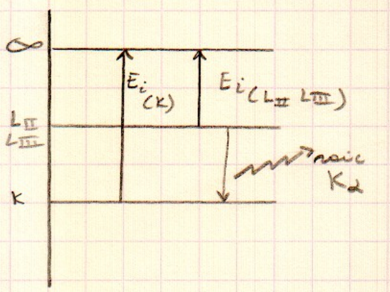
$K_\alpha \hat{=} L \rightarrow K$

discontinuité d'absorption de la raie K



plus $\lambda \searrow$, plus $\mu_m \searrow$ $\Leftrightarrow$ plus il est énergétique - il est absorbé

seul l'effet photo e^- intervient.



$$E_{i(K)} = E_{i(L_{II};L_{III})} + \underbrace{E_{K_\alpha}}_{h\nu}$$

$$E_{i\,L_{II,III}} = E_{i_K} - E_{K_\alpha}$$

$$= \frac{hc}{\lambda_K} - \frac{hc}{\lambda_{K_\alpha}}$$

$$= 576 \text{ eV}$$

on a raisonné ds le cas des photons photo e^-.

ex 5

1. $eU_0 = -E_K$

$U_0 = -\frac{E_K}{e} = 72{,}474\ keV$

2. $(\gamma-1)mc^2 = eU_0$

$\gamma = 1 + \frac{eU_0}{mc^2} = (1-\beta^2)^{-1/2} = 1{,}14$

$\gamma^{-2} = 1 - \beta^2$

$\beta^2 = 1 - \gamma^{-2}$

$v = c(1-\gamma^{-2})^{1/2} = 1{,}45 . 10^8\ m/s$

3. $E_{L\alpha} = E_K + \frac{hc}{\lambda_{K\alpha}} = -72{,}474 . 10^3 . 1{,}6 . 10^{-19} + 6{,}63 . 10^{-34} . 3 . 10^8 . (0{,}02 . 10^{-9})^{-1}$

$= -1{,}65 . 10^{-15}$

$\lambda_{L\alpha} = \frac{-E h_c}{E_{L\alpha} . hc} = 1{,}20 . 10^{-10}\ m$

$\mu m = K Z^4 \lambda^3 = K' Z^4 \lambda^3$

$$E_{L_1} = + E_{K} - E_{K\alpha_1} = 8{,}38 \cdot 10^3 - \frac{12{,}4}{0{,}1540} =$$

$$= 8{,}38 - \frac{12{,}4}{0{,}1540}$$

$$=$$

exo 7

$$\phi = n_p \cdot E = 10^5 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 1{,}60 \cdot 10^{-8} \text{ W}$$

$$\phi' = \phi\, e^{-\mu x} = n_p E\, e^{-5 \cdot 0{,}1} = 9{,}70 \cdot 10^{-10} \text{ W}$$

exo 8

1) $eU_0 = \dfrac{hc}{\lambda_0}$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eU_0} = 2{,}49 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

2) $E_{K\alpha_1} = E_K - E_{L_2} = -17{,}4 \text{ keV}$ $\qquad \lambda_{K\alpha_1} = \dfrac{hc}{E_{K\alpha_1}} = 7{,}16 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

$E_{K\alpha_2} = E_K - E_{L_3} \Rightarrow \lambda_{\alpha_2} = 7{,}11 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

3) $eU_0 = -E_K$

$$U_0 = -\frac{E_K}{e} = 20 \text{ kV}$$

4) $\phi/2 = \phi\, e^{-\rho \mu_m x_{1/2}}$

$$\ln 2 = \rho \mu_m x_{1/2}$$

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\rho \mu_m} = 4{,}64 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

5) $\phi \cdot \dfrac{(100-1)}{100} = \phi\, e^{-\rho' \mu_m' x_{1/2}}$

$$\mu_m' = -\frac{\ln 0{,}988}{\rho' x_{1/2}} = 0{,}15 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

$$\mu = \rho' \mu_m = 0{,}260 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

exo 4

1) $h = h_2 - h_1$

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g R_2} - \frac{2\gamma}{\rho g R_1}$$ $\cos\alpha = 1$ le liq mouille parfaitement.

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$$

$$\frac{h \rho g}{4}\left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1}\right)^{-1} = \gamma$$

$$\gamma = 0{,}0613 \cdot 338 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{1}{0{,}12 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{0{,}2 \cdot 10^{-3}}\right)^{-1}$$

$$\gamma = 4{,}50 \cdot 10^{-2}\ N \cdot m^{-1}$$

2) $W = \gamma S$

$= 4{,}50 \cdot 10^{-2} \cdot \left(4\pi \cdot (0{,}5 \cdot 10^{-2})^2\right) \times 2$ bulle → 2 surfaces.

$= 2{,}83 \cdot 10^{-2}\ J$

3) $\Delta p = \frac{4\gamma}{R} = 4 \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-2}\,(0{,}5 \cdot 10^{-2})^{-1} = 36\ Pa$

exo 5 :

face supérieure : p de 0,5 m du tube = p sur face sup.

$$\frac{\|\vec{F}\|}{S_1} = \frac{\|\vec{F}\|}{S_2}$$

$$\|\vec{F}\| = \frac{S_2}{S_1} mg = \frac{0{,}5^2}{0{,}1^2} \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}5 \cdot 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 = 16677\ N$$

face inférieure : $p_1 = \frac{0{,}5^3 \cdot 13{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot 10^3}{\cancel{0{,}5^2}}$ $p_2 = 0{,}5 \cdot \cancel{0{,}01} \cdot 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 / \cancel{0{,}01}$

$$\|\vec{F}\| = (p_1 + p_2) \cdot 0{,}5^2 = 33354\ N$$

face latérale : $p = \left(0{,}7 + \frac{0{,}1}{2}\right) \cdot 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot \cancel{0{,}01} / 0{,}01$

$\|\vec{F}\| = p \cdot 0{,}25 = \cancel{25015{,}5}$

face trouée : $F = p\,(0{,}25 - 0{,}01) = \cancel{24014{,}8}\ N$

exo 8

$$\begin{cases} p_0 - p_\Pi = h \rho_0 g \\ p_{0'} - p_0 = H \rho_1 g \end{cases}$$

$$\Rightarrow p_{0'} - p_\Pi = h \rho_0 g + H g \rho_1$$

$$p_{P'} - p_N = (h + H) \rho_2 g$$

$$p_{0'} = p_{P'}$$

$$p_\Pi - p_N = h \rho_2 g + H \rho_2 g - h \rho_0 g - H g \rho_1$$

$$= h (\rho_2 - \rho_0) g + H (\rho_2 - \rho_1) g$$

$$= \frac{2 \gamma \cos \alpha}{r} \qquad \rho_0 \lll \rho_2$$

$$h = \frac{2 \gamma \cos \alpha}{g r \rho_2} - H \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_2}$$

exo 10

1) $h = \dfrac{2 \gamma \cos \alpha}{\rho g r}$

$$\gamma = \frac{h \rho g r}{2 \cos \alpha} = 0{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}151 \cdot 9{,}81 \cdot 998 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\cos 0} = 7{,}39 \cdot 10^{-2}\ N \cdot m^{-1}$$

2) $\gamma = \dfrac{h \rho g r}{2}$

$$\frac{\delta \gamma}{dr} = \frac{h \rho g}{2} \Rightarrow 7{,}39 \cdot 10^{+2} \times 5 \cdot 10^{-5} \longrightarrow 3{,}695868 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{\delta \gamma}{dh} = \frac{r \rho g}{2} \Rightarrow 0{,}489519 \times 1 \cdot 10^{-4} \longrightarrow 4{,}89519 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta \gamma \Rightarrow 3{,}74 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta \gamma = 4 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^{-1}$$

$$\frac{\Delta \gamma}{\gamma} = 5{,}4\%$$

$$\gamma = (74 \pm 4) \cdot 10^{-3}\ N m^{-1}$$

exo 11

1) $h = \dfrac{2\gamma\cos\theta}{\rho g r}$

$\gamma = \dfrac{h\rho g r}{2} = 10^{-2} \cdot 1100 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot \dfrac{1}{2} = 2{,}7 \cdot 10^{-2}\ N m^{-1}$

2) $\Delta p = \dfrac{4\gamma}{R} = \dfrac{4 \cdot \gamma}{0{,}4 \cdot 10^{-2}} = \dfrac{4 \cdot 2{,}7 \cdot \cancel{10^{-2}}}{4 \cdot \cancel{10^{-2}}} = \dfrac{2{,}7}{1} = 2{,}7\ Pa$

3) $W = \gamma S = \gamma 4\pi^2 R^2 = 2{,}7 \cdot 10^{-2} \cdot 4\pi \cdot (4 \cdot 10^{-2}) \underset{2\,\text{surf}}{\times 2} = 1{,}09 \cdot 10^{-3}\ J$

exo 13

1) $\|d\vec{F_1}\| = \gamma_1\, dl$
$\|d\vec{F_2}\| = \gamma_2\, dl$
$\|dF_{1,2}\| = \gamma_{1,2}\, dl$

$d\vec{F_1} + d\vec{F_2} + d\vec{F_{1,2}} = \vec{0}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \gamma_1 \cancel{dl} \sin\alpha_1 - \gamma_{1,2} \cancel{dl} \sin\alpha_2 = 0 \\ \gamma_2 \cancel{dl}\ \cancel{\cos 0} - \gamma_{1,2} \cancel{dl} \cos\alpha_2 - \gamma_1 \cancel{dl} \cos\alpha_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \gamma_1 \sin\alpha_1 = \gamma_{1,2}\sin\alpha_2 \\ \gamma_2 = \gamma_{1,2}\cos\alpha_2 + \gamma_1\cos\alpha_1 \end{cases}$$

$\gamma_2^2 = \gamma_{1,2}^2\cos^2\alpha_2 + \gamma_1^2\cos^2\alpha_1 + 2\gamma_1\gamma_{1,2}\cos\alpha_1\cos\alpha_2$

$\gamma_2^2 = \gamma_{1,2}^2 + \gamma_1^2 - \sin^2\alpha_2 \cdot \gamma_{1,2}^2 - \gamma_1^2\sin^2\alpha_1 + 2\gamma_1\gamma_{1,2}\cos\alpha_1\cos\alpha_2$

$\gamma_2^2 =$ " " " " " $+ \underbrace{(\gamma_1\sin\alpha_1 - \gamma_{1,2}\sin\alpha_2)^2}_{0}$

$\gamma_2^2 = \gamma_{1,2}^2 + \gamma_1^2 - 2\gamma_1\gamma_{1,2}\sin\alpha_1\sin\alpha_2 + 2\cos\alpha_1\cos\alpha_2\,\gamma_1\gamma_{1,2}$

$\dfrac{\gamma_2^2 - \gamma_1^2 - \gamma_{1,2}^2}{2\gamma_1\gamma_{1,2}} = \cos\alpha_1\cos\alpha_2 - \sin\alpha_1\sin\alpha_2 = \cos\alpha.$

correction exos

exo 4

1) loi de Jurin. $h = \frac{2\gamma \cos\alpha}{\rho \cdot g \cdot r}$

α = angle de raccordement. mouillabilité parfaite => le ménisque est une 1/2 sphère. $\alpha = 0$.

$$h = h_2 - h_1 = \frac{2\gamma}{\rho g r_2} - \frac{2\gamma}{\rho g r_1}$$

$$= \frac{2\gamma}{g\rho}\left(r_2^{-1} - r_1^{-1}\right)$$

$$\gamma = \frac{\rho g h}{2}\left(r_2^{-1} - r_1^{-1}\right)^{-1}$$

$$\gamma = 4,5 \cdot 10^{-2}\ N \cdot m^{-1}$$

2) 

air

surf de séparation : forces qui s'exercent. forces de TS.

$dW = \gamma\, dS$. $dF = \gamma\, dl$.

assimiler surf à mb tendue.

résultante forces de TS : Σ forces de TS pour 1 radiale.
=> tg à surf.

mb elastiq tendue → bulle rétrécit jusqu'à p qui compense forces TS.

$W = \gamma S$. avec $S = (4\pi r^2) \cdot 2$ bulle d'air ds air.

$W = \gamma \cdot 8\pi r^2$

autre exemple : une goutte, liq ds air, 1 surf de séparation. $S = 4\pi r^2$
bulle d'air ds liq. $S = 4\pi r^2$

$W = \gamma \pi 8 r^2 = 2,83 \cdot 10^{-5}$ J.

3) p air int compense forces de TS. > p air ext.

surf courbe, ds concavité : p int courbure > p ext courbure.

$\Delta p = \frac{2\gamma}{R}$ loi de Laplace.
R = rayon de courbure.

pour bulle air : $dW = \gamma\, dS$.

$$dW = \gamma\, d(8\pi r^2) = \gamma \cdot 16\pi\, r\, dr.$$

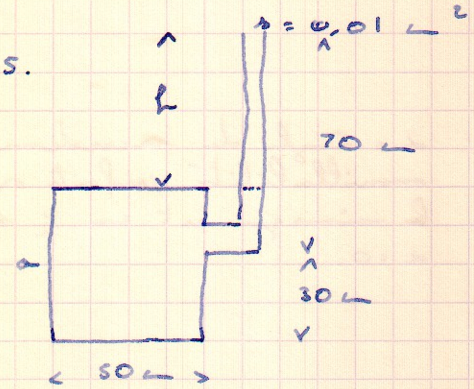
$$dW = \Delta P \cdot dV = \Delta P\, d\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)$$

$$= \Delta P\, 4\pi r^2\, dr$$

$$\Rightarrow \Delta P = 4\gamma/_{r}$$

$\Delta P = 36\ Pa.$

exo 5.



