

IMRT 2 : DEVOIR 1 : 0708

DONNÉES :

	célérité de la lumière $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$	constante de Planck $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
masse du proton $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$	masse de l'électron $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$	charge élémentaire $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

PREMIÈRE PARTIE : CONTRÔLE DES CONNAISSANCES. (30 points)

Q1 : Questions à choix multiples (16 points)

Chaque question possède au moins une réponse vraie. Pour chacune des questions, répondre par vrai (V) ou faux (F) en remplissant le document réponse.

- Une particule chargée est placée dans un champ électrique constant perpendiculaire à sa vitesse initiale
 - elle prend une trajectoire circulaire.
 - elle prend une trajectoire rectiligne.
 - elle prend une trajectoire parabolique.
 - elle accélère.
- Soit un condensateur plan dont les plaques sont distantes de 3,0 cm dans le vide. La tension appliquée entre les plaques est $U = 1,5 \text{ kV}$. La valeur E du champ électrique entre les plaques est :
 - $1,5 \text{ kV.m}^{-1}$
 - $4,5 \text{ kV.cm}^{-1}$
 - 50 kV.m^{-1}
 - 500 V.cm^{-1}
- L'accélération d'un électron de charge $-e$, soumis à un champ électrique E constant a pour norme :
 - $a = mE / e$
 - $a = - mE / e$
 - $a = eE / m$
 - $a = em / E$
- La force de Lorentz
 - Est toujours perpendiculaire à la vitesse de la particule
 - Ne s'exerce que sur une particule chargée en mouvement
 - Résulte de l'action d'un champ électrique sur une particule chargée
 - Peut s'exercer sur un neutron si la vitesse de celui-ci est proche de celle de la lumière
- Une particule chargée, de vitesse initiale $\vec{v}_0$ pénètre une zone dans laquelle règne un champ magnétique.
 - Sa trajectoire est une droite si sa vitesse initiale $\vec{v}_0$ est parallèle au champ magnétique
 - Sa trajectoire peut être une spirale.
 - Sa trajectoire est un arc de parabole.
 - Sa trajectoire est toujours circulaire.
- Un champ magnétique uniforme perpendiculaire à la vitesse d'une particule chargée :
 - maintient la particule dans un même plan.
 - maintient la particule sur une trajectoire circulaire.
 - communique une énergie cinétique importante à la particule.
 - freine la particule.
- Entre les dees d'un cyclotron, la tension électrique appliquée :
 - conserve la même valeur et le même signe.
 - change de signe et conserve la même valeur.
 - change de valeur et de signe.
 - est alternative.

8. La durée du parcours d'une particule chargée dans un dee d'un cyclotron :
- dépend de la vitesse d'entrée de la particule dans le dee.
 - ne dépend pas de la charge de la particule.
 - dépend de la valeur du champ magnétique.
 - dépend de la masse de la particule.

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								

Q2 : Spectrographe de masse (14 points).

1. Un proton, de masse m et de charge q , placé dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$ est soumis à une force électrique. Le champ électrique est obtenu en maintenant entre deux plaques conductrices parallèles et distantes de $d = 10$ cm une différence de potentiel $U = 5,0$ kV. Les plaques sont dans le vide et percées l'une en A et l'autre en D pour permettre le passage des particules (voir figure jointe). Le proton est initialement au repos en A.

1.1. Donner les caractéristiques de la force électrique $\vec{F}$ à laquelle le proton est soumis. Comparer sa valeur au poids du proton (on donne $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$).

1.2. Donner les caractéristiques de l'accélération du proton entre les deux plaques.

1.3. Donner les caractéristiques du mouvement et de la trajectoire du proton entre A et D.

1.4. Calculer l'énergie cinétique puis la valeur de la vitesse $\vec{v}$ du proton en D.

2. En D l'action du champ $\vec{E}$ cesse et le proton pénètre dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de valeur $B = 0,08$ T, de direction perpendiculaire à $\vec{v}$.

2.1. Donner l'expression du rayon r de la circonférence de la trajectoire ; parmi les valeurs proposées ci-après, choisir la valeur de r en justifiant la réponse.

