



PARTIE PHYSIQUE

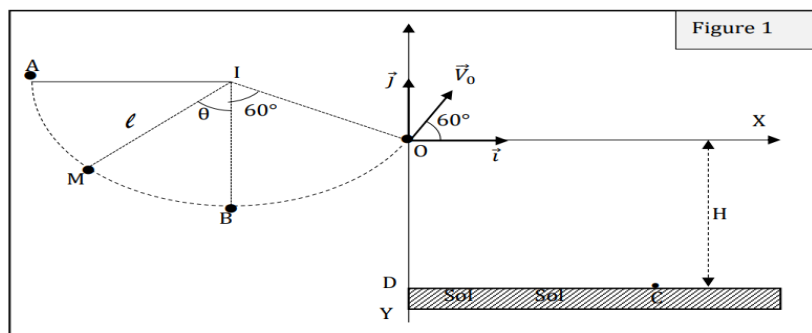
THEME 1: DYNAMIQUE

EXERCICE 1

Un pendule, constitué d'une petite bille quasi-ponctuelle de masse $m = 250 \text{ g}$ accrochée à un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $\ell = 90 \text{ cm}$, est suspendu à un point fixe I. Le pendule est lâché sans vitesse initiale, la bille étant en A à l'horizontale du point I. Quand elle arrive en O, à la date $t = 0$, un dispositif décroche la bille sans modifier sa vitesse et elle continue son mouvement sous la seule action de son poids, jusqu'en un point C situé au sol à la hauteur $H = 5 \text{ m}$ en dessous du point O. (figure 1)

On néglige les frottements et l'action de l'air et on prend $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1 Par application du théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression de la vitesse V de la bille au point M, en fonction de ℓ , θ et g . En déduire la valeur de la vitesse V_B de la bille au point B.
- 2 Montrer que la bille arrive au point O avec une vitesse de valeur $V_O = 3 \text{ m.s}^{-1}$.
- 3 Par application du théorème du centre d'inertie, établir l'expression de l'intensité T de la tension du fil au point M en fonction de m , θ et g . En déduire la valeur T_B de la tension du fil au point B.
- 4 Établir, dans le repère $(o, \vec{i}, \vec{j})$, l'équation de la trajectoire de la bille entre les points O et C.
- 5 Calculer la hauteur maximale atteinte par la bille au-dessus du point O.
- 6 Déterminer la distance DC, le point D étant situé au sol sur la verticale passant par O.



EXERCICE 2

Les huiles moteur sont des lubrifiants dans les mécaniques automobiles. On distingue plusieurs gammes d'huiles moteur dont l'utilisation dépend des types de moteurs (essence ou diesel) et des conditions climatiques. La caractéristique principale d'une huile moteur est sa viscosité

On se propose de déterminer la **viscosité** par la chute d'une bille dans un tube contenant une huile moteur.

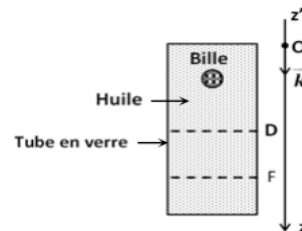
A la date $t = 0 \text{ s}$, on lâche sans vitesse initiale la bille dans l'huile à la position du point O se trouvant en haut du tube (voir figure ci-dessous)

L'étude est effectuée dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen. L'axe d'étude $(z'z)$ vertical est orienté vers le bas et de vecteur unitaire $\vec{k}$.

Au cours de sa chute, la bille, est soumise à trois forces :

- Son poids $\vec{P}$;
- La poussée d'Archimède $\vec{F}_A$; force verticale, dirigée vers le haut, sa valeur est égale poids du liquide déplacé : $F_A = \rho_h V g$, avec $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ volume de la bille et $r = 2,059 \text{ cm}$ son rayon ; $\rho_h = 911 \text{ kg.m}^{-3}$ la masse volumique de l'huile et $\rho_B = 1026 \text{ kg.m}^{-3}$ la masse volumique de la bille (B).
- La force de frottement $\vec{f}$, verticale et de sens opposé à la vitesse. Sa valeur a pour expression $f = 6\pi\eta r v$, où v est la valeur de la vitesse de la bille à l'instant t quelconque et η est le coefficient de viscosité

Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, sa **vitesse est constante** : cette vitesse est appelée vitesse limite et est notée v_l . La durée de chute entre les deux traits D et F qui sont distants de L est $\Delta t = 300 \text{ ms}$.