$\rho\ 13{,}6\ g.cm^{-3}$

$\Delta p = \rho g h$, avec ρ cte.

forme générale. $dP = -\rho g\, dz$.

$\ominus$, avec dz vers le haut $\iff p \nearrow$ qd altitude $\searrow$

$dz = 0 \iff dp = 0$: tous les pt surf horizontale sont à la = pression.

$dF = p . dS$ $\quad F = p . S$ pour les faces si p est cte. → face sup et inf.

sur faces latérales : p dépend de z. n'est pas cte sur tte face.

$F_{sup} = p . a^2 = \rho . g . h . a^2 =$

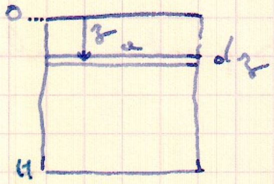
$= 13\,600 . 9{,}81 . 0{,}5 . 0{,}5^2$

$= 16\,677\ N.$

$F_{inf} = p\, a^2 = \rho g (h + a) a^2.$

$= 13600 . 9{,}81 . 1 . 0{,}5^2$

$= 33\,354\ N.$



$dS = a\, dz.$

$dF = \rho g (z + h)\, a\, dz$

$F_{lat} = \int_0^H \rho g (z + h)\, a\, dz$

$F_{lat} = \rho g a \int_0^H (z + h)\, dz.$

$= \frac{\rho g a}{2} \left[(z + h)^2 \right]_0^H$

$$F_{lat} = \frac{\rho g a}{2}\left((h+H)^2 - h^2\right)$$

$$= \frac{\rho g a}{2}\left(H^2 + 2Hh\right)$$

$$= \frac{13600 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}5}{2}\left(0{,}5^2 + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5\right)$$

$$= 25015$$

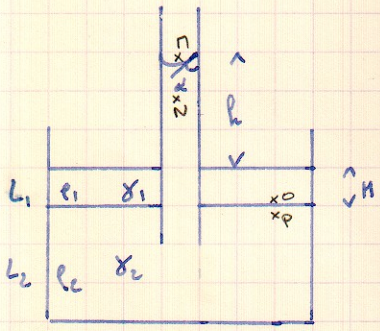
f force de pression qui s'exerce sur s.

$f = p \cdot s$ car surf petite.

$f = \rho g \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}01 = 934\ N.$

F lat transmise $= 25015 - 934 = 24081\ N.$

exo 8



forces de TS capillarité.

Loi de Laplace. $p_M - p_N = \frac{2\gamma_2}{R} = \frac{2\gamma_2 \cos\alpha}{r}$

$$p_O - p_P = 0$$

principe fondamental hydro : $p_P - p_N = \rho_2 g (h+H)$

$$p_O - p_M = \rho_1 g H + \cancel{\rho_0 h g}$$

$$p_M - p_N = -\rho_1 g H + \rho_2 g (h+H)$$

$$p_M - p_N = g H(\rho_2 - \rho_1) + \rho_2 h g.$$

$$\frac{2\gamma_2 \cos\alpha}{g r} = H(\rho_2 - \rho_1) + \rho_2 h$$

$$h = \frac{2\gamma_2 \cos\alpha}{\rho_2 g r} - H\frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_2}$$

nov 10

2) $h = 151{,}0\ mm$ $\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \gamma = \frac{\rho g}{2} r h$

$r = 0{,}10\ mm$

$\alpha = 0$

$\gamma \longrightarrow \quad 73{,}32 \cdot 10^{-3}\ N m^{-1}$

$\rho = 0{,}998\ g \cdot cm^{-3}$ $\qquad\qquad\qquad\qquad \gamma = \frac{\rho g}{4} d\, h.$

$\Delta d = 10^{-2}\ mm. \qquad \Delta h = 0{,}1\ mm.$

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = \frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta d}{d}$$

$$= \frac{0{,}001}{0{,}998} + \frac{0{,}01}{9{,}81} + \frac{10^{-2}}{0{,}2} + \frac{0{,}1}{151}$$

$$= 5{,}3\,\%$$

$\Delta\gamma = 5{,}3\,\%\ \gamma = 4 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^{-1}$ $\qquad$ 1 chiffre significatif !

$\gamma = (74 \pm 4) \cdot 10^{-3}\ N m^{-1}$

exo 1

1) $d = v_A s_A = v_B s_B$ $\qquad$ $d = 1{,}6\ \ell/s = 1{,}6 \cdot 10^{-3}\ m^3/s$

$v_A = \dfrac{d}{s_A} = 0{,}8\ m/s$ $\qquad$ $s_A = 20\ cm^2 = 2 \cdot 10^{-3}\ m^2$

$v_B = \dfrac{d}{s_B} = 1{,}6\ m/s$ $\qquad$ $s_B = 10\ cm^3 = 10^{-3}\ m^2$

2) $p_A - p_{A'} = p_B - p_{B'}$

A et B sur surf de contact avec Hg
A' B en dessous " " "

$p_A - p_B = p_{A'} - p_{B'}$

$$\tfrac{1}{2}\rho (v_B^2 - v_A^2) - \rho g \underbrace{(-h)}_{z_{A'} - z_{B'}} = \rho' g h$$

$$h = \frac{\rho (v_B^2 - v_A^2)}{2g(\rho' - \rho)} = 7{,}77\ mm.$$

exo 2

$$Q = \frac{\pi R^4 (P_A - P_B)}{8 \eta \ell} \qquad P_A - P_B = g \rho h$$

$$\eta = \frac{\pi R^4}{8 Q \ell} g \rho h \qquad Q = 3\ cm^3/50\,s = 6 \cdot 10^{-8}\ m^3/s$$

$$\eta = \pi (0{,}5 \cdot 10^{-3})^4 \cdot \cancel{9{,}8} \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 8^{-1} \cdot 6^{-1} \cdot 10^8 \cdot 10 = \cancel{2{,}05 \cdot 10^{-3}}\ Pa \cdot s$$

exo 3

1) $p_Q - p_P = p_Q - p_0 = \rho g h_0$

$$p_Q = \rho g h_0 + p_0 = 1{,}1 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot 9{,}8 + 10^5 = 101078\ Pa$$

$$p_Q - \underbrace{p_R}_{p_0} = \tfrac{1}{2}\rho (v_R^2 - \underbrace{v_Q^2}_{0}) - \rho g h$$

$$\tfrac{1}{2}\rho v_R^2 = (p_Q - p_0) + \rho g h$$

$$\tfrac{1}{2}\rho v_R^2 = \rho g (h + h_0)$$

$$v_R^2 = 2g(h + h_0)$$

$$v_R = 4{,}64\ m/s.$$

2) $p_Q - p_0 - 10^3 + \rho g h = \tfrac{1}{2} v_R^2 \cdot \rho$

$\rho g (h + h_0) - 10^3 = \tfrac{1}{2} v_R^2 \cdot \rho$ $\qquad$ $v_R^2 = 2g(h + h_0) - \dfrac{2 \cdot 10^3}{\rho}$

$v_R = 4{,}44\ m/s$

$$D = \frac{V}{t} = v_R \cdot s$$

$$V = v_R \cdot s \cdot t = 4{,}44 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 = 8 \cdot 10^{-3}\ m^3 = 8\ell$$

c'est trop, $V_{sang} < 8\ell$. v_r plus faible, le lip est visqueux.

3) $$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^4}{8\eta\ell}\left(P_a - P_o - 10^3 + \rho g h\right)$$

$$V = \frac{t \cdot \pi R^4}{8\eta\ell}\left(\rho g (h + h_o) - 10^3\right)$$

$$V = 3600 \cdot \pi^{-1} \cdot (0{,}5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot \left(1{,}1 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}1 - 10^3\right) \cdot \left(8 \cdot 1{,}05 \cdot 10^{-3} \cdot 1\right)^{-1} = 0{,}37 \cdot 10^{-3}\ m^3$$
$$= 0{,}37\ \ell.$$

$$s = \pi r^2 \qquad r = \left(\frac{s}{\pi}\right)^{1/2}$$

$$r^4 = \frac{s^2}{\pi^2}$$

exo 4.

1) $$D = v \cdot s$$

$$v = \frac{D}{s} \qquad s = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$v = \frac{4D}{\pi d^2} = \frac{0{,}105 \cdot 10^{-3}}{\pi (13 \cdot 10^{-3})^2} \cdot 4 = 0{,}791\ m/s$$

2) $$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta\ell}\Delta p \qquad \Delta p = \frac{Q\, 8\eta\ell}{\pi R^4} = \frac{0{,}105 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{\pi \cdot (6{,}5 \cdot 10^{-3})^4} \cdot 2{,}084 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}1 = 31{,}2\ Pa.$$

3) $$\|\vec{F}\| = \Delta p \cdot s$$

$$W = \Delta p \cdot s \cdot \ell$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\Delta p \cdot s \cdot \ell}{t} = \frac{31{,}2}{1} \cdot \pi (6{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0{,}1 = 4{,}14 \cdot 10^{-4}\ W$$

exo 5.

$$D = 5\,\ell/min = 5.10^{-3}\ m^3/min = 8{,}33\ .10^{-5}\ m^3/s.$$

$$D' = 2{,}5.10^{-4}\ m^3/s.$$

1) $R = \rho \dfrac{v.d}{\eta}$ $\qquad v = \dfrac{D}{s} = \dfrac{D}{\pi.10^{-4}}$

$$v' = \frac{D'}{s} = \frac{D'}{\pi.10^{-4}}$$

$R = 1{,}05.10^{3}\ .\ 8{,}33.10^{-5}\ .\pi^{-1}.10^{4}.\ 2.10^{-2}.\ (2.10^{-3})^{-1} = 2784 \rightarrow$ turbulent

$R' = 8855 \rightarrow$ turbulent

2) $R = 105.10^{3}\ .\dfrac{D}{100}.\ \pi^{-1}\left(0{,}25.10^{-2}\right)^{-2}.\ 0{,}5.10^{-2}.\ (2.10^{-3})^{-1} = 111{,}36 \rightarrow$ laminaire

$R' = 334 \rightarrow$ laminaire.

exo 6

$$p_1 + \rho g z_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho g z_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$D = v_1 s_1 = v_2 s_2$$

$$p_1 - p_2 + \rho g (z_1 - z_2) = \tfrac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$

$$v_1 = \frac{D}{s_1} = \quad v_2 = \frac{D}{s_2}$$

$$= \tfrac{1}{2}\rho\ D^2\left(s_2^{-2} - s_1^{-2}\right)$$

$$D^2 = \frac{2}{\rho\left(s_2^{-2} - s_1^{-2}\right)}\cdot\left(p_1 - p_2 + \rho g (z_1 - z_2)\right)$$

$$D^2 = 2.\left(1{,}1.10^{3}.\left(\left(35.10^{-4}\right)^{-2} - \left(20.10^{-4}\right)^{-2}\right)\right)^{-1}.\left(-0{,}2.10^{5} + 1{,}1.10^{3}.9{,}8.0{,}25\right)$$

$$D = 1{,}37.10^{-2}\ m^3/s$$

$$D = 13{,}7\ \ell/s$$

$$v_1 = \frac{13{,}7.10^{-3}}{20.10^{-4}} = 6{,}84\ m/s$$

$$v_2 = \frac{13{,}7.10^{-3}}{35.10^{-4}} = 3{,}91\ m/s$$

correction

exo 1

1) principe de continuité $D = cte = v \cdot s$

2) $\rho = 10^3 \ kg/m^3$
$\rho' = 13{,}6 \cdot 10^3 \ kg/m^3$

ds tube en U : hydrostatique. (loi fondamentale)
ds tube : écoulement ds tube Th de Bernoulli.

fluide parfait, sans viscosité, incompressible, régime permanent
$v \neq f(t)$

"la charge se conserve" $E = cte = \Sigma$ 3 termes homogènes à p

$$= p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z.$$

$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{[E]}{[V]}$ énergie par unité de volume se conserve.
pas de frottement, pas E dissipée.

$E_A = E_B$

$$p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \cancel{\rho g z_A} = p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \cancel{\rho g z_B}$$

$$p_A - p_B = \frac{1}{2} \rho (v_B^2 - v_A^2)$$

$H = AA'$

$$p_{A'} = \rho g H + p_A$$

$$p_{B'} = \rho' g h + \rho g (H - h) + p_B$$

$$p_{A'} = p_{B'} \Rightarrow p_A - p_B = g h (\rho' - \rho) = \frac{1}{2} \rho (v_B^2 - v_A^2)$$

$$\Rightarrow h = \frac{\rho}{2g} \frac{(v_B^2 - v_A^2)}{(\rho' - \rho)} = 7{,}8 \text{ mm}.$$

exo 2

$\rho g = 10^4 \ N \cdot m^{-3}$

loi de Poiseuille

$$D = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{r^4}{\eta \cdot \ell} \cdot \Delta E$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\pi r^4}{8 \eta \ell} \cdot \Delta E$$ perte de charge $\Delta E = E_A - E_B$. tube horizontal

$$= p_A - p_B + \cancel{\frac{1}{2} \rho (v_A^2 - v_B^2)} + \cancel{\rho g (z_A - z_B)}$$

car section constante.

