

IMRT1 : DEVOIR 3 : 0607

Données

constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23}$

charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
masse de l'électron : $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

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

masse volumique du plomb : $\rho = 11,3 \text{ g.cm}^{-3}$
masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \text{ g.cm}^{-3}$

Partie 1 : QCM Compléter la grille réponse par V pour vrai et F pour faux

1. Un photon a pour longueur d'onde dans le vide 5 nm

- a) sa longueur d'onde vaut 5 Å
- b) sa fréquence vaut $6 \times 10^{17} \text{ Hz}$
- c) son énergie vaut 248 eV
- d) il appartient au domaine des infrarouges
- e) c'est un photon "gamma"

2. Énergie de liaison

- a) l'énergie de liaison d'un électron de la couche K est inférieure à l'énergie de liaison d'un électron de la couche L
- b) l'énergie de liaison d'un électron sur la couche K est pour tous les atomes égale à -13,6 eV
- c) l'énergie d'ionisation est l'énergie à fournir pour extraire un électron de l'atome
- d) l'énergie d'une transition électronique entre deux états excités est toujours plus faible que l'énergie d'ionisation
- e) la valeur (absolue) de l'énergie de la couche K augmente avec le numéro atomique de l'atome

3. La masse d'un électron peut s'écrire :

- a) 0,55 uma
- b) 0,00055 uma
- c) 0,511 keV
- d) $9,1 \times 10^{-34} \text{ g}$
- e) $8,18 \times 10^{-14} \text{ J} / c^2$

4. La vitesse d'un électron d'énergie cinétique $E = 11,4 \text{ eV}$ vaut :

- a) $2,0 \times 10^3 \text{ km.s}^{-1}$
- b) $3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- c) $2,0 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$
- d) $2,0 \times 10^6 \text{ m.s}^{-1}$
- e) $1,4 \times 10^6 \text{ m.s}^{-1}$

5. L'énergie du niveau fondamental de l'atome d'hydrogène vaut :

- a) $1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- b) 0,136 keV
- c) $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$
- d) $2,18 \times 10^{-18} \text{ eV}$
- e) 13,6 μJ

6. L'unité de masse atomique correspond à :

- a) $1,6 \times 10^{-19} \text{ kg}$
- b) $1,66 \times 10^{-24} \text{ kg}$
- c) $1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$
- d) $1,66 \times 10^{-21} \text{ g}$
- e) 931 MeV / c^2

7. L'énergie cinétique d'un électron vaut $E_C = 8,2 \times 10^{-14} \text{ J}$.
- Son énergie cinétique est négligeable devant son énergie de masse.
 - Sa vitesse vaut $4,2 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 - Sa vitesse est proche de celle de la lumière;
 - Cet électron est relativiste.
 - Il est impossible que l'énergie cinétique de l'électron soit aussi élevée.

	1	2	3	4	5	6	7
a							
b							
c							
d							
e							

Partie 1 : Puissance rayonnée par une source ponctuelle de photons : intensité du rayonnement.

Une source radioactive d'iode 123, considérée comme une source ponctuelle, émet des photons d'énergie $e = 159 \text{ keV}$; son activité vaut $A = 1,5 \times 10^5 \text{ Bq}$.

Le rayonnement est isotrope.

1.1. Calculer le nombre de photons émis par la source en 10 s ; en déduire l'énergie (en eV et en J) émise par la source en 10 s.

1.2. Calculer la puissance (flux énergétique) de la source.

2.1. Calculer l'intensité du rayonnement (en W.m^{-2}) émise par ma source à une distance de 10 cm ; on rappelle que la surface d'une sphère vaut, en fonction de son rayon r , $S = 4 \pi r^2$.

2.2. Calculer l'intensité du rayonnement à une distance de 20 cm, puis à une distance de 40 cm.

2.3. Déterminer la distance à laquelle il faut se placer de la source pour que l'intensité du rayonnement mesurée à 10 cm soit divisée d'un facteur 100.

3. Déterminer le nombre de photons reçus par seconde sur une surface de 1 cm^2 placée à une distance de 50 cm de la source

Partie 2 : rayons X , production et propagation dans la matière

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 la cathode

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'électrode vaut $m = 50,0 \text{ g}$. Calculer l'élévation de température que subirait cet électrode au bout de 10 s en fonctionnement statique ; commenter.

