

Données :

célérité de la lumière : $c = 3,000 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

charge élémentaire : $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,660 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV.c}^{-2}$

masse de l'électron : $m = 5,4858 \times 10^{-4} \text{ u} = 0,51100 \text{ MeV.c}^{-2}$

masse du proton : $1,0072764668 \text{ u} = 938,272013 \text{ MeV.c}^{-2}$

masse du neutron : $1,0086649160 \text{ u} = 939,565346 \text{ MeV.c}^{-2}$

QCM : compléter le tableau réponse par F pour Faux et V pour Vrai

- 1) Quand on augmente la tension appliquée aux bornes d'un tube de Coolidge :
 - a) Le flux des rayons X augmente
 - b) Les rayons X produits sont plus énergétiques
 - c) La longueur d'onde minimum λ_0 des rayons émis diminue
 - d) La durée du trajet des électrons de la cathode à l'anode augmente.
- 2) Le rendement d'un tube de Coolidge à anticathode de platine est 2%, il fonctionne sous une tension $V = 50 \text{ kV}$ et est parcouru par un courant anodique d'intensité $I = 3 \text{ mA}$. La puissance totale rayonnée a pour valeur :
 - a) 3 W
 - b) 3 mW
 - c) 3 J
 - d) 3 MeV
- 3) Un opérateur augmente l'intensité du courant anodique d'un tube à rayons X
 - a) l'énergie maximale des photons émis augmente
 - b) la longueur d'onde des photons émis augmente
 - c) le flux énergétique du faisceau de rayons X augmente
 - d) le nombre de photons émis par seconde augmente
- 4) Les caractéristiques d'un examen radiologique sont : 72 kV , 11 mA.s ; le rendement du tube à rayons X vaut 1,5%.
 - a) la durée d'exposition vaut 11 ms.
 - b) $6,9 \times 10^{16}$ électrons sont arrivés à l'anode pendant l'exposition.
 - c) la puissance rayonnante du tube vaut 792 W.
 - d) l'énergie dégagée par le tube sous forme de rayonnement X pendant l'exposition vaut 11,9 J
- 5) Un laser Hélium-Néon de puissance 2 mW émet une lumière de longueur d'onde égale à 632,8 nm.
 - a) la lumière émise est de couleur verte.
 - b) ce laser émet $6,4 \times 10^{15}$ photons par seconde.
 - c) l'énergie émise par ce laser pendant une minute vaut 0,12 J.
 - d) ce laser est un laser à trois niveaux.
- 6) La fréquence d'émission d'un laser à rubis est imposée par :
 - a) la longueur de la cavité résonante
 - b) la transition atomique relative au milieu actif
 - c) la fréquence du flash excitateur
 - d) la fréquence du secteur (c'est un multiple entier de celle-ci)

F/V	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						

Q2 : L'élément Brome et ses voisins.

Données spécifiques à cette partie :

masse atomique du brome 80 : $m = 79,918529$

énergie de liaison par nucléon du brome 79 : $E_l/A = 8,686$

énergie de liaison du brome 81 : $EL = 704,3$ MeV

extraits du diagramme $\{N,Z\}$



1. Le numéro atomique du brome est $Z = 35$.

Donner la structure de son nuage électronique ; en déduire sa place dans la classification périodique.

2. On considère les nucléides ^{79}Br , ^{80}Br , et ^{81}Br .

2.1. Donner les composition des noyaux de ces trois nucléides.

2.2. A l'aide des données :

Calculer la masse du noyau de brome 80 en unité de masse atomique.

Calculer le défaut de masse du noyau de brome 80 en unité de masse atomique. ; en déduire son énergie de liaison.

Calculer l'énergie de liaison par nucléon du brome 80.

2.3. Comparer les énergies de liaison par nucléon des 3 nucléides.

2.4. L'un de ces trois nucléides est radioactif ; déterminer lequel en justifiant la réponse à l'aide des réponses précédentes.

2.5. D'autres types d'argument peuvent justifier que l'un des nucléides est radioactif ; lesquels?

3. Courbe d'Aston.

3.1. Tracer l'allure de la courbe (essayer d'être le plus quantitatif possible) donnant l'évolution de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse ; on rappelle que les deux nucléides les plus "solides" sont le Nickel 62 et le Fer 58, d'énergie de liaison par nucléon d'environ 8,79 MeV

3.2. Positionner les trois nucléides évoqués dans le paragraphe 2 sur cette courbe

4. Le sélénium 81 et le krypton 79 sont radioactifs

4.1. À l'aide du diagramme $\{N,Z\}$, déterminer de quels types de radioactivité ces deux nucléides font l'objet.