$p_A = \rho g H + \cancel{p_0}$

$p_B = \rho g h + \cancel{p_0}$

$p_A - p_B = \rho g (H - h)$

$$\eta = \frac{\pi . (0,5 . 10^{-3})^4}{8 . \frac{3.10^{-6}}{50} . 0,1} . 10^4 . 5.10^{-2}$$

$\eta = 2,05 . 10^{-3}$ Pa.s

exo 3.

1) Th de Bernoulli → liq − pas de viscosité
liq s'écoule d'abord ds flacon puis ds tube.

entre P et R.

$$\cancel{p_R} + \frac{1}{2}\rho v_R^2 + \rho g z_R = \cancel{p_P} + \underbrace{\frac{1}{2}\rho v_P^2}_{\text{négligeable par rapport à } \frac{1}{2}\rho v_R^2} + \rho g z_P$$

$\rightarrow v_R^2 = 2g\,(h + h_0)$
car $z_P - z_R > 0$

$v_R = 4,65$ m/s

3) même chose avec pression en R = $p_0 + 10^3$

$$\cancel{p_0} + 10^3 + \frac{1}{2}\rho v_R^2 + \rho g z_R = \cancel{p_0} + \cancel{\frac{1}{2}\rho v_P^2} + \rho g z_P$$

$$\Rightarrow v_R^2 = \frac{2\rho g(h + h_0) - 10^3 . 2}{\rho} = 4,45 \text{ m/s.}$$

4) $\Delta E = E_Q - E_R = p_Q - p_R + \frac{1}{2}\cancel{\rho(v_Q^2 - v_R^2)} + \rho g (z_Q - z_R)$

$= \cancel{p_0} + \rho g h_0 - \cancel{p_0} - 10^3 + \rho g h$

$= \rho g (h_0 + h) - 10^3$

exo 4

v n'est pas cte ds l'écoulement car liq visqueux.

$\Delta p = 31,2$ Pa $= 31,2$ J/m^3

pour écoulement cte, on fournit E de 31,2 J/m^3

$\mathcal{P} = \frac{E}{t} = \frac{\Delta E}{T} . L^3 = \Delta E . D = 31,2 . 105 . 10^{-6} = 3,28 . 10^{-3}$ W.

électrocinétique : $\mathcal{P} = U I$ $\qquad I \hat{=} D$
$\Delta E \hat{=} U$

$\Delta E = \frac{8\eta l}{\pi r^4} D \qquad U = RI \qquad R_{mécanique} = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$ résistance à écoulement du liquide.

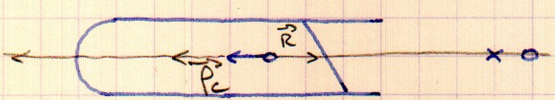
ex 7

$\rho' = 1,15 . 10^{3}$ kg . m^{3}

$d = 35 . 10^{-3}$ m.

$a = 45000$ g.

$\eta = 1,053 . 10^{-3}$ Pa.s $\rho = 0,9986$ g . cm^{-3}



FE : force centrifuge $\vec{f_c} = m' . \vec{a}$
$\vec{P}$ négligeable.
f de frottement, loi de Stockes $\vec{R} = - 6\pi \eta . r . \vec{v}$

poussée d'archimède. $\vec{f_a} = - m . \vec{a}$

même vol déplacé

résultante forces nulle à t donné $\rightarrow v_\ell = cte = \frac{\ell}{t}$

$(m' - m) a = 6\pi \eta r \frac{\ell}{t}$

$(\rho' - \rho) \frac{4}{3} \pi r^3 a = 6\pi \eta r \frac{\ell}{t}$

$(\rho' - \rho) 2 r^2 a = 3 \eta \frac{\ell}{t}$

$t = 3 \eta \ell . \left(2 (\rho' - \rho) . r^2 . a\right)^{-1} = 11575$ s $= 3$ h.

A La pression se transmet intégralement d'un point à un autre au sein d'un liquide incompressible en équilibre.

B La différence de pression entre deux points d'une même masse de liquide en équilibre est égale au poids d'un cylindre de liquide, ayant pour aire de sa section droite l'unité de surface et pour hauteur la distance verticale h entre les deux points.

C La grandeur pression a une direction et un sens.

D Dans une masse de fluide homogène, les surfaces isobares sont les surfaces équipotentielles du champ de pesanteur.

E La pression est identique en tous les points de la surface libre, plane et horizontale d'un liquide soumis au champ de pesanteur.

A Un fluide est un milieu continu, déformable, pouvant s'écouler sous l'action d'une force de faible intensité.

B Les forces de viscosité interviennent lorsque les fluides sont au repos.

C La statique des fluides réels se confond toujours avec la statique des fluides parfaits.

D Il existe des liquides parfaits.

E Lorsque des vases communiquent, les différentes surfaces libres du liquide en équilibre sont dans un même plan horizontal parce qu'elles sont soumises à la même pression.

A Un volume élémentaire de fluide suit une trajectoire fixe appelée ligne de courant.

B L'ensemble des lignes de courant qui s'appuient sur un contour fermé délimite un tube de courant.

C Lorsque la vitesse d'un liquide en chaque point d'un tube de courant ne dépend que du temps, l'écoulement a lieu en régime permanent.

D L'écoulement d'un liquide peut être à la fois turbulent et laminaire.

E Lorsqu'en un point de l'espace, la vitesse d'un fluide varie en grandeur et en direction au cours du temps, le régime d'écoulement de ce fluide est turbulent.

PARMI LES PROPOSITIONS SUIVANTES, QUELLES SONT LES VRAIES ?

tension superficielle :

A - L'unité SI de coefficient de tension superficielle est la $dyn.m^{-1}$
B - Si l'angle de raccordement dans un tube capillaire est inférieur à 90°, le liquide monte dans le tube.
C - Le rôle d'un agent mouillant consiste à augmenter l'angle de raccordement solide-liquide.
D - Les forces de tension superficielle s'exercent perpendiculairement à la surface du liquide. → force tangentielle.
E - Le phénomène de formation de mousse s'explique par une augmentation de la tension superficielle.

A - Elle est définie comme une force par unité de longueur
B - Elle est définie comme une énergie potentielle ≠ E/S
C - Elle dépend de la nature du liquide
D - Elle dépend de la température
E - Elle dépend de la pression du gaz surmontant le liquide.

La force élémentaire de pression exercée par un liquide sur un élément de paroi du récipient dans lequel il se trouve

A - est perpendiculaire à cet élément de paroi
B - est dirigée vers l'intérieur du récipient
C - est proportionnelle à l'aire de la paroi
D - ne dépend pas de la forme du récipient
E - dépend de la hauteur du liquide au dessus du point d'application de la force

---

loi de Jurin

A - La hauteur de liquide dans un tube capillaire est proportionnelle au coefficient de tension superficielle du liquide
B - Cette hauteur est inversement proportionnelle au rayon de courbure du ménisque
C - Cette hauteur est inversement proportionnelle à la masse volumique du liquide
D - Cette hauteur est inversement proportionnelle à l'accélération de la pesanteur
E - Le coefficient numérique ne dépend pas de la géométrie du tube capillaire

---

loi de Laplace

A - La pression est plus grande du côté de la concavité de la surface
B - La surpression est proportionnelle au coefficient de tension superficielle et inversement proportionnelle au rayon de courbure
C - La surpression à l'intérieur d'une goutte de rosée et de $2\gamma/R$
D - La surpression à l'intérieur d'une bulle de savon dans l'air est de $4\gamma/R$
E - La surpression à l'intérieur d'une bulle d'air dans l'eau est de $4\gamma/R$

Lors de l'écoulement d'un fluide réel, le passage du régime laminaire au régime turbulent peut se faire '

A - lorsque la vitesse d'écoulement augmente
B - lorsque la viscosité du fluide augmente
C - lorsque la masse volumique du fluide diminue
D - lorsque la diamètre du tube diminue
E - lorsque la température diminue

Le Théorème de Bernoulli, $P + \rho gz + 1/2\ \rho v^2$ = constante, s'applique d'une manière générale

A - aux fluides compressibles
B - aux régimes d'écoulement turbulents et laminaires
C - aux régimes stationnaires
D - aux fluides visqueux
E - aux canalisations étroites

Soit un fluide visqueux s'écoulant en régime laminaire dans un tube horizontal de section constante.

A - La vitesse d'écoulement est constante en tous les points d'une section du tube
B - La relation entre la vitesse d'écoulement et la distance à l'axe du tube est linéaire
C - La vitesse moyenne dans le tube est proportionnelle à la viscosité cinématique du liquide
D - L'écoulement s'accompagne d'une perte de charge inversement proportionnelle à la longueur du tube $\Delta E = k.l.$
E - Un dégagement de chaleur se produit lors de l'écoulement

---

loi de Poiseuille

A - le débit de liquide est proportionnel au carré du rayon du tube
B - elle s'applique uniquement aux tubes horizontaux
C - elle s'applique uniquement en régime laminaire
D - elle s'applique aux liquides newtoniens et non newtoniens
E - le débit de liquide est proportionnel à la viscosité cinématique du liquide

---

dimensions de grandeurs physiques

A - tension superficielle : MT^{-2}
B - viscosité : $ML^{-1}T^{-1}$
C - viscosité cinématique : L^2T^{-3} $= \frac{\eta}{\rho} \rightarrow \frac{ML^{-1}T^{-1}}{ML^{-3}} = L^2T^{-1}$
D - perte de charge : $ML^{-1}T^{-2}$
E - nombre de REYNOLDS : sans dimension

td n 8.

exo 1

diffusion lumière, comme prisme

réseau = Σ fentes fines rectilignes, //, équidistantes les 1 des autres.

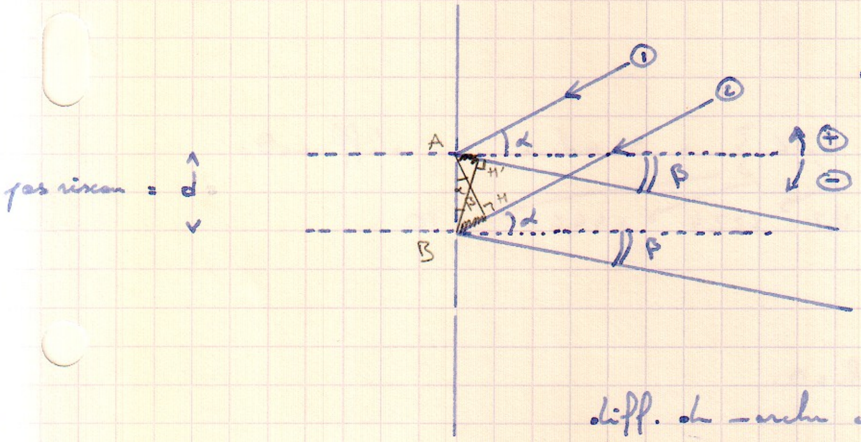
transmission (lumière passe à travers).

réflexion (lumière réfléchie).

fabricaθ : grâce à 1 diamant sur verre ou métal.

→ sillons, les fentes

λ lumière ≈ ordre grandeur que la taille d'une fente → diffractθ.



diffractθ ⇒ interférences.

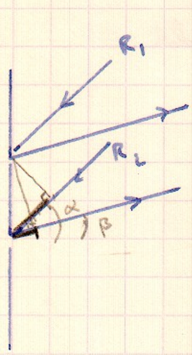
concordance de phase
→ amplitudes s'ajoutent
$I = k.E^2$

diff. de marche entre R_1 et R_2 = $k\lambda$ ⇒ max de E.
R_1 arrive en avance, ressort en retard.

$\delta = BH - AH'$
$\delta = d(\sin\alpha - \sin\beta) = k\lambda$

$d(\sin\alpha + \sin\underline{\underline{\beta}}) = k\lambda$.

avec sens trigo.



$\lambda_0 = 600$ nm. $\alpha = 30°$ $n = 400$

1) $d(\sin\alpha + \sin\beta) = k\lambda_0 = 0$

$\sin\alpha = -\sin\beta$

$\beta = -\alpha = -30°$

2) $d = \frac{1}{n}$: nb trait / m.

$$d = \frac{10^{-3}}{400}$$

$$-1 < \sin\beta < +1$$

pour $\sin\beta = +1$

$$k = \frac{d}{\lambda_0}(\sin\alpha + \sin\beta) = \frac{10^{-3}}{400} \cdot \frac{1}{600.10^{-9}} \cdot (0,5 + 1)$$

$$k = +6,25$$

pour $\sin\beta = -1$

$$k = \frac{10^{-3}}{400} \cdot \frac{1}{600.10^{-9}} (-1 + 0,5)$$

$$k = -2,08.$$

$k = \{-2; -1, 0, 1; 2; 3; 4; 5; 6\}$ → 9 ordres de diffraction.

k	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
β	$-78,5$	$-47,7$	-30	$-15,07$	$-1,1$	$+12,7$	$+27,4$	$+44,4$	$+70$

$$\sin\beta = \frac{k\lambda}{d} - \sin\alpha.$$

plus grde intensité pour $k = 0$.