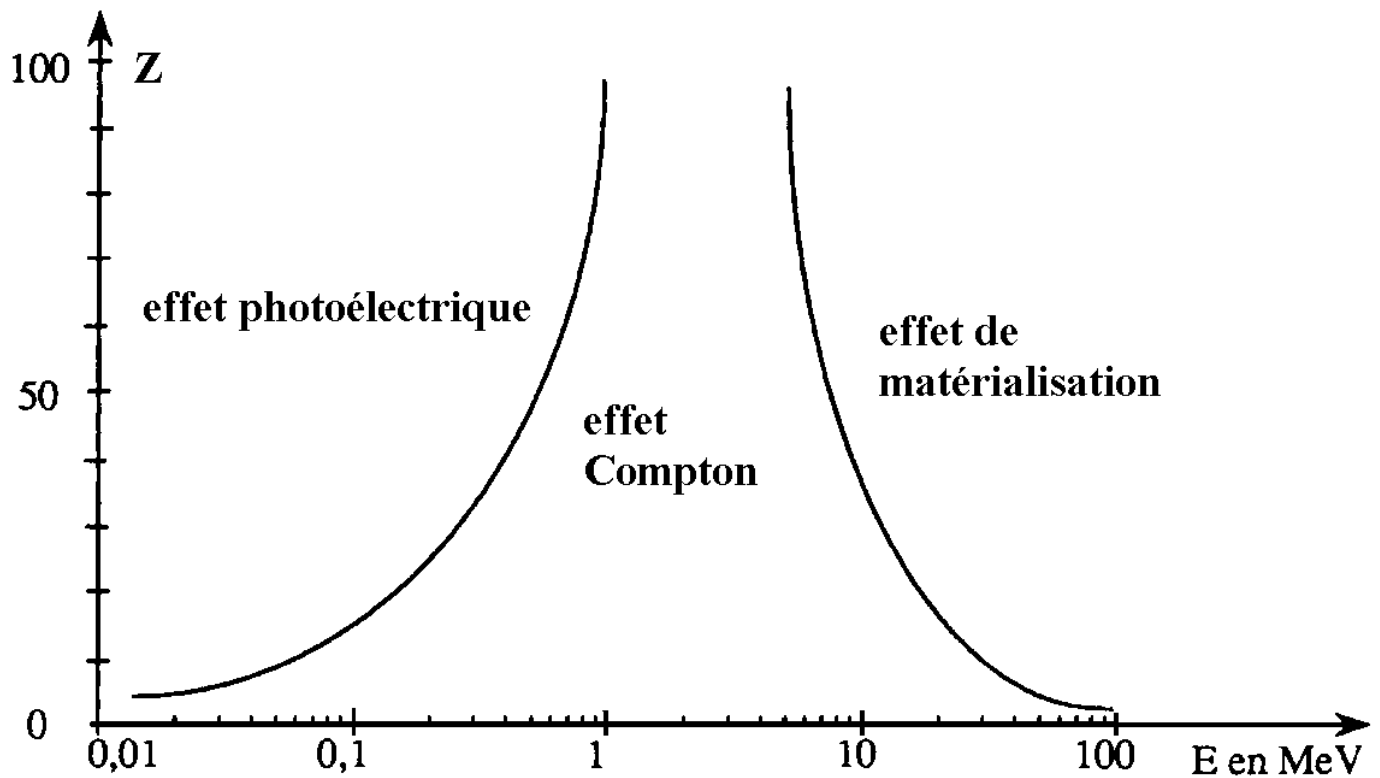
B. Caractéristiques du rayonnement de freinage

1. L'énergie cinétique des électrons émis par la cathode vaut environ 5 eV ; 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 rappelle 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-dessous, 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 sommaire 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 d'un photon et de l'atome de plomb peut ioniser celui-ci.

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

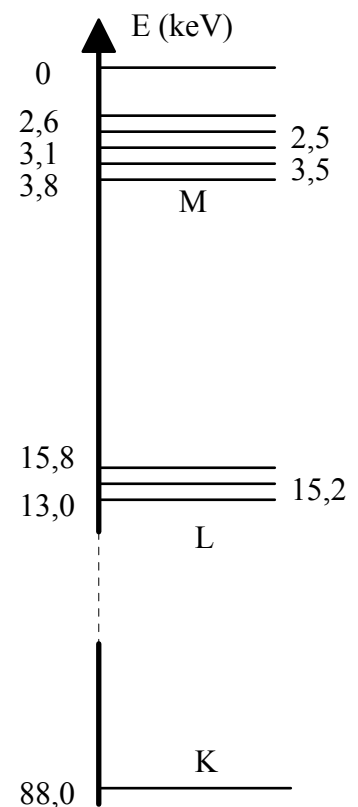
2.2. Quels électrons du nuage atomique vont être concernés par ce type d'interaction ? Justifier.

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 l'émission de photons d'énergie d'environ 73 keV, expliquer leur apparition.

2.5. On observe également l'émission de photons dont l'énergie vaut entre 3,8 et 2,6 keV ; donner une interprétation de ce phénomène.



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 la couche de demi atténuation dans l'eau

2. Le graphe ci-dessous, en **coordonnées logarithmiques**, donne l'évolution du coefficient massique d'atténuation pour le plomb, (en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$). La masse volumique du plomb vaut 11340 kg.m^{-3}

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.

2.3. Calculer l'épaisseur de la couche de déci transmission (l'intensité du faisceau est divisé par 10) pour le plomb, pour ces photons.

2.4. En déduire l'épaisseur de plomb nécessaire à la réduction de l'intensité du faisceau (pour ces photons) au millième de sa valeur.

2.5. Les tabliers de plomb utilisés en radiologie ont cependant des épaisseurs plus importantes ; en exploitant le graphique, justifier cette précaution.

