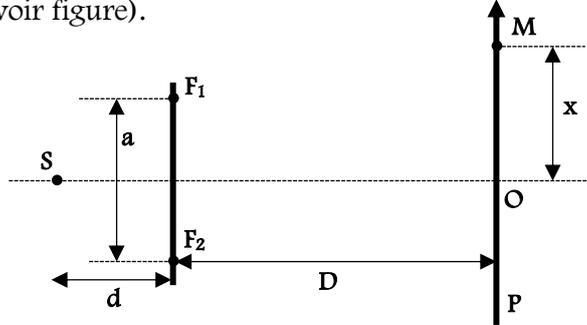


SERIE D'EXERCICES SUR LA PHYSIQUE CORPUSCULAIRE

Données: $1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$;
 $m_{\text{électron}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$;

EXERCICE 1:

Des interférences lumineuses sont réalisées avec un laser He-Ne de longueur d'onde $\lambda_1 = 633 \text{ nm}$. Le dispositif comprend une plaque percée de deux fentes très fines distantes de a . Cette plaque est placée à une distance d de la source laser S (voir figure).



On observe les interférences sur un écran P parallèle à la plaque et situé à une distance $D = 3 \text{ m}$ de celle-ci. Les deux fentes sont à égale distance de la source. La droite (SO) est l'axe de symétrie du dispositif.

1/ Expliquer brièvement la formation des franges brillantes et des franges obscures sur l'écran.

2/ On montre que la différence de marche δ entre les rayons issus des fentes sources F_1 et F_2 s'exprime par

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

a/ Quelle condition doit vérifier δ pour qu'en un point P de l'écran, on observe une frange brillante ?

b/ Montrer que l'interfrange ou distance entre deux franges consécutives de même nature s'exprime par la formule $i = \frac{\lambda D}{a}$

3/ Sur l'écran on mesure la distance entre cinq franges brillantes successives et on trouve $\Delta x = 25 \text{ mm}$. On remplace le laser He-Ne par une diode laser de longueur d'onde λ_d , sans rien modifier d'autre ; on mesure maintenant une distance $\Delta x' = 27 \text{ mm}$ entre cinq franges brillantes successives.

a/ Trouver la relation donnant l'écart a entre les fentes F_1 et F_2 en fonction de λ_1 , D et Δx . Faire l'application numérique.

b/ Trouver la relation donnant la longueur d'onde λ_d de la diode laser en fonction de λ_1 , Δx et $\Delta x'$. Faire l'application numérique.

4/ Les deux radiations sont utilisées pour éclairer une cellule photo émissive de fréquence seuil $\nu_0 = 4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.
a/ Dans le cas où il y a émission d'électrons, calculer, en joule puis en électron-volt, l'énergie cinétique maximale $E_{c\text{max}}$ des électrons émis.

b/ Dire quel caractère de la lumière cette expérience met en évidence.

EXERCICE 2:

1/ On réalise une expérience d'interférences en lumière monochromatique de longueur d'onde λ .

On utilise pour cela une fente source horizontale avec laquelle on éclaire deux fentes horizontales très fines F_1 et F_2 distantes de $a = 200 \mu\text{m}$ et situées à égale distance de la source. A la distance $D = 1 \text{ m}$ des fentes F_1 et F_2 on place un écran qui leur est parallèle et qui permet d'observer le phénomène d'interférences. On considère sur l'écran un axe Ox vertical, le point O se trouvant dans le plan médiateur des fentes F_1 et F_2 .

a/ Décrire et expliquer qualitativement l'aspect de l'écran.

b/ Pourquoi utilise-t-on une fente source avant les fentes F_1 et F_2 ?

c/ Etablir pour un point M de l'axe Ox, la différence de marche δ entre les rayons provenant de F_1 et F_2 .

d/ Exprimer en fonction de λ , D , a et de l'entier k , l'abscisse d'un point de l'écran appartenant à une frange sombre et en déduire l'expression de l'interfrange i .

e/ On mesure $i = 2,74 \text{ mm}$. Quelle est la longueur d'onde de la lumière utilisée ?

2/ On utilise maintenant des filtres permettant de sélectionner différentes radiations monochromatiques.

Pour chaque radiation, on mesure la distance correspondant à sept (7) interfranges et on consigne les résultats obtenus dans le tableau suivant:

$\lambda(\mu\text{m})$	0,470	0,520	0,580	0,610	0,650
$7i(\text{mm})$	16,5	18,2	20,3	21,4	22,8
i					

- a/ Pourquoi mesure-t-on la distance correspondant à 7 interfranges plutôt que celle de l'interfrange i ?
 b/ Compléter le tableau puis tracer la courbe représentative de la fonction $i = f(\lambda)$.