3) pouvoir dispersif $\frac{d\beta}{d\lambda}$? ordre $+1$

on observe spectre continu lux blanche. rouge → violet.

spectre $k = 0$, pas de dispersion.

$$d(\sin\alpha + \sin\beta) = k\lambda$$

$$\sin\beta = \frac{k\lambda}{d} - \sin\alpha$$

$$d\beta \cos\beta = \frac{k\, d\lambda}{d}$$

$$\frac{d\beta}{d\lambda} = \frac{k}{d\cos\beta}$$

+ k grd, + pouvoir dispersif élevé
d ↘
$\beta \to 90$

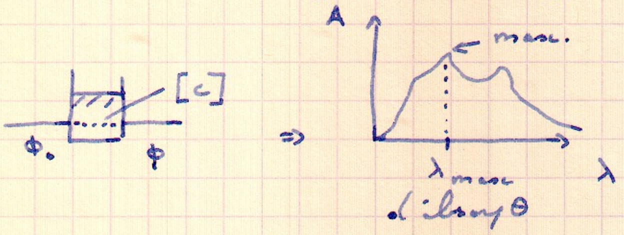
$$\frac{d\beta}{d\lambda} = \frac{1.400}{10^{-3}.\cos(-15,07)} \cdot \frac{1}{10^{9}} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 60 = 1,42\,'/\text{nm}$$

pour 1nm, $\beta = 1,42'$.

cours 3

Loi Beer Lambert.

1. déterminer spectre d'absorption.



$A = \varepsilon . c . x$

$\log \frac{\Phi_0}{\Phi} = A$ sans dimension

x = épaisseur en cm
c = mol l^{-1}

ε absorptivité molaire $l . mol^{-1} . cm^{-1}$.

mesure sol inconnue → étalonnage on mesure A. travailler avec pente grd

par calcul : A ne doit pas être élevée.

λ = 575 nm.

5,5 mmol $l^{-1} \rightarrow \frac{1}{50}$ x = 0,5 cm A = 0,28.

1) $\varepsilon = \frac{A}{cx}$

$\varepsilon = \frac{0,28 . 50}{5,5 . 10^{-3} . 0,5} = 5091 \; l . mol^{-1} cm^{-1}$

2)

100 60 $A = \log \frac{\Phi_0}{\Phi} = \log \frac{100}{60} = 0,222$.

$c = \frac{A}{\varepsilon x} = \frac{0,222 . 100}{5091 . 0,5 . 10^{3}} = 8,7$ mmol $. l^{-1}$

exer 14.

pH = 1 $\qquad \alpha_D^+ = +51,6\ °\,ml\,dm^{-1}\,g^{-1}$

pH = 12 $\qquad \alpha_D^- = -36,2\ °\,ml\,g^{-1}\,dm^{-1}$

pH = 7 $\qquad c = 60\ g/l.$

$l = 2\,dm.$

$\alpha = +3°26.$

$\frac{c_D}{c_T}$?

Loi de Biot: $\qquad \underbrace{\alpha}_{°} = \overbrace{\alpha_D}^{\text{pouvoir rot spécif.}} . \underbrace{l}_{dm} . \underbrace{c}_{g\,ml^{-1}}.$

$$\alpha_D \sim °.ml.\,g^{-1}dm^{-1}$$

$$\alpha = l . \sum_i \alpha_{Di} . c_i$$

$$\alpha = l\,\alpha_D^+\,c_D + l\,\alpha_D^-\,c_L \qquad\qquad c_T = c_D + c_L$$

$$\alpha = l\,\alpha_D^+\,c_D + l\,\alpha_D^-\,(c_T - c_D)$$

$$\alpha = l\left(c_D\,(\alpha_D^+ - \alpha_D^-) + c_T\,\alpha_D^-\right)$$

$$c_D = \frac{1}{\alpha_D^+ - \alpha_D^-} . \left(\frac{\alpha}{l} - \alpha_D^-\,c_T\right)$$

$$\frac{c_D}{c_T} = \frac{1}{\alpha_D^+ - \alpha_D^-}\left(\frac{\alpha}{l . c_T} - \alpha_D^-\right)$$

$$\frac{c_D}{c_T} = \left(\frac{3,43}{60.10^{-3}.\ 2} + 36,2\right) . \frac{1}{+51,6 + 36,2} = 0,74.$$

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - FACULTÉ DE PHARMACIE

DÉPARTEMENT DE BIOPHYSIQUE, MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE

8, avenue Rockefeller - 69373 LYON CEDEX 2 - Tél. (7) 875.81.14

NOM et Prénoms : TONTHAT Pierre Tiet

Groupe d' E.D. : Vendredi 8h30

Première Année de Pharmacie

AUTOCONTROLE DE PHYSIQUE (AVRIL 92)

TABLEAU DES CONSTANTES LES PLUS COURANTES

c	vitesse de la lumière dans le vide : 299 792 458 $m.s^{-1}$
e	charge élémentaire : $1,60218.10^{-19}$ C
G	constante de gravitation : $6,673.10^{-11}$ $N.m^2.kg^{-2}$
h	constante de Planck : $6,6261.10^{-34}$ J.s
k	constante de Boltzmann : $1,38066.10^{-23}$ $J.K^{-1}$
m	masse de l'électron : $9,1094.10^{-31}$ kg
m_n	masse du neutron : $1,67493.10^{-27}$ kg
m_p	masse du proton : $1,67263.10^{-27}$ kg
N_A	nombre d'Avogadro : $6,0221.10^{23}$ mol^{-1}
R	constante des gaz parfaits : 8,314 $J.mol^{-1}.K^{-1}$
R_∞	constante de Rydberg : $1,09737315.10^7$ m^{-1}
u	unité de masse atomique : $1,66054.10^{-27}$ kg = 931,493 MeV
ε_o	permittivité du vide : $8,854188.10^{-12}$ $F.m^{-1}$
μ_o	perméabilité du vide : $1,256637.10^{-6}$ $H.m^{-1}$

Vérifiez que votre fascicule comporte **10 pages numérotées**

<u>QCM</u> (sur 9 points) : Noircir la ou les cases correspondant aux propositions justes

<u>QUESTION N° 1</u>

Les entités suivantes peuvent être considérées comme des dipôles électriques permanents :

~~A~~ - Un ion K^+
B - Une molécule d'acide chlorhydrique
~~C~~ - Un ion Cl^-
D - Une molécule d'eau
~~E~~ - Une molécule de dioxyde de carbone

<u>Réponse 1</u> : A ~~B~~ C ~~D~~ E

<u>QUESTION N° 2</u>

Dans une cellule photoélectrique à vide :

~~A~~ - La présence d'un courant d'obscurité est due à un effet thermoélectronique sur la photocathode
B - La sensibilité spectrale varie avec la longueur d'onde du rayonnement incident
0,5 ~~C~~ - Le rendement quantique de la photocathode ne dépend pas de la longueur d'onde du rayonnement incident
D - Le potentiel d'arrêt dépend de la longueur d'onde du rayonnement incident
~~E~~ - La dimension de la sensibilité spectrale est $M^{-1}L^{-2}T^{-3}I$
$M^{-1}L^{-2}T^{3}I$

<u>Réponse 2</u> : ~~A~~ ~~B~~ C ~~D~~ E

<u>QUESTION N° 3</u>

Soit un rayonnement monochromatique traversant une substance absorbante en solution. $\emptyset_o$ est le flux incident, $\emptyset$ le flux transmis.

~~A~~ - L'absorbance est $A = \text{Ln}\ \dfrac{\emptyset_o}{\emptyset}$
log
~~B~~ - La fonction $A = kC$ (avec k = constante et C = concentration) est toujours valable quel que soit C
0,5 ~~C~~ - L'absorptivité molaire s'exprime habituellement en $mol.l^{-1}.cm^{-1}$
~~D~~ - La loi de Beer Lambert est valable même si la substance diffuse le rayonnement incident
E - L'absorptivité molaire dépend de la longueur d'onde du rayonnement incident

<u>Réponse 3</u> : ~~A~~ B C D ~~E~~

QUESTION N° 4

Une lame de zinc est mise en contact avec un électroscope à feuilles d'or :

~~A~~ - Les feuilles d'or s'écartent et se chargent négativement lorsque la lame de zinc est éclairée par un rayonnement U.V.

B - Les feuilles d'or chargées positivement restent écartées lorsque la lame de zinc est éclairée par un rayonnement U.V.

1 C - Les feuilles d'or préalablement chargées négativement se rapprochent quand la lame de zinc est éclairée par un rayonnement U.V.

~~D~~ - Les feuilles d'or préalablement chargées négativement se rapprochent quand la lame de zinc est éclairée par un rayonnement visible

E - Les feuilles d'or préalablement chargées négativement restent écartées si l'on interpose entre la lame de zinc et le rayonnement U.V. un écran de verre

Réponse 4 : A ~~B~~ ~~C~~ D ~~E~~

QUESTION N° 5

Soit un liquide considéré comme parfait, s'écoulant en régime permanent dans une canalisation large, horizontale, cylindrique, de section variable ($S_1 = 50$ cm^2, $S_2 = 25$ cm^2), de longueur L

~~A~~ - La pression statique est plus grande au niveau de S_2

~~B~~ - La pression dynamique est plus grande au niveau de S_1

C - La différence de charge entre un point de S_1 et un point de S_2 est nulle

0,5 D - L'énergie par unité de volume = charge du fluide est plus grande au niveau de S_2

~~E~~ - La perte de charge sur toute la longueur de la canalisation est $\Delta E = k.L$ (avec k = constante différente de zéro)

Réponse 5 : A B ~~C~~ ~~D~~ E

QUESTION N° 6

L'onde électromagnétique progressive, monochromatique, polarisée rectilignement est constituée par la propagation de deux vecteurs champs électrique et magnétique.

~~A~~ - Les 2 vecteurs vibrent en opposition de phase

~~B~~ - Les 2 vecteurs vibrent parallèlement à la direction de propagation

C - Les 2 vecteurs vibrent perpendiculairement l'un par rapport à l'autre

1 D - La vibration est une fonction sinusoïdale du temps

~~E~~ - La vitesse de propagation est égale à c dans le vide et dans tout milieu matériel $v = \frac{c}{n}$

Réponse 6 : A B ~~C~~ ~~D~~ E

QUESTION N° 7

Les états d'énergie d'un électron sont définis par 4 nombres quantiques n, ℓ, m, s

A - ℓ nombre quantique orbital prend toutes les valeurs entières de 0 à n -1

~~B~~ - m nombre quantique magnétique varie par valeurs entières de - n à + n

~~C~~ - Deux électrons appariés ont leur 4 nombres quantiques identiques

1

~~D~~ - Pour qu'une transition entre deux états d'énergie soit permise il suffit que $\Delta\ell = \pm 1$ $\Delta j = \pm 1$ ou 0 $\Delta n = 0$

E - En l'absence de champ magnétique appliqué, les sous-niveaux correspondant à des valeurs m différentes ont même énergie

Réponse 7 : ~~A~~ B C D ~~E~~

QUESTION N° 8

A partir de la notation suivante $^{131}_{53}I^-$ on peut déduire que :

A - le nombre de nucléons est de 131

B - la masse d'une mole d'atomes est très voisine de 131 g

~~C~~ - par définition, la masse d'un atome est exactement 131 u (juste pour ^{12}C)

0

~~D~~ - il y a 53 électrons dans cet ion

~~E~~ - il y a 78 neutrons dans ce noyau

Réponse 8 : ~~A~~ ~~B~~ C ~~D~~ E

QUESTION N° 9

Les grandeurs suivantes ont pour dimensions

~~A~~ - Résistance mécanique à l'écoulement : $ML^{-4}T^{-1}$

~~B~~ - Pouvoir rotatoire spécifique d'une substance optiquement active : $M^{-1}L^3$ $M^{-1}L^2$

0,5

C - Vitesse angulaire : T^{-1}

~~D~~ - Mobilité d'un ion dans un liquide : $M^{-1}LT^{-2}I^{-1}$ $M^{-1}T^2I$

E - Potentiel électrique : $ML^2T^{-3}I^{-1}$

Réponse 9 : A B ~~C~~ D ~~E~~

6

$D = \frac{\pi r^4}{8\eta l}$ ΔP

$\downarrow$ $\downarrow$

$i = \frac{1}{R}$ U

$R_{méc} = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$

EXERCICES

Pour chaque exercice le tableau présente 32 réponses numériques possibles.

La bonne réponse doit être désignée par la combinaison des lettres qui figure au même emplacement dans le tableau des combinaisons de lettres.

Vous devez choisir la valeur la plus proche de votre résultat. Si votre valeur est en dehors de l'intervalle défini par le tableau, choisissez "autre réponse".

EXERCICE N° 1 (sur 5 points)

Soit un faisceau de rayons X produits dans un tube de Coolidge fonctionnant sous une tension de 60 kV. Ce faisceau traverse une lame de fer.
Les longueurs d'onde des discontinuités d'absorption K, L_I, L_{II} et L_{III} du fer étant respectivement de 0,1744, 1,460, 1,720 et 1,751 nm, calculer les longueurs d'onde des deux raies K d'émission de fluorescence du fer, consécutives à l'absorption des photons incidents. Exprimer les résultats en nm.

ne sait pas	0,1077 et 0,1091	0,1178 et 0,1190	0,1289 et 0,1297	0,1350 et 0,1361	0,1456 et 0,1470	0,1590 et 0,1603	0,1712 et 0,1719	0,1845 et 0,1860	0,1937 et 0,1941	0,2010 et 0,2018	0,2091 et 0,2097	0,2212 et 0,2220	0,2500 et 0,2504	0,3331 et 0,3340	0,3610 et 0,3612
0,1002 et 0,1007	0,1021 et 0,1126	0,1240 et 0,1244	0,1317 et 0,1324	0,1431 et 0,1437	0,1522 et 0,1528	0,1666 et 0,1670	0,1790 et 0,1812	0,1891 et 0,1899	0,1980 et 0,1991	0,2044 et 0,2053	0,2115 et 0,2125	0,2331 et 0,2402	0,3120 et 0,3150	0,3502 et 0,3525	AUTRE RÉPONSE

	B	D	AB	AD	BC	BE	CE	ABC	ABE	ACE	BCD	BDE	ABCD	ABDE	BCDE
A	C	E	AC	AE	BD	CD	DE	ABD	ACD	ADE	BCE	CDE	ABCE	ACDE	ABCDE

5

Réponse 10 : ~~A~~ ~~B~~ C D ~~E~~

EXERCICE N° 2 (sur 4 points)

Un faisceau de rayons X monochromatique traverse successivement deux lames de même épaisseur (une lame de béryllium puis une lame de fer).