4.2. Écrire les équations des réactions de désintégration de ces deux nucléides, en précisant les lois de conservation utilisées.

Problème : rayons X , production et propagation dans la matière.

Données spécifiques au problème :

masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \text{ g.cm}^{-3}$

masse volumique du plomb : $\rho = 11,3 \text{ g.cm}^{-3}$

chaleur massique du tungstène : $C = 134 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

On produit des rayons X dans un tube de Coolidge à anode de tungstène

Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel $U_{AC} = V_A - V_C = 150 \text{ kV}$. Ce tube est alimenté par un courant d'intensité $i = 2,0 \text{ mA}$, et son rendement est $r = 1\%$.

A. Échauffement de l'anode.

1. Calculer la puissance électrique P_E consommée par le tube, la puissance rayonnée P_R (sous forme de rayons X), la puissance transformée en chaleur P_J .
2. La masse de l'anode vaut $m = 50,0 \text{ g}$. Calculer l'élévation de température que subirait cet électrode au bout de 10 s en fonctionnement statique ; commenter.

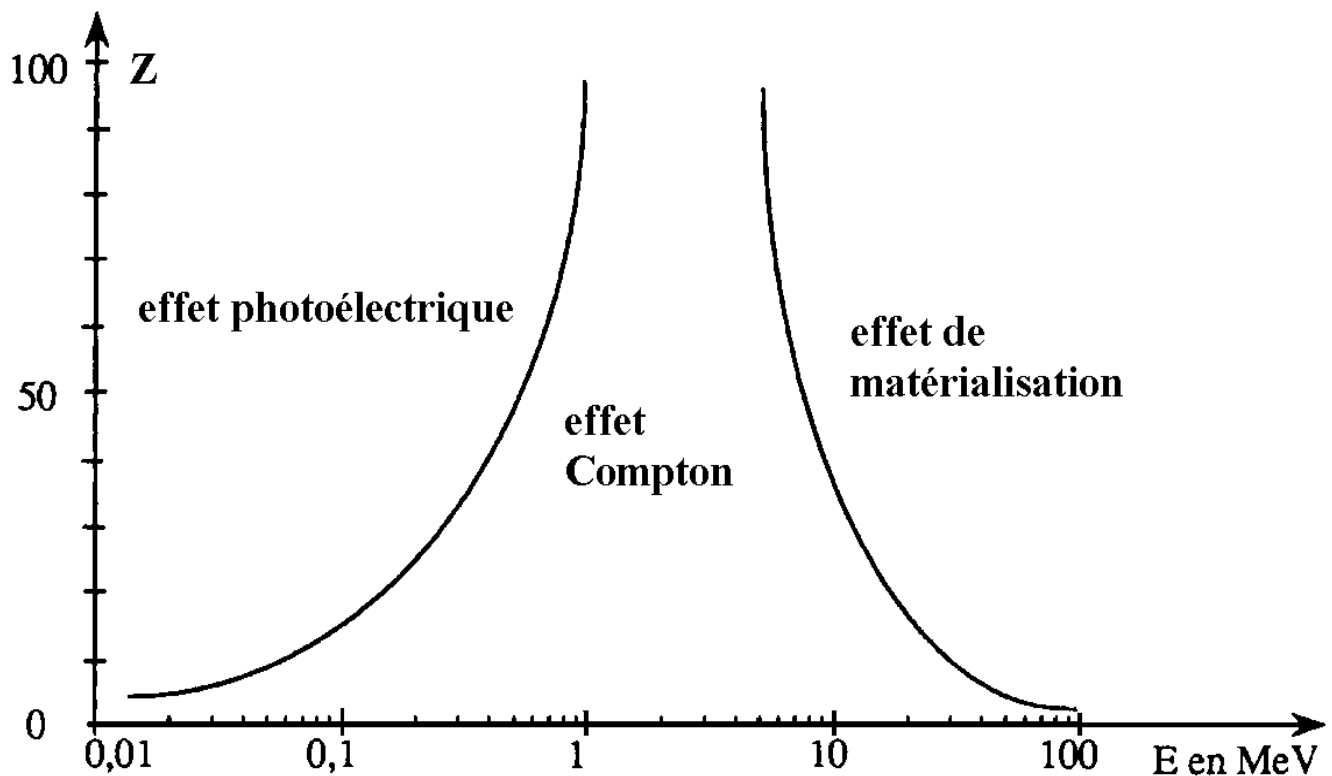
B. Caractéristiques du rayonnement de freinage