1. Méthode expérimentale

- 1.1. Quelle est la nature du mouvement de chute de la bille à partir de D ? Exprimer la vitesse limite v_l en fonction L et Δt .
- 1.2. Représenter les forces extérieures appliquées sur la bille.
- 1.3. En considérant que le mouvement de la bille est **uniforme** entre D et F établir la relation :
 $\eta = C(\rho_B - \rho_h)\Delta t$ avec C une constante qu'on exprimera en fonction g , V , r et L .
- 1.4. Calculer la valeur de la viscosité η , sachant que $C = 3,78 \cdot 10^{-2} \text{ S.I.}$

2. Méthode théorique

- 2.1. Énoncer le théorème du centre d'inertie.
- 2.2. En appliquant le théorème du centre d'inertie entre O et D, montrer que :

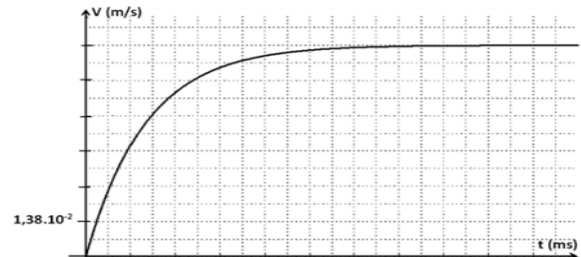
$$\frac{dv}{dt} + \alpha v = \beta$$

On exprimera α et β en fonction des données.

- 2.3. A partir du point D, la vitesse atteint sa valeur limite v_l . Montrer que la viscosité de l'huile peut être donnée par la relation :

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_B - \rho_h)}{9v_l}$$

- 2.4. Une étude expérimentale de la vitesse de la bille dans l'huile au cours du temps a permis de tracer le graphe ci-contre. Calculer la valeur de la viscosité puis la comparer à celle de première méthode.



THEME 2: GRAVITATION UNIVERSELLE

EXERCICE 3

PARTIE A

Données : $K=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N/Kg}$; $R_T=6400 \text{ Km}$; $M=6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$; 1 durée d'un jour sidéral $T=86164 \text{ s}$.

La terre est supposée sphérique, de rayon R_T , de masse M . La répartition de masse est à symétrie sphérique. On appelle K la constante gravitationnelle.

1. Quelles sont les caractéristiques de la force de gravitation subie par un point matériel de masse m à la distance $r > R$ du centre de la terre ? Faire un schéma à l'appui.
2. Quelles sont les caractéristiques du champ de gravitation en ce point ? Exprimer sa norme G en fonction de G_0 , norme à la surface de la terre. Représenter le vecteur champ sur le schéma précédent.
3. Un satellite assimilable à un point matériel, est en orbite circulaire de rayon r , centré sur le centre de la terre.
 - 3.1. Montrer que son mouvement est uniforme.
 - 3.2. Exprimer la vitesse linéaire du satellite sur sa trajectoire et sa période de révolution T en fonction de K , M et r .
 - 3.3. En déduire la troisième loi de Kepler.
 - 3.4. A.N. La navette spatiale est en orbite à l'altitude 250 Km . Calculer la vitesse et la période. La lune ayant une période de révolution de 28 jours autour de la terre, donner l'ordre de grandeur de la distance terre-lune en utilisant la période de révolution trouvée pour la navette.
4. L'énergie potentielle de gravitation du système terre-satellite est alors $E_p = -KMm/r$.
 - a) Où a été choisie la référence de l'énergie potentielle ?
 - b) Quelle est l'expression de l'énergie mécanique du satellite sur sa trajectoire ?
 - c) Établir l'expression de son énergie cinétique en fonction de K , M , m et r .
 - d) Comparer l'énergie cinétique et l'énergie mécanique d'une part et l'énergie potentielle et l'énergie mécanique d'autre part.
5. A cause des frottements exercés par la haute atmosphère, l'énergie mécanique du satellite varie. Diminue-t-elle ou augmente-t-elle ? Elle passe de la valeur E_1 à la valeur E_2 , le rayon de l'orbite passe de r_1 à r_2 , sa vitesse de v_1 à v_2 . Indiquer en le justifiant comment varie le rayon de l'orbite et la vitesse du satellite à cause des frottements ?
6. Si l'on ne tient plus compte des frottements atmosphériques, avec quelle vitesse appelée vitesse de libération v_l faut-il lancer la sonde de masse m depuis le sol terrestre pour que celle-ci échappe à l'attraction terrestre ?