Quelle doit être l'épaisseur de ces lames pour que le flux incident de photons X soit atténué de 95 %. Exprimer le résultat en μm.

On donne :
- Coefficient d'atténuation massique du béryllium = $0,28\ cm^2.g^{-1}$
- Coefficient d'atténuation massique du fer = $115\ cm^2.g^{-1}$
- Masse volumique du béryllium = $1,85\ g.cm^{-3}$
- Masse volumique du fer = $7,87\ g.cm^{-3}$

4

ne sait pas	29,7	37,5	45,2	51,5	62,0	70,1	78,9	86,2	90,8	95,5	99,3	100,8	105,1	107,0	110,5
27,2	33,1	41,0	49,7	58,6	67,4	73,7	81,4	89,5	93,0	98,6	100,0	101,5	105,9	108,2	AUTRE RÉPONSE

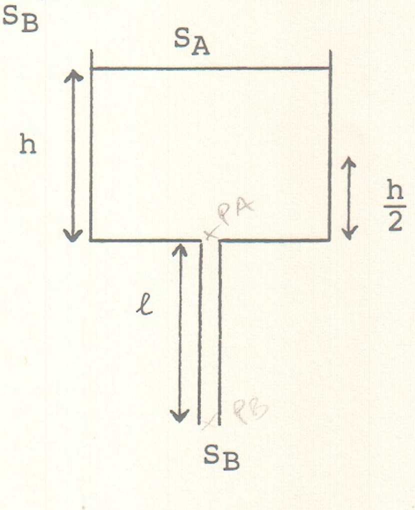
	B	D	AB	AD	BC	BE	CE	ABC	ABE	ACE	BCD	BDE	ABCD	ABDE	BCDE
A	C	E	AC	AE	BD	CD	DE	ABD	ACD	ADE	BCE	CDE	ABCE	ACDE	ABCDE

Réponse 11 : A B ~~C~~ D E

EXERCICE N° 3 (sur 4 points)

Soit un liquide visqueux s'écoulant depuis un récipient de section large (S_A) à travers un tube vertical de section étroite (S_B)

$S_A >> S_B$



- Quand le liquide a une hauteur h dans le récipient, le débit instantané est D_1
- Quand le liquide n'a plus que la hauteur $\frac{h}{2}$, le débit instantané est alors D_2

Quelle est la valeur du rapport $\frac{D_2}{D_1}$ sachant que $h = \ell$?

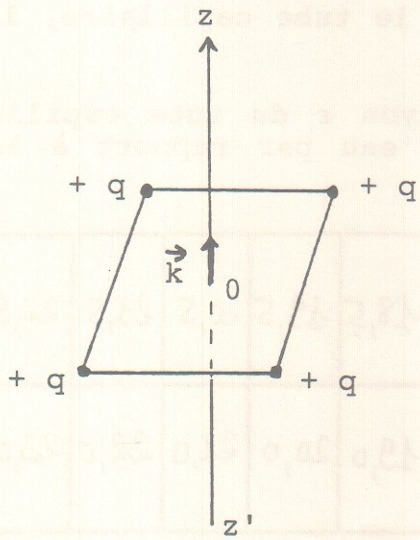
ne sait pas	0,12	0,17	0,23	0,28	0,32	0,37	0,45	0,53	0,58	0,65	0,72	0,78	0,82	0,88	0,92
0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,62	0,68	0,75	0,80	0,85	0,90	AUTRE RÉPONSE

	B	D	AB	AD	BC	BE	CE	ABC	ABE	ACE	BCD	BDE	ABCD	ABDE	BCDE
A	C	E	AC	AE	BD	CD	DE	ABD	ACD	ADE	BCE	CDE	ABCE	ACDE	ABCDE

Réponse 12 : A B C ~~DE~~ 1 0 0
BCE

EXERCICE N° 4 (sur 4 points)

Un dipôle électrostatique, de longueur ℓ, est placé sur l'axe z'oz d'un carré de côté a porteur de charges ponctuelles + q en ses quatre sommets.



Sachant :

- que l'expression du champ électrique créé sur l'axe est :

$$\vec{E} = \frac{q\,z}{\Pi\varepsilon_0 \left[a^2/2 + z^2\right]^{3/2}} \cdot \vec{k}$$

($\vec{k}$ vecteur unitaire selon oz)

- que le moment dipolaire $\vec{p}$ est colinéaire à $\vec{E}$

- que le côté a du carré est égal à 10 cm

Déterminer les distances z, non nulles, du centre du carré au centre du dipôle ($z \gg \ell$) pour que le dipôle soit en équilibre. Exprimer ces longueurs en cm.

ne sait pas	±0,3	±0,5	±0,9	±2	±4	±6	±8	±10	±30	±50	±70	±90	±200	±300	±400
±0,2	±0,4	±0,7	±1,5	±3	±5	±7	±9	±20	±40	±60	±80	±100	±250	±350	AUTRE RÉPONSE

	B	D	AB	AD	BC	BE	CE	ABC	ABE	ACE	BCD	BDE	ABCD	ABDE	BCDE
A	C	E	AC	AE	BD	CD	DE	ABD	ACD	ADE	BCE	CDE	ABCE	ACDE	ABCDE

Réponse 13 : A B C D E

EXERCICE N° 5 (sur 6 points)

Un tube capillaire vertical de longueur ℓ = 20 cm est fermé à son extrémité supérieure. Ce tube, contenant initialement de l'air à la pression atmosphérique, est plongé sur le dixième de sa longueur dans une cuve contenant de l'eau parfaitement mouillante.
On donne :

- la pression atmosphérique $P_o = 10^5$ Pa
- la tension superficielle de l'eau à la température de l'expérience $\gamma = 73.10^{-3}$ $N.m^{-1}$
- la masse volumique de l'eau $\rho = 10^3$ $kg.m^{-3}$
- l'accélération de la pesanteur $g = 9,81$ $m.s^{-2}$

On admet que, pour l'air contenu dans le tube capillaire, le produit P.V = constante

1 - Calculer, en μm, le rayon r du tube capillaire pour lequel la hauteur h d'ascension de l'eau par rapport à la surface libre est nulle

3

ne sait pas	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5
10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	AUTRE RÉPONSE

	B	D	AB	AD	BC	BE	CE	ABC	ABE	ACE	BCD	BDE	ABCD	ABDE	BCDE
A	C	E	AC	AE	BD	CD	DE	ABD	ACD	ADE	BCE	CDE	ABCE	ACDE	ABCDE

Réponse 14 : ~~A~~ B ~~C~~ D E

1,17 µm

2 - Calculer, en µm, le rayon r du tube capillaire pour lequel la hauteur h d'ascension de l'eau par rapport à la surface libre est égale à 2 cm

ne sait pas	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00	5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90
4,45	4,55	4,65	4,75	4,85	4,95	5,05	5,15	5,25	5,35	5,45	5,55	5,65	5,75	5,85	AUTRE RÉPONSE

	B	D	AB	AD	BC	BE	CE	ABC	ABE	ACE	BCD	BDE	ABCD	ABDE	BCDE
A	C	E	AC	AE	BD	CD	DE	ABD	ACD	ADE	BCE	CDE	ABCE	ACDE	ABCDE

Réponse 15 : ~~A B C D E~~

ABDE

8

EXERCICE N° 6 (sur 8 points)

I Soit une cellule photoémissive dont la sensibilité spectrale est s_λ = 10 $mA.W^{-1}$ pour λ = 600 nm

1 - Etablir la relation entre la sensibilité spectrale et le rendement quantique ρ

$$\rho\left(\frac{c}{\lambda}\right) = \frac{n_e}{n_p}$$

$$i = n_e \cdot e \quad \text{et} \quad \phi = n_p \frac{hc}{\lambda}$$

$$\begin{cases} \rho\left(\frac{c}{\lambda}\right) = \frac{i}{e} \cdot \frac{hc}{\phi \cdot \lambda} \\ i = s(\lambda)\,\phi \end{cases} \Rightarrow s(\lambda) = \frac{e}{hc} \cdot \rho\left(\frac{c}{\lambda}\right) \cdot \lambda$$

2 - Calculer le rendement quantique à cette longueur d'onde

$$\rho\left(\frac{c}{\lambda}\right) = \frac{hc}{e\lambda}\, s(\lambda)$$

$$= \frac{6{,}63.10^{-34} \cdot 3.10^{8}}{1{,}6.10^{-19} \cdot 600.10^{-9}} \cdot 10 \cdot 10^{-3}$$

$$= 2{,}07\%$$

II On mesure les potentiels d'arrêt d'une cellule photoélectrique pour plusieurs longueurs d'onde de la lumière incidente :

U_a (V)	0,06	0,27	0,48	0,76	1,1	1,5
λ (nm)	600	550	500	450	400	350

1 - Montrer que $U_a = f\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ est une droite

relation d'Einstein : $h\nu = E_{iK} + E_c$

E_{iK} : énergie d'extraction constante $= \frac{hc}{\lambda_{minimale}}$

E_c : correspond au potentiel d'arrêt.

$$\frac{hc}{\lambda} = E_{iK} + eU_a$$

$$eU_a = \frac{hc}{\lambda} - E_{iK}$$

$$U_a = \underbrace{\frac{hc}{e}}_{constante} \cdot \frac{1}{\lambda} - \underbrace{\frac{E_{iK}}{e}}_{constante}$$ $\Rightarrow$ droite

donc $U_a = f\left(\frac{1}{\lambda}\right)$

2 - Montrer que, connaissant c et e, il est possible d'en déduire la constante de Planck h et la longueur d'onde seuil de cette cellule

la fonction f donne une droite. $U_a = \frac{1}{\lambda} \cdot a + b$

avec $a = \frac{hc}{e}$ et $b = -\frac{E_{iK}}{e} = -\frac{hc}{e\lambda_s}$

avec les coordonnées plus haut

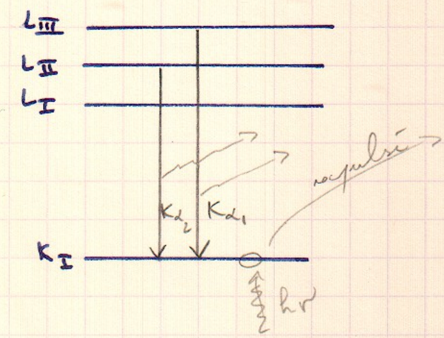
on trouve $a = 1,21 \cdot 10^{-6}$ SI

$b = -1,956$ SI

connaissant c et e $h = \frac{a \cdot e}{c} = 6,45 \cdot 10^{-34} \simeq 6,63 \cdot 10^{-34}$ SI

$\lambda_s = -\frac{hc}{eb} = 6,35 \cdot 10^{-7}$ nm correc⊖ DS physique.

exo 1



$$E_{i_K} = \frac{hc}{\lambda_K}$$

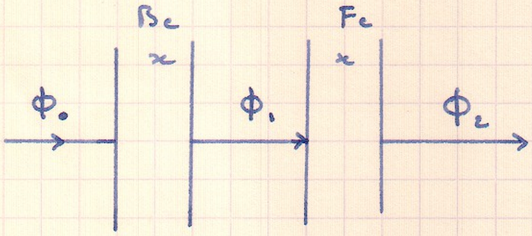
série de raie K → là où il y a eu une lacune.

$$\frac{hc}{\lambda_{K\alpha_1}} = E_{i_K} - E_{i_{L_{III}}}$$

$$\frac{\cancel{hc}}{\lambda_{K\alpha_1}} = \frac{\cancel{hc}}{\lambda_K} - \frac{\cancel{hc}}{\lambda_{L_{III}}} \quad \rightarrow \quad \lambda_{K\alpha_1} = 0,1537 \text{ nm.}$$

$$\rightarrow \quad \lambda_{K\alpha_2} = 0,1541 \text{ nm}$$

exo 2



$$\frac{\Phi_2}{\Phi_0} = 0,05$$

$$\Phi_1 = \Phi_0 \, e^{-\mu m_1 \rho_1 x}$$

$$\Phi_2 = \Phi_1 \, e^{-\mu m_2 \rho_2 x}$$

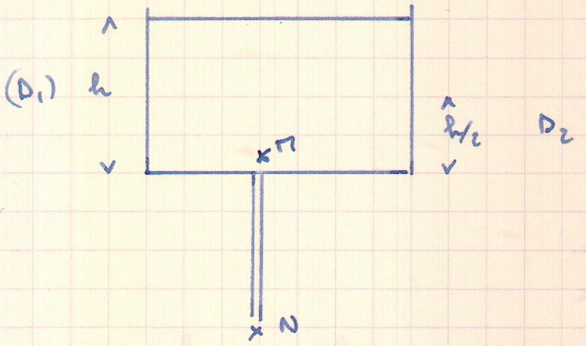
$$\Phi_2 = \Phi_0 \, e^{-(\mu m_1 \rho_1 + \mu m_2 \rho_2) x}$$

$$e^{-(\mu m_1 \rho_1 + \mu m_2 \rho_2) x} = 0,05$$

$$(\mu m_1 \rho_1 + \mu m_2 \rho_2) x = -\ln 0,05$$

$$x = \frac{-\ln 0,05}{\mu m_1 \rho_1 + \mu m_2 \rho_2} = 33,1 \ \mu\text{m}$$

exo 3



$\dfrac{D_2}{D_1}$?