Echelle : 1 cm \rightarrow 0,05 μm en abscisses ; 1 cm \rightarrow 0,2 mm en ordonnées

- c/ L'expression de l'interfrange établie à la question 1.d/ est-elle en accord avec la courbe obtenue ? Justifier.
 d/ A partir de la courbe, c'est-à-dire graphiquement, déterminer :
 ► L'interfrange obtenue à partir d'une radiation de longueur d'onde $\lambda_1 = 0,600 \mu\text{m}$.
 ► La longueur d'onde donnant un interfrange $i_2 = 2,5 \text{ mm}$.

EXERCICE 3:

On réalise l'expérience par la figure 1 ci-dessous. S est une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . S_1 est un trou circulaire de diamètre $d \approx \lambda$ percé sur l'écran E_1 et E est l'écran d'observation.

1/ Quel phénomène se produit à la traversée de la lumière en S_1 ? Recopier le schéma et dessiner le faisceau émergent de S_1 .

En déduire l'aspect de l'écran.

2/ On perce un deuxième trou S_2 identique à S_1 sur E_1 (voir figure 2 ci-dessous).

a/ Quelles sont les conditions que doivent satisfaire a et D ? Décrire ce qu'on observe sur l'écran E.

b/ La longueur occupée par 10 interfranges est $L = 5,85 \text{ mm}$.

Calculer la longueur d'onde λ émise par la source S.

Pourquoi mesure-t-on 10 interfranges et non une seule.

Données : a = $S_1S_2 = 2 \text{ mm}$ et D = 2 m.

c/ Déterminer la distance entre la 4^{ème} frange claire et la 4^{ème} frange obscure de part et d'autre de la frange centrale.

3/ On réalise maintenant le dispositif de la figure 3 ci-dessous:

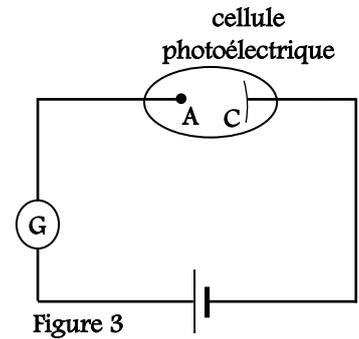
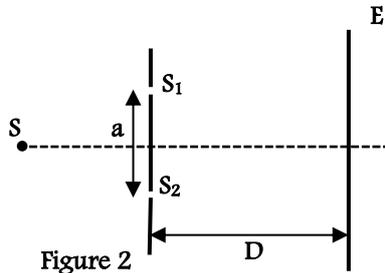
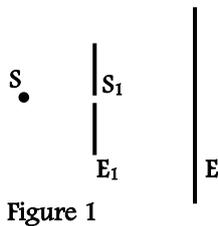
a/ Le galvanomètre détecte-t-il le passage d'un courant si cathode n'est pas éclairée ? Justifier votre réponse.

b/ On éclaire la cathode C par la lumière issue de la source S' précédente (λ_1 et λ_2). Le travail d'extraction constituant la cathode est $W_0 = 2,1 \text{ eV}$.

► Que se passe-t-il ? Interpréter le phénomène physique mis en évidence par cette expérience.

► Quel est le modèle de la lumière utilisée pour justifier cette observation ?

► Evaluer la vitesse maximale des électrons émis de la cathode. Expliquer brièvement la complémentarité des deux modèles de la lumière.



EXERCICE 4:

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation: $E_n = - \frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)}$, où n est un entier non nul.

1/ Evaluer, en nanomètre, les longueurs d'onde des radiations émises par l'atome d'hydrogène lors des transitions:

a/ du niveau d'énergie E_3 au niveau d'énergie E_1 (longueur d'onde λ_1).

b/ du niveau d'énergie E_2 au niveau d'énergie E_1 (longueur d'onde λ_2).

c/ du niveau d'énergie E_3 au niveau d'énergie E_2 (longueur d'onde λ_3).

2/ Une ampoule contenant de l'hydrogène est portée à la température de 2800° K . Les atomes sont initialement dans leur état fondamental. Une lumière constituée des 3 radiations de longueurs d'onde λ_1 , λ_2 et λ_3 , traverse ce gaz.

a/ Quelles sont les radiations absorbées par l'hydrogène contenu dans cette ampoule ? (Justifier).

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

Dans cette relation, R_H est une constante appelée constante de RYDBERG.

c/ Calculer la valeur de la constante R_H .

3/ La série de Paschen comprend les radiations émises par l'atome d'hydrogène excité ($n \geq 4$) lorsqu'il revient à son état ($n = 3$). Evaluer, en nm, l'écart $\Delta\lambda$ entre la plus grande et la plus petite longueur d'onde des raies de la série de Paschen.