PARTIE B

Les satellites météorologiques comme Météosat-8 sont des appareils d'observation géostationnaires. Ce satellite a été lancé par ARIANE 5 le 28 août 2002. Il est opérationnel depuis le 28 janvier 2004. Il fournit de façon continue des informations couvrant une zone circulaire de la surface de la Terre.

1. Préciser les conditions à remplir par Météosat-8 pour qu'il soit géostationnaire.
2. En déduire, pour Météosat-8, la valeur du rayon $r = R_T + h$ de son orbite puis celle de son altitude h .

Données : période de révolution de la Terre autour de l'axe de ses pôles $T = 86164 \text{ s}$; rayon de la Terre $R_T = 6370 \text{ km}$; constante gravitationnelle $K = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I.}$; masse de la Terre $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

THEME 3 : CHAMP MAGNETIQUE DES COURANTS

EXERCICE 4

PARTIE A

On étudie à l'aide d'un teslamètre l'intensité B du champ magnétique créé par un courant passant dans un solénoïde en son centre.

On utilise un solénoïde de longueur $\ell = 0,80$ m comportant $N = 768$ spires.

On obtient les résultats suivants :

$I(A)$	1,0	2,0	3,0	4,0
$B(T)$	$120 \cdot 10^{-5}$	$240 \cdot 10^{-5}$	$360 \cdot 10^{-5}$	$480 \cdot 10^{-5}$
$\frac{B}{I}(A/T)$				

1. Recopier puis compléter le tableau ci-dessus. Dédurre une relation numérique entre B et I .
2. Dans la formule théorique liant B , n et I intervient un coefficient μ_0 appelé perméabilité du vide.

2.1. Rappeler cette formule théorique.

2.2. Dédurre des questions précédentes la valeur de μ_0 .

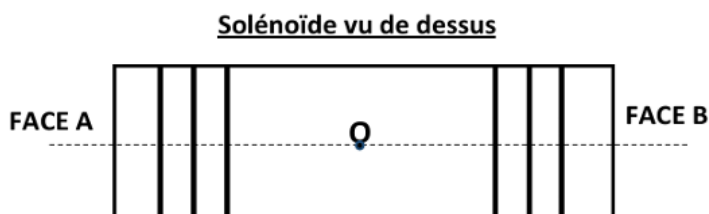
PARTIE B

Un solénoïde de longueur $L = 160$ cm comporte $N = 2000$ spires. Il est parcouru par un courant d'intensité $I = 20$ mA. (Voir schéma)

On donne la perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ S.I.

- 1 Reproduire le schéma puis, après avoir choisi le sens du courant, représenter le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ créé au centre O du solénoïde et préciser la nature des faces **A** et **B**.

- 2 Exprimer puis calculer l'intensité du champ magnétique créé par le courant électrique d'intensité I .



PARTIE C

Un aimant droit crée en un point P centre d'un solénoïde de 140 spires et de longueur 16 cm un champ magnétique de valeur 2,5 mT.



1. Représenter sur le schéma ci-dessus repris sur votre copie, le vecteur champ magnétique $\vec{B}_a$ créé par l'aimant droit en P .
2. Déterminer le sens et l'intensité du courant électrique fourni par le générateur (G) qui va annuler le champ magnétique en P , lorsque l'interrupteur K est fermé.

Donnée : perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ SI.

THEME 4 : ETUDE DES CIRCUITS RL / RC / LC ET RLC

EXERCICE 5

Les circuits des appareils électriques utilisés dans plusieurs domaines de la vie courante (jouets, alarmes, télécommandes, chargeurs de téléphones, ...) sont constitués de condensateurs, de bobines, de conducteurs ohmiques, ...