$$D_1 = \frac{\pi r^4}{8\eta \ell} \Delta E_1$$

$$D_2 = \frac{\pi r^4}{8\eta \ell} \Delta E_2$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\Delta E_2}{\Delta E_1}$$

$$\Delta E_1 = P_{M_1} - P_{N_1} + \cancel{\tfrac{1}{2}\rho\left(v_{M_1}^2 - v_{N_1}^2\right)} + \rho g (z_M - z_N)$$

la section = cte
le débit est constant

$$\Delta E_1 = P_{M_1} - P_{N_1} + \rho g \ell$$

$$P_{M_1} = P_0 + \rho g h$$

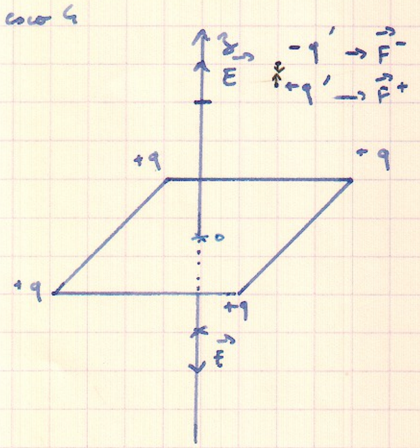
$$P_{N_1} = P_0$$

$$\Rightarrow \Delta E_1 = \rho g (h + \ell)$$

$$\Delta E_2 = \rho g \left(\frac{h}{2} + \ell\right)$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\frac{h}{2} + \ell}{h + \ell} = \frac{\frac{\ell}{2} + \ell}{2\ell} = \frac{\frac{3\ell}{2}}{2\ell} = \frac{3}{4} = 0{,}75$$

exo 4

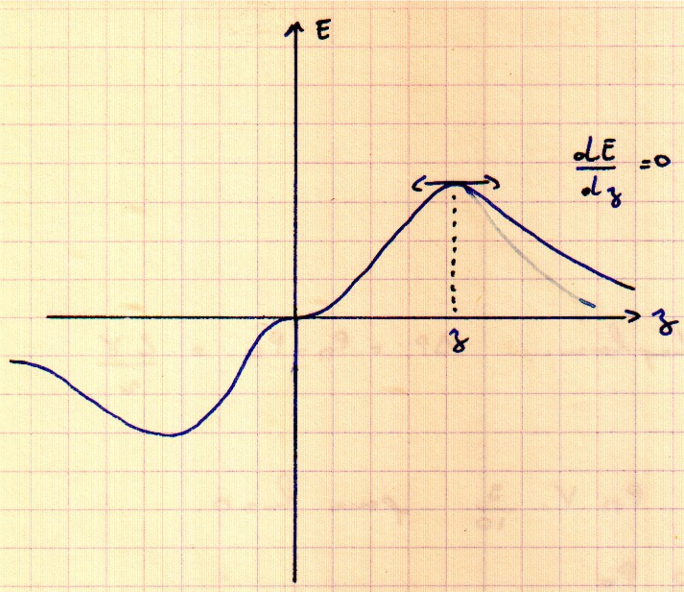


$$\vec{E} = \frac{q z}{\pi \varepsilon_0 \left(\frac{a^2}{2} + z^2\right)^{3/2}} \vec{k}$$

$$\vec{F^-} = -q' \vec{E}$$
$$\vec{F^+} = q' \vec{E}$$

E_q : $E = cte.$ $\Leftrightarrow$ $\dfrac{dE}{dz} = 0$

$$\vec{F^-} + \vec{F^+} = \vec{0}$$



$$E = \frac{q}{\pi \varepsilon_0} z \left(\frac{a^2}{2} + z^2 \right)^{-3/2}$$

$$\frac{dE}{dz} = \frac{q}{\pi \varepsilon_0} \left(\left(\frac{a^2}{2} + z^2 \right)^{-3/2} - \frac{3}{2} z \, (2z) \left(\frac{a^2}{2} + z^2 \right)^{-5/2} \right)$$

$$0 = \left(\frac{a^2}{2} + z^2 \right)^{-3/2} - 3 z^2 \left(\frac{a^2}{2} + z^2 \right)^{-5/2}$$

$$0 = 1 - 3 z^2 \left(\frac{a^2}{2} + z^2 \right)^{-1}$$

$$1 = 3 z^2 \left(\frac{a^2}{2} + z^2 \right)^{-1}$$

$$1 = \frac{3 z^2}{\frac{a^2}{2} + z^2}$$

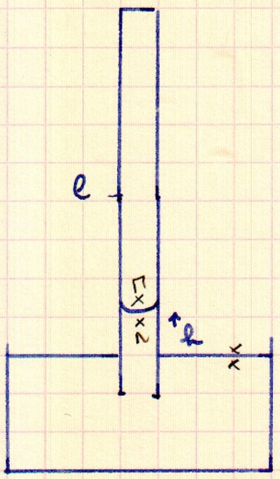
$$\frac{a^2}{2} + z^2 = 3 z^2$$

$$\frac{a^2}{2} = 2 z^2$$

$$z^2 = \frac{a^2}{4}$$

$$z = \pm \frac{a}{2} = 5 \text{ cm} \rightarrow \text{BD}$$

coco 5.



$PV = cte.$

Loi de Laplace. $\Delta P = P_M - P_N = \frac{2\gamma}{r}$

$P_M = ?$

$P_0 V = P_M V . \frac{9}{10}$ pour $h = 0$.

$P_M = \frac{10}{9} P_0$

$P_N = P_0 \underbrace{- \rho g h}_{0}$

$P_M - P_N = \frac{10}{9} P_0 - P_0 = \frac{2\gamma}{r}$

$\frac{1}{9} P_0 = \frac{2\gamma}{r}$

$r = \frac{18\gamma}{P_0} = 13,14\ \mu m$

c) $P_0 V = P_M . \frac{8}{10} V$

$P_M = \frac{10}{8} P_0 = \frac{5}{4} P_0$

$P_N = P_0 - \rho g h \quad (h = 2 cm)$

$\Rightarrow \quad P_M - P_N = \frac{1}{4} P_0 + \rho g h = \frac{2\gamma}{r}$

$r = \frac{2\gamma}{\frac{P_0}{4} + \rho g h} = 5,795 . 10^{-6} = 5,80\ \mu m$

exo 1

$c = 10^{-3}$ M.

$S = 3\ cm^3$

$U = 20 V$

$d = 4\ cm$

1) $\|\vec{E}\| = \dfrac{U}{d} = 500 V/m$

$v_{C+} = 35.10^{-8} . 500 = 1,75.10^{-4}$ m/s

$v_{C-} = 4,1.10^{-8} . 500 = 2,05.10^{-5}$ m/s

2) $V = d.S = 12\ cm^3 = 12.10^{-3}\ \ell$

nb molécule : $0,127.10^{-3} . 12.10^{-3} = 1,524.10^{-6}$ cation ou anion.

nb molécule atteignant par sec :

ex 2

1) RFD : $\vec{P}$ négligeable , $\vec{F} = q\vec{E}$; $\vec{f} = -k\vec{v}$

$$q\vec{E} - k\vec{v} = m\vec{a}$$

Cu^{2+} $q = 2e$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = \frac{2e}{m} E$$

2) sol particulière = V => $\frac{dV}{dt} = 0$

$$\frac{k}{\cancel{m}} V = \frac{2e\,E}{\cancel{m}}$$

$$V = \frac{2eE}{k}$$

donc $v = \alpha e^{-\frac{k}{m}t} + \frac{2eE}{k}$

à $t=0$; $v=0$ $\qquad 0 = \alpha + \frac{2eE}{k}$

$$\Rightarrow v = \frac{2eE}{k}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}t}\right)$$

v_ℓ $\qquad \lim_{t \to +\infty} 1 - \underbrace{e^{-\frac{kt}{m}}}_{0} = 1$

donc $v_\ell = \frac{2eE}{k}$

$$e^{-\frac{kt}{m}} \approx 0$$

$$\frac{kt}{m} > 1$$

$$t > \frac{m}{k}$$

4) $v = \frac{99}{100} v_\ell = \frac{99}{100} \cancel{\frac{2eE}{k}} = \cancel{\frac{2eE}{k}}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}T}\right)$

$$e^{-\frac{k}{m}T} = 1\ \%$$

$$\frac{k}{m} T = \ln 100$$

$$T = \frac{m}{k} \ln 100 = 7{,}53.10^{-14}\ \text{s.}$$

exo 3

1) $\rho = \dfrac{1}{(n_p . e . \mu_p + n_n . e . \mu_n)} = \dfrac{1}{n e (\mu_n + \mu_p)} = 2,28 . 10^3 \ m . \Omega$

2) $\gamma = 1/\rho = 4,39 . 10^{-4} \ \Omega^{-1} . m^{-1}$

3) $\gamma = A . T^{3/2} . e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$

pour 25°C , $\gamma = 4,39 . 10^{-4} \Rightarrow A = \gamma \ T^{-3/2} \ e^{\frac{\Delta E}{2kT}} = 1,86 . 10^2$ SI

pour 50°C $\gamma = 1,86 . 10^2 . 323^{3/2} \ e^{-\frac{1,106 . 1,6 . 10^{-19}}{2 . k . 323}}$

$\gamma = 2,62 . 10^{-3} \ \Omega^{-1} . m^{-1}$

4) type n

5) 1 As pour 10^8 Si

masse Si = 1 . 2,32 = 2,32 g

nb mol = $\dfrac{2,32}{28,09} = 8,26 . 10^{-2}$ mol.

nb mol de As = $\dfrac{8,26 . 10^{-2}}{10^8} = 8,26 . 10^{-12}$ = nb mol de e^-

nb e^- = $\mathcal{N} . n = 8,26 . 10^{-12} . 6,02 . 10^{+23} = 4,97 . 10^{14} = n'$

6) $\gamma' = n' e . \mu_n$

$= 4,97 . 10^{14} . 1,6 . 10^{-19} . 1350$

$= 1,07 . 10^{-1} \ \Omega^{-1} cm^{-1}$

$= 10,7 \ \Omega^{-1} \ m^{-1}$

7) $n'' = \dfrac{\gamma'}{e \ \mu_p} = \dfrac{n' e \ \mu_n}{e \ \mu_p} = n' \ \dfrac{\mu_n}{\mu_p} = 1,40 . 10^{15}$

nb mol p = $\dfrac{1,40 . 10^{15}}{6,02 . 10^{+23}} = 2,32 . 10^{-9}$ mol. $\quad$ X mol

pour $8,26 . 10^{-2}$ mol. $\quad$ 10^8 mol.

$\Rightarrow X = \dfrac{2,32 . 10^{-9} . 10^8}{8,26 . 10^{-2}} = 2,81$

exo 4

1) $\gamma = n . e . (\mu_n + \mu_p)$

$= 2{,}4 . 10^{13} . 1{,}6 . 10^{-19} . (3900 + 1900)$

$= 2{,}23 . 10^{-2}\ \Omega^{-1}\ cm^{-1}$

$= 2{,}23\ \Omega^{-1} . m^{-1}$

$\rho = 1/\gamma = 0{,}449\ \Omega . m$

2) type n

1 Sb pour 10^8 Ge

pour 10^8 atome de Ge :

$\dfrac{2{,}4 . 10^{13}}{6{,}02 . 10^{23}} = 4 . 10^{-11}$ mole de porteurs de charge.

n_{Ge} de $1 cm^3 = \dfrac{5{,}36.}{72{,}59} = 7{,}38 . 10^{-2}$ mole.

$4 . 10^{-11}$ mole de porteurs $\qquad 7{,}38 . 10^{-2}$ mole Ge

$x \qquad 10^8$ Ge

$x = \dfrac{4 . 10^{-11} . 10^8}{7{,}38 . 10^{-2}} = 5{,}42 . 10^{-2}$ porteurs de charge ⊖

avec dopage $1 + 5{,}42 . 10^{-2} \rightarrow 1{,}054\ e^-$ pour 10^8 atome Ge.

exo 3

1) $V_M = V_A - V_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot q \cdot \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} \right)$

$V_M = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{MB - MA}{MA . MB} \right)$

$V_M = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2a}{r^2}$

$V_M = \frac{q 2a}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$\vec{E}_m = -\vec{grad}\, V = -\frac{dV}{dr} \cdot \vec{u}$

$\| \vec{E}_m \| = -\frac{q . 2 . a}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r^2} \right)' = \frac{2 . q . 2 . a}{4\pi\varepsilon_0 r^3} = \frac{2p}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$

2) $\vec{p}_B = \alpha \vec{E}$

$E_{pB} = -\vec{p}_B \cdot \vec{E} = -\alpha \vec{E}^2 = -\frac{4p^2\alpha}{4\pi^2\varepsilon_0^2 r^6}$

3) $\vec{F} = -\vec{grad}\, E_{pB}$

$\|\vec{F}\| = -\frac{dE_{pB}}{dr} = -\frac{6p^2\alpha}{4\pi^2\varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{r^7} = -\frac{C}{r^7}$ $\quad E_{pB} = -\frac{C}{r^6 . 6}$

4) $r = 5.10^{-10}$ m $\quad C = 3,12.10^{-75}$

$E_{pB} = -\frac{C}{6 . r^6} = 3,328.10^{-20}$ J pour 1 molécule

pour 1 mole $\quad E_{pB} = -3,328.10^{-20} . 10^{-3} . 6,02.10^{23} = -20$ kJ/mole.