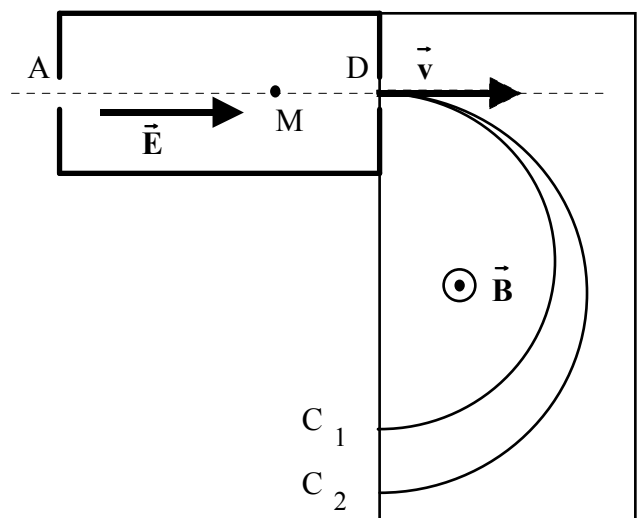
1,27 m ; 2,51 cm ; 0,127 m ; 0,833 m ; 1,27 cm ; 8,33 cm ; 17,3 cm ; 2,71 cm ; 25,1 m ; 1,27 mm ;

2.2. Comment évolue l'énergie cinétique du proton au cours de son mouvement dans le champ $\vec{B}$? Justifier.

3. Une seconde particule, de masse M inconnue, de même charge q , également au repos en A, subit d'abord l'action de $\vec{E}$, puis celle de $\vec{B}$ dans les mêmes conditions. Le rayon de sa trajectoire vaut R .

3.1. Démontrer que $m / M = r^2 / R^2$.

3.2. On mesure $DC_2 = 36,2$ cm. Calculer la valeur de la masse M ; identifier la particule.



SECONDE PARTIE : PROBLEMES (30 points)

I. Tube à rayons X ; fluorescence X

1. Étude de la source primaire de rayons X

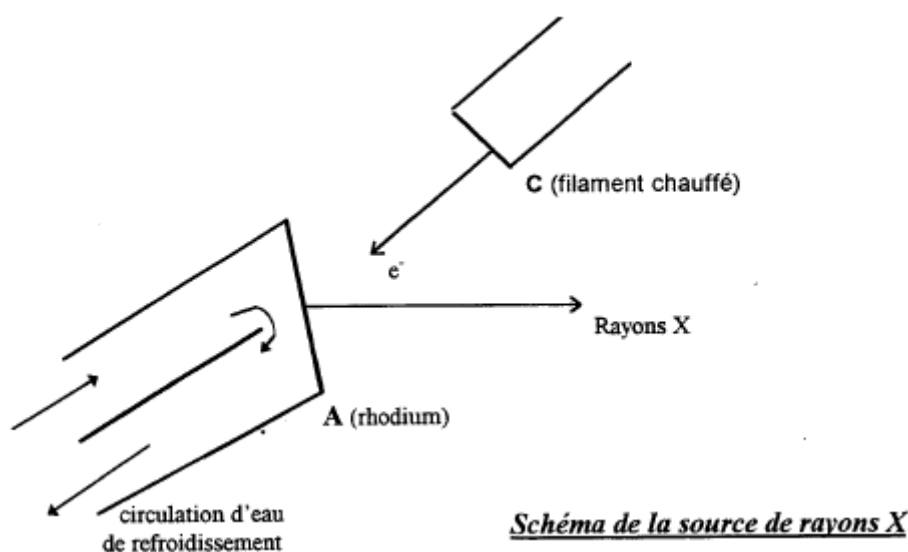
1. Des électrons émis par une cathode C sont accélérés sous une tension U_{AC} . Ils bombardent une anticathode A de rhodium, ce qui conduit à l'émission de rayons X.

1.1. Donner le signe de la tension U_{AC} . Justifier.

1.2. En admettant que la vitesse d'émission des électrons par la cathode C est nulle, exprimer leur énergie cinétique, lorsqu'ils atteignent l'anticathode, en fonction de U_{AC} .

1.3. Établir la relation reliant la longueur d'onde minimale $\lambda_{\min}$ des rayons émis et la tension U_{AC} .

1.4. Application numérique : calculer U_{AC} pour $\lambda_{\min} = 1,40 \times 10^{-10}$ m.



1.5. Calculer l'énergie des photons les plus nombreux émis par le tube (on rappelle que leur énergie vaut les deux tiers de l'énergie maximale des photons émis par le tube) ; le résultat doit être exprimé en joule et en électronvolt.

1.6. Dessiner l'allure du spectre d'émission d'un tube à rayons X ; on portera en abscisse l'énergie des photons émis.

2. Étude d'un échantillon par fluorescence X

Les rayons X produits par la source primaire sont envoyés sur un échantillon métallique. Ils peuvent être absorbés par les atomes présents. Dans ce cas, un électron de la couche K peut être expulsé de l'atome. L'atome ionisé émet alors, au cours de sa désexcitation, des raies de fluorescence X.