Cet exercice a pour objectif l'étude de :

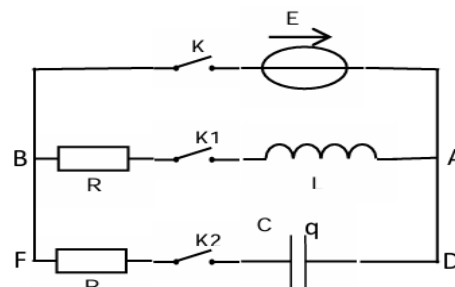
- La réponse d'un dipôle RL soumis à une tension constante ;
- La réponse d'un dipôle RC soumis à une tension constante ;
- La décharge oscillante d'un condensateur dans une bobine.

Pour cela, on réalise le montage schématisé ci-dessous constitué d'un générateur de f.é.m. $E = 4,0$ V, de deux conducteurs ohmiques de même résistance $R = 1,0$ k Ω , d'une bobine d'inductance $L = 1,0$ H, d'un condensateur de capacité $C = 2,2 \cdot 10^{-6}$ F et de trois interrupteurs K ; K_1 et K_2 .

1 Etude du Dipôle RL

Les interrupteurs K et K_1 sont fermés, K_2 ouvert.

- 1-1 Qu'est-ce qu'un dipôle RL ? Que vaut la tension aux bornes du dipôle RL de la branche AB ?
- 1-2 Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit l'intensité i_1 du courant dans la branche AB.
- 1-3 Vérifier que l'expression de l'intensité $i_1 = \frac{E}{r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ où τ est une constante à déterminer, est solution de l'équation différentielle. Quelle est la signification physique de τ ?



2 étude du Dipôle RC.

Le condensateur est initialement déchargé. Les interrupteurs K et K₂ sont fermés, K₁ ouvert.

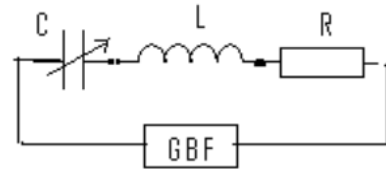
- 2-1 Qu'est-ce qu'un dipôle RC ? Que vaut la tension aux bornes du dipôle RC de la branche DF?
 - 2-2 Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la charge q du condensateur.
 - 2-3 Vérifier que l'expression $q = CE (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, où τ est une constante à déterminer, est solution de l'équation différentielle. En déduire l'expression de l'intensité i_2 en fonction de la date t.
 - 2-4 Exprimer l'énergie $\mathcal{E}$ stockée dans le condensateur à la fin de la charge.
- 3 Etude Dipôle LC.

Lorsque le régime permanent est établi dans le circuit, on ouvre l'interrupteur K et on ferme les interrupteurs K₁ et K₂ à une date qui est choisie comme nouvelle origine des dates.

- 3-1 Quel est le sens de circulation du courant dans le circuit immédiatement après l'ouverture de l'interrupteur K ?
- 3-2 Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la charge q.
- 3-3 Que devient cette équation différentielle lorsque les résistances sont négligeables ? Donner une solution de cette équation, puis calculer la période propre T₀ des oscillations électriques.

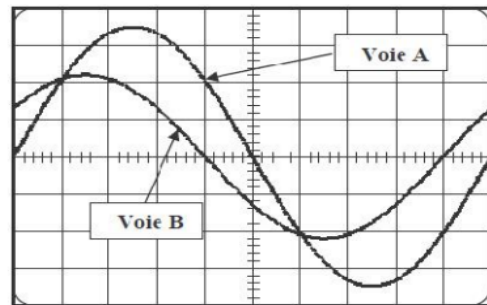
EXERCICE 6

Un groupe d'élèves de terminale S étudie un dipôle (R, L, C) série. Ce dipôle est constitué d'une bobine d'inductance $L = 0,4 \text{ H}$ et de résistance négligeable, d'un conducteur ohmique de résistance $R = 60 \Omega$ et d'un condensateur de capacité C réglable. Il est alimenté par un GBF (schéma ci-contre). Les élèves veulent observer l'évolution de l'intensité du courant traversant le circuit, sur la voie A, et la tension délivrée par le GBF, sur la voie B, d'un oscilloscope bicourbe.