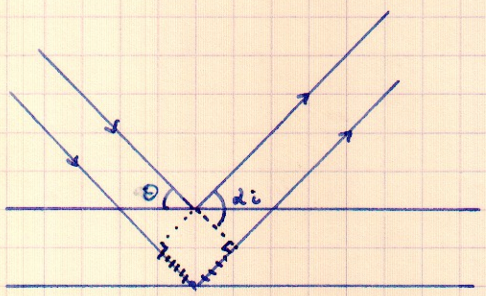
exo 2

$$A = \log \frac{\Phi_0}{\Phi}$$

$$\% = 1 - \frac{\Phi}{\Phi_0} = 1 - 10^{-A} \Rightarrow$$

1 : 33%
2 : 33,3%
3 : 33,33%

exo 4



1) $2d \sin\theta = k\lambda$

$$d = \frac{k\lambda}{2\sin\theta} = \frac{1 \cdot \frac{hc}{E}}{2\sin\frac{\alpha_1}{2}} = 3,35 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

2) $d\alpha \cdot \frac{2d}{2} \cdot \cos\frac{\alpha}{2} = k\, d\lambda$

$$\frac{d\alpha}{d\lambda} = \frac{k}{d\cos\frac{\alpha}{2}}$$

pour $k=1$ $\frac{d\alpha}{d\lambda} = 3,12°/\text{nm}$.

exo 5.

$2d \sin\alpha = k\lambda$.

$2 \cdot 0,2 \cdot \sin 10 = \underset{\lambda_{max}}{0,0635}$ nm. pour $k=1$

exo 6

$d(\sin 0 + \sin 30) = k\lambda$ $n = \frac{6000}{10^{-2}}$ $d = 1/n = 1,67 \cdot 10^{-6}$

pour $k=2$: $\lambda = \frac{1/2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,417$ pm

exo 7

$d \sin\beta = k\lambda$

$k=1 \Leftrightarrow d \sin\beta \in (400 \times 10^{-3} ; 700.10^{-3})$

$\sin\beta \in [\_\_\_ ; \_\_\_]$

$\beta \in [9,21 ; 16,3]$

$k=2 \Leftrightarrow \beta \in [18,7 ; 34,1]$

$k=3 \Leftrightarrow \beta \in [28,7 ; 57,1]$

exo 8

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_0}$$

pour $\lambda = 553,257$ nm $\quad \Delta\lambda_0 = \frac{\lambda}{R} = 0,0554$ nm.

$\lambda + \Delta\lambda_0 = 553,312$
↳ oui

exo 9

$$\frac{I}{I_0} = 0,19$$

$$\log \frac{I_0}{I} = -\log 0,19$$

$A = -\log 0,19$ avec $c = 5.10^{-4}$ M
$= 0,72$

$A = 0,43$ $\quad c = X$

$$X = \frac{0,43}{0,72} \cdot 5.10^{-4} = 3.10^{-4} \text{ M}.$$

exo 10

1) $A = \varepsilon c . e$

$$\varepsilon = \frac{A}{c.e} = \frac{0,72}{1 . \frac{98.10^{-3}}{158}} = 2370 \ \ell . mol^{-1} . cm^{-1}$$

2) $\frac{\Phi_0}{\Phi} = 0,67$

$A = -\log 0,67$

$$c = \frac{A}{\varepsilon . e} = \frac{-\log 0,67}{2370 . 1} = 7,34.10^{-5} \ mol/\ell$$

$= 11,6 \ mg/\ell.$

exo 11

1) $\frac{I}{I_0} = 0,25$

$A = -\log 0,25 = \log 4$

$A = \varepsilon c e$

$$c = \frac{A}{\varepsilon e} = \frac{\log 4}{5000 . 1} = 1,2 . 10^{-4} \ M$$

$= 25,3 . 10^{-3} \ g/\ell.$

2) $c_{max} = \frac{A_{max}}{\varepsilon e} = \frac{2 . 210}{5000 . 1} = 84 . 10^{-3} \ g/\ell.$

exo 12

1) $\frac{\Phi_1}{\Phi_0} = 0,2 \qquad A = -\log 0,2 = 0,699$

2) $A' = 2A = 2 . 0,699$

$\frac{\Phi_2}{\Phi_0} = 10^{-A'}$

% absorbé $= 1 - 10^{-A'} = 96 \%$

exo 13

1) $A = \varepsilon c . e$

$= 1,34 . 10^{4} . \frac{0,2 . 10^{-3}}{135} . 1$

$= 1,99 . 10^{-2}$

$\% = 1 - \frac{\Phi}{\Phi_0} = 1 - 10^{-A} = 4,47\ \%$

2) $A \searrow$

exo 14

$\alpha = [\alpha^+] . \ell . c_D + [\alpha^-] . \ell . c_L$

$\alpha = \ell ([\alpha^+] . c_D + [\alpha^-] c_L)$

$c = c_D + c_L$

$c_L = c - c_D$

$\alpha = \ell ([\alpha^+] . c_D + [\alpha^-] . c - [\alpha^-] . c_D)$

$\alpha = \ell [\alpha^-] c + \ell ([\alpha^+] - [\alpha^-]) c_D$

$c_D = \frac{- \ell [\alpha^-] c + \alpha}{\ell ([\alpha^+] - [\alpha^-])}$

$\frac{c_D}{c} = \frac{\frac{\alpha}{\ell c} - [\alpha^-]}{[\alpha^+] - [\alpha^-]} = \frac{\frac{+3,43°}{2 . 60} + 36,2°}{51,6° + 36,2°} = 0,74.$

exo 4

$$Q = (\mathcal{M}(A;Z) - \mathcal{M}(A-4;Z-2) - \mathcal{M}(4;2))c^2$$

conservation Q mvt

$$\vec{0} = m_\alpha \vec{v_\alpha} + m_R \vec{v_R}$$

$$m_\alpha v_\alpha = + m_R v_R$$

$$m_\rho v_\rho = + m_\alpha v_\alpha$$

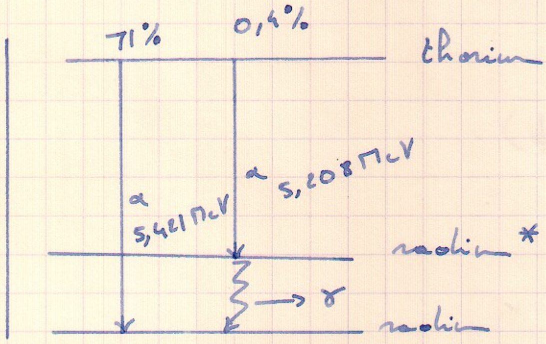
$$\frac{1}{2} m_\rho^2 v_\rho^2 = \frac{1}{2} m_\alpha^2 v_\alpha^2$$

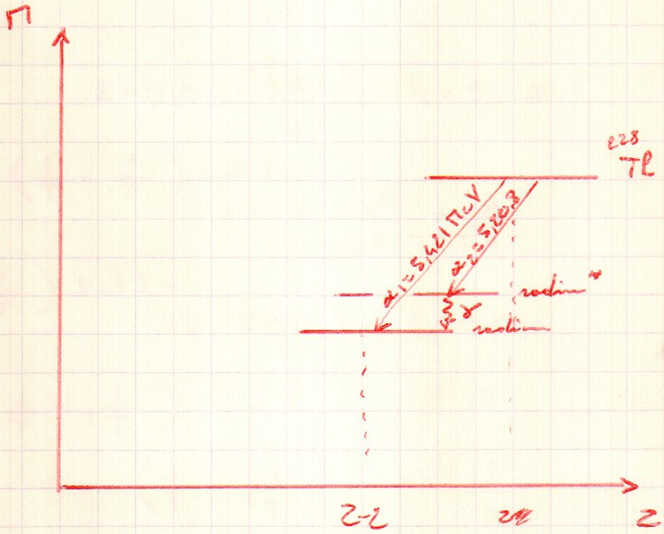
$$m_\rho E_{c\rho} = m_\alpha E_{c\alpha}$$

$$E_{c\rho} = \frac{4}{A-4} E_{c\alpha}$$

$$Q = E_{c\rho} + E_{c\alpha} + E_\gamma$$

$$Q = E_{c\alpha}\left(1 + \frac{4}{A-4}\right) + E_\gamma$$





$$E_\gamma = 5{,}421 - \cancel{5{,}208} = 0{,}\cancel{213}\ \text{MeV}.$$

pour 71% $\Rightarrow Q = E_{\alpha_1}\left(1 + \frac{4}{224}\right)$

pour 0,4% $\Rightarrow Q = E_{\alpha_2}\left(1 + \frac{4}{224}\right) + E_\gamma$

$$E_\gamma = \left(1 + \frac{4}{224}\right)(E_{\alpha_1} - E_{\alpha_2})$$

$$= 0{,}217\ \text{MeV}$$

exo 5

III ln

$$A = (1-0{,}17)A_0$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$e^{-\lambda t} = 0{,}83 \iff \lambda t = -\ln 0{,}83$$

$$\lambda = \frac{-\ln 0{,}83}{1?.3600} = 1{,}04 \cdot 10^{-2}\ h^{-1} =$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 67\ h$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = 9{,}66 \cdot 10^{1}\ h.$$

2.

$$^{111}_{48}Cd + ^{1}_{1}p \longrightarrow ^{111}_{49}In + ^{1}_{0}n$$

trop de protons. $p \Rightarrow n \Rightarrow \beta^+$; CE

3) nec $A_1' < 0{,}5.10^{-2} A$

$$\frac{A'}{A} < 0{,}005$$

$$A' = A_0' \, e^{-\frac{\ln 2}{T'} . t}$$

$$A = A_0 \, e^{-\frac{\ln 2}{T} . t}$$

à $t = 0$; $\frac{A_0'}{A_0} = 0{,}002$

à $t = ?$; $\frac{A'}{A} = 0{,}005$

$$\frac{A'}{A} = \frac{A_0'}{A_0} \, e^{-t \ln 2 \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)}$$

$$0{,}005 = 0{,}002 \, e^{-t \ln 2 \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)}$$

$$\ln 5/2 = - t \ln 2 \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)$$

$$- \frac{\ln 2/5}{\ln 2} = - t \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)$$

$$t = + \frac{\ln 2/5}{\left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right) \ln 2} = 33{,}8 \text{ h.}$$

4) $A = A_0 \, e^{- t . \frac{\ln 2}{T}} = 6{,}53 . 10^5 \, Bq$

$$A = \lambda N$$

$$N = \frac{A}{\lambda}$$

$$m = \frac{N}{\mathcal{N}} . M = \frac{A.M}{\lambda \mathcal{N}} = \frac{A T M}{\mathcal{N} \ln 2} = 8{,}08 . 10^{-10} \text{ g.}$$

2. $^{111}_{48}Cd + ^{1}_{1}p \longrightarrow ^{111}_{49}In + ^{1}_{0}n$

trop de protons. $p \Rightarrow n \Rightarrow \beta^+$; CE

3) $A_1' < 0,5.10^{-2} A$

$$\frac{A'}{A} < 0,005$$

$$A' = A_0' \, e^{-\frac{\ln 2}{T'} . t}$$

$$A = A_0 \, e^{-\frac{\ln 2}{T} . t}$$

à $t = 0$; $\frac{A_0'}{A_0} = 0,002$

à $t = ?$; $\frac{A'}{A} = 0,005$

$$\frac{A'}{A} = \frac{A_0'}{A_0} \, e^{-t \ln 2 \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)}$$

$$0,005 = 0,002 \, e^{-t \ln 2 \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)}$$

$$\ln 5/2 = - t \ln 2 \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)$$

$$- \frac{\ln 2/5}{\ln 2} = -t \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)$$

$$t = + \frac{\ln 2/5}{\left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right) \ln 2} = 33,8 \, h.$$

4) $A = A_0 \, e^{-t . \frac{\ln 2}{T}} = 6,53 . 10^5 \, Bq$

$$A = \lambda N$$

$$N = \frac{A}{\lambda}$$

$$m = \frac{N}{\mathcal{N}} . M = \frac{A . M}{\lambda \mathcal{N}} = \frac{A T M}{\mathcal{N} \ln 2} = 8,08 . 10^{-10} \, g.$$

exo 6

- $X \longrightarrow {}^{99}_{43}Tc + {}^{0}_{-1}\beta + \bar{\nu}$ $\qquad$ $A = 99$, $Z = 43 - 1 = 42$ $\Rightarrow$ ${}^{99}_{42}Mo$

- ${}^{99}_{43}Tc^{*} \longrightarrow {}^{99}_{43}Tc + \gamma$
$$\downarrow$$
$Y + \beta^-$ $\qquad$ $99 = A$, $43 = y - 1$, $y = 44$ $\Rightarrow$ ${}^{99}_{44}Ru$

- $T + \beta^- \longrightarrow Y = {}^{99}_{44}Ru$

$A = 99$
$Z - 1 = 44$ $\quad Z = 45$ $\Rightarrow$ $T = {}^{99}_{45}Rh$

exo 7

$A_0 = 1{,}32 \cdot 10^6$ Bq pour X ml.