2.1. Établir la condition reliant l'énergie E_K du niveau K d'un atome et la longueur d'onde incidente minimum ($\lambda_{\min} = 1,40 \times 10^{-10}$ m) pour que le phénomène de fluorescence X soit possible.

2.2. Parmi les éléments du tableau suivant, quels sont ceux qui pourront donner lieu à un rayonnement de fluorescence X par départ d'un électron K, avec la source utilisée ($\lambda_{\min} = 1,40 \times 10^{-10}$ m) ?

Élément	Fe	Cu	Zn
Énergie du niveau K en keV	-7,14	-8,28	-9,70

2.3. L'échantillon émet un rayonnement de longueur d'onde $\lambda_{K\alpha} = 1,66 \times 10^{-10}$ m correspondant à la transition du niveau L au niveau K du nickel.
L'énergie du niveau L du nickel est $E_L = -853$ eV ; calculer l'énergie E_K du niveau K.

II. Étude d'un radio nucléide : l'iode 123.

L'iode 123, de numéro atomique $Z = 53$, est utilisé sous forme d'iodure de sodium (en injection) pour la scintigraphie ; c'est un émetteur de rayons γ purs.

1. Production de l'iode 123.

Par irradiation d'une cible gazeuse de xénon $^{124}_{54}\text{Xe}$ par un faisceau de protons, on obtient du césium $^{123}_{55}\text{Cs}$

1.1. Donner l'équation de cette transmutation ; quelles particules obtient-on également au cours de cette réaction nucléaire ?

1.2. Le césium 123 est émetteur β^+ et donne du xénon 123 par désintégration ; donner l'équation de la réaction ; préciser le numéro atomique du Xénon.

Cette réaction (comme beaucoup d'émissions β^+) est accompagnée d'une réaction de capture électronique ; expliquer brièvement ce qu'est une capture électronique et donner l'équation de celle-ci.

1.3. Le xénon 123 est également radioactif et permet d'obtenir l'iode $^{123}_{53}\text{I}$; donner les noms des deux réactions possibles (et différentes) permettant cette transformation.

2. Radioactivité de l'iode 123.

2.1. Par un processus de capture électronique, l'iode 123 donne du tellure Te.
Donner l'équation de la réaction ; préciser le numéro atomique et le nombre de masse du tellure.

2.2. La désintégration de l'iode 123 est accompagnée principalement par l'émission de deux types de photons :

photons γ d'énergie 159 keV
photons X d'énergie 27 keV.

2.2.1. Décrire le processus conduisant à la formation du photon γ .

2.2.2. Les énergies des niveaux électroniques internes du tellure sont, exprimés en électronvolt :

niveau	K	L-I	L-II	L-III	M-I	M-II	M-III	M-IV	M-V
nom	1s	2s	2p _{1/2}	2p _{3/2}	3s	3p _{1/2}	3p _{3/2}	3d _{3/2}	3d _{5/2}
énergie (keV)	-31,814	-4,939	-4,612	-4,341	-1,006	-0,871	-0,820.0	-0,583	-0,573

Construire un diagramme énergétique qualitatif des niveaux d'énergies internes du tellure.
Montrer que le photon X émis correspond à la raie K_{α} de cet atome.

2.3. La demi vie de l'iode 123 vaut 13,2 h.
Une ampoule contenant une solution d'iodure de sodium à une activité de 7×10^7 Bq à 8 h du matin ; calculer son activité à 14 h.
Déterminer l'activité de l'échantillon le lendemain à 10 h 30.

3. Pénétration des photons γ et X dans la matière.

Les photons émis (159 keV et 27 keV) se propagent dans les tissus que l'on considérera en première approximation comme constitués d'eau de "numéro atomique" moyen égal à 8, et dont on rappelle que la masse volumique vaut $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$.

3.1. A l'aide du diagramme fourni ci-après, déterminer le type d'interaction que chaque sorte de photon présente avec les tissus traversés.

Donner une description sommaire des deux types d'interactions cités.

3.2. Le coefficient massique d'atténuation dans l'eau, pour des photons d'énergie 159 keV, vaut $0,15 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$, alors que pour des photons d'énergie 27 keV, il vaut $0,45 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$.

3.2.1. Calculer le coefficient d'atténuation linéique dans l'eau pour chaque type de photon.

3.2.2. Calculer la couche de demi atténuation dans l'eau pour chaque type de photon.

3.2.3. Comment évolue le rapport du nombre de photons γ au nombre de photons X contenus dans le faisceau au cours de la traversée des tissus ? Justifier la réponse.