4.1 Recopier le schéma du circuit en y indiquant les branchements que le groupe doit effectuer pour faire ces observations.

4.2 Pour une valeur C₁ de la capacité du condensateur et pour les réglages : (2 ms/division), (1 V/ division sur la voie A), (2 V/ division sur la voie B), les élèves observent sur l'écran de l'oscilloscope les courbes suivantes :



4.2.1 Déterminer les valeurs efficaces de la tension aux bornes du GBF et de l'intensité du courant.

4.2.2 Déterminer la fréquence N de la tension délivrée par le GBF puis l'impédance du dipôle étudié.

4.2.3 Préciser le comportement capacitif ou inductif du dipôle étudié, puis déterminer la différence de phase, ϕ , entre la tension délivrée par le GBF et le courant traversant le circuit.

4.2.4 Ecrire les expressions de l'intensité et de la tension délivrée par le GBF sous les formes :

$i(t) = I_{\max} \cos(\omega t)$ et $u(t) = U_{\max} \cos(\omega t + \phi)$. On donnera les valeurs numériques des constantes qui figurent dans les deux expressions.

4.2.5 Calculer la valeur C₁ de la capacité du condensateur.

4.3 On fait varier la capacité du condensateur. Pour une valeur C₂ de cette capacité l'intensité efficace du courant est maximale.

4.3.1 Préciser, pour cette valeur C₂ de la capacité du condensateur, le phénomène physique qui se produit dans le circuit.

4.3.2 Calculer alors la valeur C₂ de la capacité du condensateur pour $N = 50 \text{ Hz}$.

NB : les oscillogrammes ne sont pas à rendre avec la copie.

THEME 6 : INTERFERENCE – EFFET ET NIVEAU D'ENERGIE

EXERCICE 7

PARTIE A

Données : $E_0 = 13,6 \text{ eV}$; constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; vitesse de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; Constante de Rydberg $R_H = 1,094 \cdot 10^7 / \text{m}$; limites du spectre visible : 400 nm ---- 800 nm ; D = 4 m et $S_1 S_2 = 3 \text{ mm}$. On se propose de déterminer une des longueurs d'onde du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène par 2 méthodes.

5.1- Première méthode : A partir des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E_n = \frac{-E_0}{n^2}$ avec n étant

le nombre quantique principal. Il désigne le niveau de la couche.

1.1 Expliquer brièvement l'expression « niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène ».

1.2 Que vaut n quand l'atome d'hydrogène est dans son état fondamental ? (0,25 pt)

1.3-1 l'énergie d'ionisation d'un atome est l'énergie qu'il faut fournir à un atome neutre pour lui arracher un électron

1.3.1 Calculer, en électronvolts (eV), l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène pris dans son état fondamental ?

1.3-2 Déterminer la longueur d'onde maximale de la radiation susceptible d'ioniser l'atome d'hydrogène.

1.4

Montrer que pour une transition entre un niveau d'énergie E_p et un autre niveau d'énergie inférieur E_n ($n < p$), la relation donnant la longueur d'onde λ de la radiation émise est : $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right)$.

Calculer λ pour $n = 2$ et $p = 5$. Cette radiation est-elle visible ?

5-2 deuxième méthode : A partir des interférences lumineuses.

La radiation lumineuse émise par l'atome d'hydrogène lors de sa transition du niveau $p = 5$ au niveau

$n = 2$ correspond à celle d'un laser utilisé pour éclairer deux sources secondaires S_1 et S_2 des fentes de Young. On observe des franges d'interférence sur un écran E orthogonal au plan médiateur de S_1S_2 et situé à la distance D de S_1S_2 .

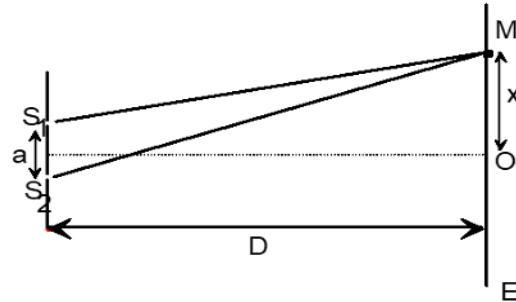
Soit O la projection du milieu de S_1S_2 sur l'écran (voir figure 4).