$A = \frac{1472}{60} = \frac{[illegible]}{48} = 51{,}1$ Bq pour 2 ml.

$X = \frac{2 \cdot A_0}{A} = 51652$ ml $= 51{,}$[illegible]

exo 8

1) ${}^{130}_{52}Te + {}^{1}_{0}n \longrightarrow 2\,{}^{1}_{0}n + {}^{129}_{52}Te$

2) ${}^{55}_{25}Mn + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{0}_{0}\gamma + {}^{56}_{25}Mn$

3) ${}^{20}_{10}Ne + {}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{20}_{11}Na$

4) ${}^{113}_{49}In + {}^{4}_{2}\alpha \longrightarrow 2\,{}^{1}_{0}n + {}^{115}_{51}Sb$

5) ${}^{34}_{16}S + {}^{2}_{1}d \longrightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{32}_{15}P$

6) ${}^{11}_{5}B + {}^{0}_{0}\gamma \longrightarrow 3\,{}^{1}_{1}p + {}^{8}_{2}He$

7) ${}^{90}_{40}Zr + {}^{1}_{1}p \longrightarrow 4\,{}^{1}_{0}n + {}^{87}_{41}Nb$

8) ${}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}\alpha \longrightarrow {}^{8}_{3}Li + {}^{8}_{5}B$

9) ${}^{97}_{42}Mo + {}^{2}_{1}d \longrightarrow 2\,{}^{1}_{0}n + {}^{97}_{43}Tc$

10) ${}^{60}_{28}Ni + {}^{3}_{2}He \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{62}_{30}Zn$

exo 3

1) $^{64}_{29}Cu \longrightarrow \beta^- + ^{64}_{30}Zn + \bar{\nu}$

$^{64}_{29}Cu \longrightarrow \beta^+ + ^{64}_{28}Ni + \nu$

2) $E = (M_{Cu} - M_{Zn})c^2$

$M_{Cu} = \frac{E}{c^2} + M_{Zn}$

$= 0,571 + 59\,545,975$

$= 59\,546,546$ MeV

$= 63,93$ u

3) $E = (M_{Cu} - M_{Ni} - 2m_e)c^2$

$= 931,420 . (63,93 - 2.0,00055) - 59\,544,870$

$= 0,651$ MeV.

exo 1

$m = 65.10^3 . \frac{0,25}{100} . \frac{0,012}{100} = 1,95.10^{-2}$ g

$N = \frac{m}{M} . \mathcal{N} = 2,93.10^{20}$

$A = \lambda N = \frac{\ln 2 . N}{T} = 5160$ Bq

correction exo 2

6661 désintégrations pour 24h.

BF = 1,6 cpm

$A_0 = 15$ dés/min et par gr $T = 5730$ ans.

$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}p$

$A = A_0 \, e^{-\lambda t}$ temps écoulé depuis la mort de l'organisme.

$\lambda t = \ell \frac{A_0}{A}$

$t = \frac{1}{\lambda} \ell \frac{A_0}{A}$

$t = \frac{T}{\ell 2} \ell \frac{A_0}{A}$

A mesurée du fragment osseux ?

$A = \frac{6661}{24.60} - 1,6$ nb des/min.

pour 1 gr. $A = \frac{\frac{6661}{24.60} - 1,6}{1,205}$

$A = 2,51$ ds/min.gr.

$T = \frac{5730}{0,693} \ell \frac{15}{2,51} = 14775$ ans.

majorité ^{12}C.

CNTP

22,4 l pour 12 g de C.

2,250 l " X

$X = \frac{12 \cdot 2,250}{22,4} = 1,205$ g

exo 5

1. $B = 931,490 . (235,043915 - 92 . 1,00728 - (235-92) . 1,00867)$

$B = -1737,8$ MeV

$B/A = -7,33$ MeV par nucléon.

2) $E_m = (M_U + m_n - (M_{Ce} + M_{Se} + 5 m_n))c^2$

$E_m = (\mathcal{M}_U - \cancel{92 m_e} + m_n - (\mathcal{M}_{Ce} - \cancel{58 m_e} + \mathcal{M}_{Se} - \cancel{34 m_e} + 5 m_n))c^2$

$E_m = (\mathcal{M}_U - \mathcal{M}_{Ce} - \mathcal{M}_{Se} - 4 m_n)c^2$

$Q = 931,490 (235,043915 - 145,9164 - 84,9177 - 4 . 1,00867)$

$Q = 163,12$ MeV

3)

$$\begin{tikzcd} {}^{235}_{92}U + n \arrow[rr, "Q"] \arrow[dr, "-B"] & & {}^{146}_{58}Ce + 5n + {}^{85}_{34}Se \\ & 92p + 144n \arrow[ur, "B' + B''"'] & \end{tikzcd}$$

$Q = -B + B' + B''$

$= -7,50 . 235 + 8,25 . 146 + 8,50 . 85$

$= 164,5$ MeV.

exo 1

1) $A_1 = A_0 - A_0 \cdot \frac{1}{100} = A_0 \frac{33}{100}$ $\quad A = A_0 e^{-\lambda t}$

$A_2 = A_1 \cdot \frac{33}{100}$ $\quad \lambda = \frac{1}{t} \ln \frac{A_0}{A}$

$A_t = A_0 \cdot \left(\frac{33}{100}\right)^t$ $\quad A = \frac{A_0}{2} = A_0 e^{-\lambda t}$

$\Leftrightarrow \lambda t = \ln 2$

$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$0{,}33^t = e^{-\lambda t}$

$e^{t \cdot \ln 0{,}33} = e^{-\lambda t}$

$\lambda = -\ln 0{,}33 = 1{,}005 \cdot 10^{-2}$ an^{-1}

$T = \frac{0{,}693}{\lambda} = 68{,}37$ ans.

2) $50\ MBq = 5 \cdot 10^7\ Bq$

$A_t = -\lambda N_t$

$N_t = -\frac{A_t}{\lambda} = -\frac{A_t \cdot T}{\ln 2}$

iode: $m = +\frac{A_t T \cdot M_I}{\mathcal{N} \ln 2} = \frac{5 \cdot 10^7 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 3600}{6{,}02 \cdot 10^{23} \ln 2} \times 125 = 7{,}77 \cdot 10^{-8}\ g$

$U: m = \frac{A_t \cdot T\ M_U}{\mathcal{N} \cdot \ln 2} = \frac{5 \cdot 10^7 \cdot 7 \cdot 10^8}{6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot \ln 2} \cdot 364{,}25 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 235 = 620{,}3\ g.$

exo 2

1) $B = (M_N - 14 m_n - 13 m_p) c^2$

$m_n = 1{,}67493 \cdot 10^{-27}\ kg = 1{,}008678\ u$

$m_p = 1{,}67263 \cdot 10^{-27}\ kg = 1{,}00728\ u$

$B = 931{,}420 \cdot (26{,}3740 - 14 \cdot 1{,}00867 - 13 \cdot 1{,}00728)$

$B = +225{,}42\ MeV$

2) $B/A = +\frac{225{,}42}{27} = +8{,}35$ MeV par nucléon.

M: masse du noyau $\quad M(27;13) = 13 m_p + 14 m_n - B/c^2$ défaut de masse nucléaire

$\mathcal{M}$: masse de l'atome.

$\Rightarrow B = (-M(27;13) + 13 m_p + 14 m_n) c^2$

$B = \left(13 \times 1,67263 \cdot 10^{-27} + 14 \times 1,67433 \cdot 10^{-27} - 26,3740 \times \underbrace{1,66054 \cdot 10^{-27}}_{\frac{12 \cdot 10^{-3}}{12\,\mathcal{N}}}\right)(3 \cdot 10^{8})^{2}$

J

$B = \ldots \text{ MeV} = \dfrac{B}{1,6 \cdot 10^{-13} \cdot 10^{6}} = 224,8 \text{ MeV}$

$\dfrac{B}{A} = \dfrac{224,8}{27} = 8,33 \text{ MeV / nucléon.}$

exo 3

1) $^{32}_{15}P \longrightarrow {}^{32}_{16}S + {}^{0}_{-1}\beta + \bar{\nu}$

2) $E_m = (\mathcal{M}_P - \mathcal{M}_S)c^2$

$= 931{,}420\,(31{,}97390 - 31{,}97207)$

$= 1{,}705$ MeV.

3) $\dfrac{B}{A} = \dfrac{931{,}420}{32}\,(31{,}97390 - 15 \cdot 1{,}00728 - 17 \cdot 1{,}00867)$

$\dfrac{B}{A} = -8{,}23$ MeV/nucléon.

4) à $t = 1000$ h ; $N = N_0 \cdot \dfrac{13{,}4}{100}$

$\dfrac{13{,}4}{100} = e^{-\lambda \cdot 1000 \cdot 3600}$

$-\lambda \cdot 36 \cdot 10^5 = \ln 0{,}134$

$\lambda = -\dfrac{\ln 0{,}134}{36 \cdot 10^5} = 5{,}58 \cdot 10^{-7}\ s^{-1}$

$T = \dfrac{0{,}693}{5{,}58 \cdot 10^{-7}} = 1{,}24 \cdot 10^6\ s = 345$ h.

5) $A_t = -\lambda N_t$

$N_t = -\dfrac{A_t}{\lambda}$

$m = -\dfrac{A_t \cdot M_P}{\lambda \cdot \mathcal{N}} = \dfrac{40 \cdot 10^6 \cdot 32}{5{,}58 \cdot 10^{-7} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}} = 3{,}82 \cdot 10^{-9}$ g.

exo 4

1) $N_0 = \dfrac{m}{M} \cdot \mathcal{N} = \dfrac{10^3}{238} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} = 2{,}53 \cdot 10^{24}$ noyaux.

2) $N_p = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$

par an, pour 1 kg de U : $N_p = 2{,}53 \cdot 10^{24}\left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{[illegible]} \cdot \frac{1}{4{,}7 \cdot 10^9}}\right)$

$N_p =$ ne va pas avec ma calculatrice

$\lambda = 1{,}4748 \cdot 10^{-10}$

$\Rightarrow$

3) $N = \frac{m}{M} \cdot \mathcal{N}$

$m = \frac{\overset{\Delta N \text{ du } 2)}{N} \cdot M}{\mathcal{N}} = \frac{3{,}73 . 10^{14} . 206}{6{,}02 . 10^{23}} = 127{,}6$ ng.

5) ~~4~~ 5 g de Pb $\rightarrow$ $N = \frac{5}{206} \; 6{,}02 . 10^{23} = 1{,}46 . 10^{22}$ atomes.

$N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$ $\Leftrightarrow$ $N_U = (N_{U_0} + N_{Pb}) \, e^{-\lambda t}$

$\frac{N}{N_0} - 1 = - e^{-\lambda t}$ $\Leftrightarrow$ $T = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{N_{Pb}}{N_U}\right)$

$e^{-\lambda t} = 1 - \frac{N}{N_0}$ $\qquad N_{Pb} = \left(\frac{M_{Pb}}{\mathcal{N}}\right)^{-1} \cdot m_A$ $\Leftrightarrow$ $T = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{m_{Pb}}{M_{Pb}} \cdot \frac{M_U}{m_U}\right)$

$t = - \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 - \frac{N}{N_0}\right) = - \frac{1}{1{,}475 . 10^{-10}} \ln \left(1 - \frac{1{,}46 . 10^{22}}{2{,}53 . 10^{24}}\right)$

$t = 3{,}32 . 10^{7}$ ans $\qquad t = \frac{5 g}{127{,}6 \, ng / 10^{-3}} = 3{,}91 . 10^{7}$ ans

4) $V = \frac{22{,}4 . 10^{-3}}{\mathcal{N}_A} . \Delta N \; (8)$

$V = 1{,}11 . 10^{-10}$ m^3 de He /an et kg.

6) $V = 2 . 10^{-6}$ m^3

$n = \frac{P . V}{RT} = \frac{1 . 2{,}10^{-6}}{238 . 8{,}31} = 8{,}0763$ mole

$N = n . \mathcal{N} = 4{,}86 . 10^{14}$ atomes.

$\frac{N}{8} = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$

$N_U = (N_U)_{t_0} \, e^{-\lambda t}$

$(N_U)_{t_0} = N_U + \frac{N_{He}}{8}$

$\rightarrow T = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{N_{He}}{8 N_U}\right)$

$t = - \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 - \frac{N}{8 N_0}\right) =$

2) $A = - \frac{dN}{dt} = \lambda N$.

On utilise la forme diff pour Δt petit à côté

$\boxed{\Delta N = \lambda N \Delta t}$

$\Leftrightarrow \frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N$

$\underset{\downarrow}{\Delta N} = \lambda N \Delta t = \frac{\ln 2}{4{,}7 . 10^{9}} . 2{,}53 . 10^{24} = 3{,}73 . 10^{14}$ atomes /kg . an.

nb noyaux ^{238}U désintégrés qui se sont transformés en Pb