EXERCICE 5:

En 1859, en collaboration avec R Brunsen, G Kirschhoff publie trois lois relatives à l'émission et à l'absorption de lumière par les gaz, les liquides et les solides. Pour le cas de l'hydrogène, cette émission (ou absorption) de lumière correspondant à des transitions électroniques entre niveaux d'énergie, l'énergie d'un niveau étant donnée par la relation: $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$, avec $E_0 = 13,6$ eV et n est le nombre quantique principal.

- 1/ Préciser, pour l'atome d'hydrogène, le niveau de plus basse énergie correspondant à l'état fondamental.
- 2/ Lorsque l'atome d'hydrogène est dans son état fondamental, quelles sont les longueurs d'onde limites (λ_{max} et λ_{min}) des radiations qu'il peut absorber ? A quel domaine spectral appartiennent-elles ?
- 3/ L'atome d'hydrogène peut passer d'un état excité de niveau p à un autre de niveau $n < p$ en émettant des radiations. Exprimer, en fonction de E_0 , h, n et p, la fréquence ν des radiations émises par l'atome d'hydrogène lors de cette transition.
- 4/ Dans certaines nébuleuses, l'hydrogène émet des radiations de fréquences $\nu = 4,57 \cdot 10^{14}$ Hz. Ces radiations correspondent à une transition entre un niveau excité d'ordre p et le niveau d'ordre $n = 2$. Déterminer la valeur de p correspondant au niveau excité.
- 5/ Une série de raies correspond à l'ensemble des radiations émises lorsque l'atome passe des différents niveaux excités p au même niveau n. Pour l'hydrogène, on a, entre autres, les séries de raies de Lyman ($n = 1$), de Balmer ($n = 2$) et de Paschen ($n = 3$),
 - a/ Dans une série de raies, la raie ayant la plus grande fréquence dans le vide, est appelée raie limite, et sa fréquence est appelée fréquence limite.

Montrer que pour l'atome d'hydrogène, la fréquence limite d'une série de raies est donnée par: $\nu_{lim} = \frac{E_0}{h \cdot n^2}$

- b/ Calculer la fréquence limite pour chacune des séries de Lyman, de Balmer et de Paschen.

EXERCICE 6:

Le document de la figure 1 ci-contre donne le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène.

- 4/ Le document de la figure 2 ci-dessous donne le spectre d'émission d'une lampe à hydrogène. Ce spectre de raie est obtenu lors des transitions de l'atome d'hydrogène d'un niveau supérieur ($n > 2$) vers le niveau inférieur $n = 2$.

- a/ Vérifier que l'énergie E_λ , exprimé en eV, des différentes raies émises est donnée par la relation:

$$E_\lambda = \frac{1241,25}{\lambda}; \text{ avec } \lambda \text{ en nm.}$$

- b/ Calculer l'énergie E_λ (eV) correspondante à chaque raie émise. En déduire pour chacune de ces raies, le niveau d'énergie E_n dans lequel l'atome d'hydrogène s'est trouvé à l'état excité.

- 5/ Les atomes d'hydrogène sont dans leur état fondamental ($n = 1$).

- a/ Déterminer les énergies (en eV) des photons absorbés lors des transitions de l'état fondamental ($n = 1$) vers les états $n = 3$ et $n = 4$.

- b/ Préciser, en le justifiant, si l'atome d'hydrogène peut absorber un photon d'énergie 12,3 eV.

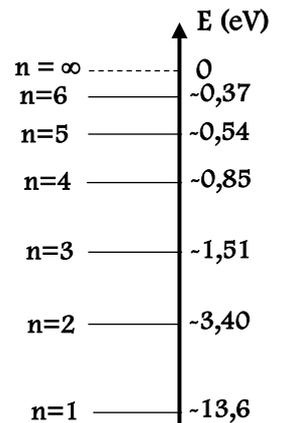


Figure 1

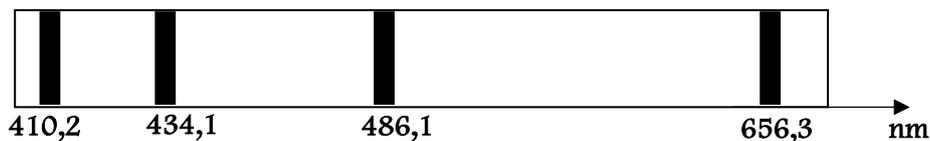


Figure 2

EXERCICE 7:

Actuellement des techniques telles que la radiothérapie et la scintigraphie sont utilisées en médecine grâce à des substances radioactives comme le cobalt ou le technétium.

Le cobalt $^{60}_{27}\text{Co}$, est utilisé en médecine pour le traitement de certaines tumeurs cancéreuses. Il se désintègre en produisant un noyau de nickel $^{60}_{28}\text{Ni}$. Sa période radioactive est de 5,6 ans.