5-5-1 Etablir l'expression de la différence de marche δ en un point M du champ d'interférence tel que $\overline{OM} = x$, en fonction de a , x et D .

5-5-2 Qu'appelle-t-on interfrange i ?

5-5-3 La distance entre le point O et le milieu de la 10^{ème} frange brillante est $d = 5,8$ mm.

Calculer l'interfrange i . En déduire la longueur d'onde λ de la radiation.



PARTIE B

La lumière émise par la photosphère (couche superficielle du soleil qui émet un rayonnement) empêche un observateur terrestre de voir clairement la chromosphère (partie superficielle externe de la couronne solaire). Afin de diminuer cet éblouissement on utilise des filtres appropriés.

Les atomes d'hydrogène présents dans la chromosphère absorbent la lumière émise par la photosphère et la réémettent vers l'extérieur. La longueur d'onde, sélectionnée par ces filtres, correspond à une raie du spectre de l'hydrogène appelée H_α . La photosphère est alors invisible et seule la chromosphère apparaît.

Données : $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C ; $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ J ;

$h = 6,626 \times 10^{-34}$ J.s ; $C = 2,998 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ ;

$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ Kg ; $D = 2,5$ m ; $b = 0,4$ mm.

Le diagramme de la figure 2 représente les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

5.1. Niveaux d'énergie

5.1.1. La longueur d'onde mesurée dans le vide de la raie H_α est

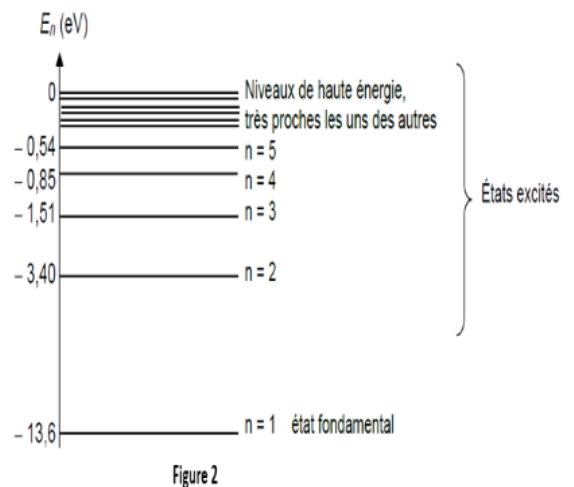
$\lambda_\alpha = 656,3$ nm. Calculer la fréquence ν_α correspondant à une telle radiation.

5.1.2. A quoi correspond le niveau $E_n = 0$ eV ? Justifier.

5.1.3. Calculer la longueur d'onde maximale d'un photon incident capable d'ioniser l'atome d'hydrogène pris à l'état fondamental

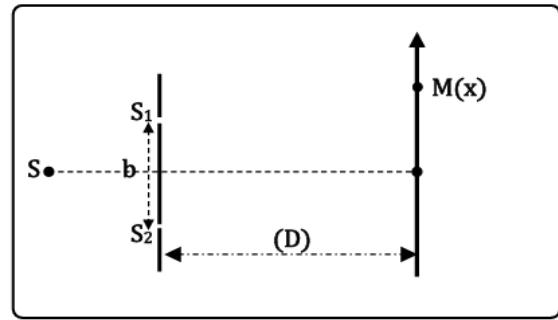
5.1.4. Un photon d'énergie $E'_{\text{ph}} = 12,75$ eV arrive sur un atome d'hydrogène pris à l'état fondamental. Ce photon est-il absorbé ? Justifier la réponse et préciser dans quel état se retrouve alors l'atome d'hydrogène.

5.1.5. La raie H_α correspondant à la radiation émise lorsque l'électron passe d'un niveau p vers le niveau $n=2$. Identifier la transition qui correspond à l'émission de la raie H_α en trouvant la valeur de p .