1. L'énergie cinétique des électrons émis par la cathode vaut environ 5 eV ; établir l'expression, puis calculer l'énergie cinétique E_C (en eV et en J) des électrons incidents quand ils atteignent l'anode.
 - 2.1. Calculer la longueur d'onde minimum λ_0 du spectre continu obtenu par freinage des électrons.
 - 2.2. Calculer l'énergie E_m (en eV et en J) des photons X les plus nombreux. On admet que les photons X les plus probables ont pour longueur d'onde $\lambda_m = 1,5 \lambda_0$.

C. Interaction du rayonnement dans la matière.

Le faisceau de rayons X est maintenant dirigé soit sur une cible de plomb, soit sur un fantôme d'eau. Pour simplifier, on considère qu'il ne contient que des photons d'énergie 90 keV .

- 1.1. A l'aide du diagramme fourni ci-après, déterminer le type d'interaction que ce type de photons présente avec les molécules d'eau, considérées comme de numéro atomique "moyen" égal à 8.
- 1.2. Toujours à l'aide du diagramme, déterminer le type d'interaction que ce type de photon présente avec le plomb ($Z = 82$).
- 1.3. Donner une description des trois types d'interactions évoquées sur ce diagramme.



2. On donne ci-contre un diagramme simplifié des niveaux d'énergie du plomb.

L'interaction entre un photon et un atome de plomb peut ioniser celui-ci.

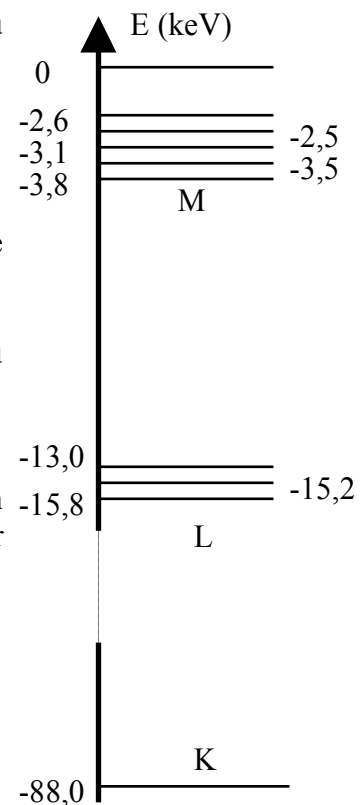
2.1. Donner le nom de ce type d'interaction.

2.2. Quels électrons du nuage atomique vont être concernés par ce type d'interaction ? Justifier.

2.3. L'atome de plomb, une fois ionisé, peut capturer un électron du milieu pour revenir dans son état fondamental.

Déterminer la longueur d'onde des photons émis.

2.4. On observe également l'émission de photons d'énergie d'environ 74 keV, ainsi que des photons d'énergie d'environ 85 keV ; justifier l'existence de ces photons.



D. Pénétration du rayonnement dans la matière.

1. Le coefficient massique d'atténuation dans l'eau, pour ces photons, vaut $0,17 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$.

1.1. Calculer le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

1.2. Calculer l'épaisseur de la couche de demi atténuation dans l'eau

1.3. Calculer l'épaisseur de la couche de déci-transmission (l'intensité du faisceau est divisé par 10) pour l'eau, pour ces photons.

1.4. Calculer l'épaisseur d'eau nécessaire à l'atténuation de 99% du rayonnement.

2. Le graphe ci-après, en **coordonnées logarithmiques**, donne l'évolution du coefficient massique d'atténuation pour le plomb, (en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) en fonction de l'énergie des photons incidents.

2.1. En exploitant le graphe, déterminer la valeur du coefficient massique d'atténuation du plomb pour des photons de 90 keV ; faire apparaître sur le graphe une trace de la mesure effectuée.

2.2. En déduire le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

3. Comparer les comportements de l'eau et du plomb sur le rayonnement "à 90 keV".