Un centre hospitalier dispose d'un échantillon de $^{60}_{27}\text{Co}$ dont la masse est 2 μg .

- 1/ Définir la période d'une substance radioactive et donner la composition d'un noyau de $^{60}_{27}\text{Co}$.
- 2/ Ecrire l'équation de la réaction de désintégration d'un noyau de cobalt 60 en précisant le symbole et le nom de la particule émise en même temps que le noyau de $^{60}_{28}\text{Ni}$.
- 3/ On supposera que le noyau fils est produit dans un état excité.
 - a/ Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de cobalt 60.

b/ En déduire l'énergie que libérerait une masse de 2 µg de l'échantillon.

c/ Soient N_0 et N les nombres de noyaux cobalt 60 présents dans l'échantillon aux instants respectifs $t_0 = 0$ et $t > 0$. Soient m_0 et m les masses correspondantes.

► Montrer que $\frac{N_0}{N} = \frac{m_0}{m}$.

► Au bout de combien de temps la masse de cobalt désintégrée de l'échantillon serait de 1,8 µg ?

Particule ou noyau	${}^{60}_{27}\text{Co}$	${}^{60}_{28}\text{Ni}$	électron	${}^{99}_{43}\text{Tc}$
Masse (u)	59,934	59,931	$5,486 \cdot 10^{-4}$	98,882

EXERCICE 8:

Etude de la radioactivité du noyau de fer-59

Le noyau de fer ${}^{59}_{26}\text{Fe}$ se désintègre spontanément en noyau de cobalt avec émission d'une particule ${}^A_Z\text{X}$

1/ Ecrire, en précisant les lois utilisées, l'équation de désintégration du fer 59 (${}^{59}_{26}\text{Fe}$).

2/ Nommer la particule émise et expliquer son origine.

3/ Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de fer ${}^{59}_{26}\text{Fe}$.

En déduire l'énergie que libérerait une masse de 2 µg de l'échantillon.

4/ Pour déterminer l'activité initiale A_0 d'un échantillon de ${}^{59}_{26}\text{Fe}$ radioactif, le laboratoire dispose, à un instant pris comme origine du temps ($t = 0$), d'un échantillon de masse $m_0 = 1,5$ mg. La mesure de l'activité $A(t)$ de cet échantillon chaque intervalle de dix jours, lui a permis de constater que $\frac{A(t)}{A(t+10)} = 1,17$ (t est exprimé en jours)

a/ Définir l'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif et l'exprimer en fonction de A_0 , de la constante radioactive λ et de la date t .

b/ Calculer la valeur de λ et en déduire celle de la demi-vie T .

c/ Calculer l'activité A_0 .

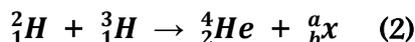
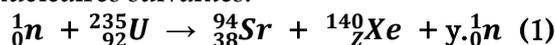
d/ Déterminer la masse de fer désintégrée à l'instant $t = 10$ jours.

Données: Masse des particules : Proton : $m_p = 1,00728$ u ; neutron : $m_n = 1,00867$ u ;
électron : $m_e = 0,00055$ u

Masse des noyaux au repos : $m({}^{59}_{26}\text{Fe}) = 58,9348755$ u ; $m({}^{59}_{27}\text{Co}) = 58,9331950$ u. $1\text{u} = 931,5$ MeV/ c^2

EXERCICE 9:

On considère les deux réactions nucléaires suivantes:



1/ Justifier que la réaction nucléaire (1) est une fission alors que la réaction (2) est une fusion.

2/ On s'intéresse à la réaction (1) nucléaire (1):

a/ Déterminer les valeurs de Z et de y en précisant les lois utilisées.

b/ Calculer l'énergie E_1 dégagée par la fission nucléaire en (MeV).

c/ En déduire l'énergie E'_1 dégagée par 5g d'uranium 235 en (MeV).

3/ On s'intéresse à la réaction nucléaire (2):

a/ Montrer que la particule ${}_b^ax$ émise au cours de cette réaction est un neutron.

b/ Calculer l'énergie E'_2 dégagée par la fusion nucléaire en (MeV).

c/ En déduire l'énergie E''_1 dégagée lors de la formation de 5g d'hélium en (MeV).

4/ Comparer les énergies dégagées par les réactions de fusion et fission nucléaire.

On donne: $m({}^{235}_{92}\text{U}) = 234,99332\text{u}$; $m({}^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,8944642\text{u}$; $m({}^{140}_{54}\text{Xe}) = 139,89195\text{u}$; $m({}_1^2\text{H}) = 2,01355\text{u}$; $m({}_1^3\text{H}) = 3,01550\text{u}$; $m({}_2^4\text{He}) = 4,00150\text{u}$; $m_n = 1,00867\text{u}$.