5.2. Interférences lumineuses

Des rayons de lumière monochromatique de longueur d'onde λ , provenant d'une source S , passent à travers deux fentes d'Young S_1 et S_2 et viennent interférer sur l'écran. Soient M un point quelconque de cet écran d'abscisse x , D la distance séparant l'écran des deux fentes et b la distance séparant les deux fentes S_1 et S_2 .



5.2.1 Montrer que la différence de marche en M des deux rayons lumineux issus de S_1 et S_2 a pour expression :

$$\delta = \frac{bx}{D}$$

5.2.2. Quelle condition doit vérifier δ pour que le point M appartienne à une frange brillante ? pour que le point M appartienne une frange sombre ?

5.2.3. Définir l'interfrange i puis calculer sa valeur sachant que la distance séparant la cinquième frange sombre et la cinquième frange claire de part et d'autre de la frange centrale est $d = 38,95 \text{ mm}$.

5.3. Effet photoélectrique :

Un deuxième laser de longueur d'onde $\lambda' = 558 \text{ nm}$ éclaire une cellule photoélectrique au césium. Le travail d'extraction d'un électron du césium est $W_0 = 3,00 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

5.3.1 Qu'appelle-t-on effet photoélectrique ?

5.3.2 Cette radiation peut-elle produire l'émission d'électrons par la cathode ? Justifier.

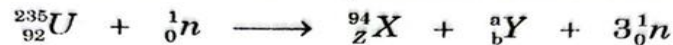
5.3.3 Déterminer la vitesse maximale d'éjection d'un électron de la cathode ?

THEME 7: REACTION NUCLEAIRE

EXERCICE 8

L'uranium naturel est le 48^e élément du point de vue de l'abondance, son abondance est supérieure à celle du molybdène ou de l'arsenic, quatre fois moins abondant que le thorium. Il se trouve partout à l'état de traces, y compris dans l'eau de mer.

L'isotope $^{235}_{92}\text{U}$, que l'on trouve dans l'uranium naturel, est fissile selon la réaction :



5.1. Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?

5.2. Sachant que le nucléide X comporte 56 neutrons, déterminer Z , a et b .

5.3. Identifier les éléments X et Y .

5.4. Calculer l'énergie libérée, en MeV puis en joules, par cette réaction.

5.5. En déduire l'énergie libérée pour produire $5 \mu\text{g}$ de l'élément Y .

5.6. Le nucléide ${}^a_Z\text{X}$ comme le calcium, est un alcalino-terreux. Il est mou, malléable, gris jaune. Il s'enflamme et brûle facilement dans l'air. Le nucléide X est radioactif β^- de période $T = 28,79 \text{ ans}$.

5.6.1. Ecrire l'équation de la désintégration du noyau X et identifier le noyau fils.

5.6.2. On a préparé une masse $m_0 = 10 \text{ kg}$ du nucléide X à la date $t = 0$. L'échantillon reste inemployé pendant une durée $t = 40 \text{ ans}$.

a) Définir la période radioactive (ou demi-vie radioactive).

b) Déterminer la constante radioactive λ du nucléide X .

c) Calculer la masse restante lorsque les 40 ans sont écoulés.

d) En déduire le nombre de noyaux N restant ainsi que l'activité radioactive A restante de l'échantillon lorsque les 40 ans sont écoulés.

On donne :

✓ **Masses en u :** $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,9942$; $m(^a_Z\text{X}) = 93,8992$; $m(^b_a\text{Y}) = 138,8892$; $m(^1_0\text{n}) = 1,0087$.

✓ **Masses molaires en g/mol :** $M(^a_Z\text{X}) = 94$; $M(^b_a\text{Y}) = 139$.

✓ **Extrait du tableau de la classification périodique des éléments :**

Nom	Rubidium	Strontium	Yttrium	Iode	Xénon	Césium	Baryum	Lanthane
Symbole	${}_{37}\text{Rb}$	${}_{38}\text{Sr}$	${}_{39}\text{Y}$	${}_{53}\text{I}$	${}_{54}\text{Xe}$	${}_{55}\text{Cs}$	${}_{56}\text{Ba}$	${}_{57}\text{La}$

FIN DE L'ÉPREUVE