

IMRT1 : DEVOIR 3 : 0910

Données

$1 \text{ uma (unité de masse atomique)} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
masse de l'électron : $m_e = 9,10 \times 10^{-31} \text{ kg}$ chaleur massique du tungstène : $C = 134 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Niveaux d'énergie du tungstène.

$$E_K = -69,5 \text{ keV} \quad E_L = -12,09 \text{ keV} ; -11,54 \text{ keV} ; -10,20 \text{ keV} \quad E_M \approx -2,4 \text{ keV}$$

Niveaux d'énergie du platine (simplifié)

$$E_K = -78,4 \text{ keV} \quad E_L \approx -12,9 \text{ keV} \quad E_M \approx -3,3 \text{ keV} \quad E_N \approx -2,6 \text{ keV}$$

Exercice 1 : questionnaire à choix multiple

Dans les lignes suivantes, seule une réponse (ou groupe de réponses) A, B, C, D, E est juste.

Compléter le tableau joint par la lettre correspondant à la bonne réponse

1) L'énergie de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental vaut - 13,6 eV Dans le système MKSA, cette valeur devient :

A - $1,6 \times 10^{-9}$ B - $6,02 \times 10^{23}$ C - 0,082 D - $9,1 \times 10^{-31}$ E - $2,17 \times 10^{-18}$

2) L'énergie de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental vaut - 13,6 eV.

Quelle est la valeur de l'énergie (en eV) de l'atome d'hydrogène dans second état excité (niveau $n = 3$) ?

A 0,0 B - 1,5 C - 3,4 D - 13,6 E - 0,5

3) Les états d'énergie d'un électron sont définis par 4 nombres quantiques.

- A Le nombre quantique magnétique varie par valeurs entières de -n à +n
- B Le nombre quantique secondaire prend toutes les valeurs entières de 0 à n-1
- C Le nombre de spin est égal à +1
- D Deux électrons appariés ont leur 4 nombres quantiques identiques
- E Le niveau d'énergie principal est une valeur entière positive.

4) Soit un rayonnement électromagnétique de 150 keV La longueur d'onde du rayonnement exprimée en nanomètre est :

A 15 B 0,008 C 0,015 D 0,75 E 1,8

5) La masse de l'électron vaut $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Des valeurs suivantes, laquelle correspond aussi à la masse de l'électron ?

A $0,511 \text{ MeV} / c^2$ B 0,55 u.m.a C 0,055 u.m.a. D $511 \text{ MeV} / c^2$ E $9,1 \times 10^{-34} \text{ g}$

6) On considère l'élément ${}_{92}^{235}\text{U}$, on a :

- A 235 est le nombre de neutrons
- B 92 est toujours le nombre d'électrons
- C 92 est le nombre de protons
- D 235 est le nombre de protons
- E 143 est le nombre de protons

7) A partir de l'écriture suivante ${}_{53}^{131}\text{I}^-$, on peut déduire :

- 1 Le nombre de nucléons est de 131.
- 2 La masse d'une mole d'atome est 131 g
- 3 La masse réelle d'un atome est 131 u.m.a.
- 4 Il y a 53 électrons dans cet ion.
- 5 Il y a 131 neutrons dans ce noyau.

A 1,2,3 B 1,2,4 C 1,2,5 D 2,3,4 E 3,4,5

- 8) 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 ce laser fonctionne en régime pulsé
 - D ce laser est un laser à trois niveaux
 - E l'énergie des photons émis vaut 4,0 eV
- 9) Les énergies de l'atome d'hydrogène sont données (en électronvolt) par la formule $E_n = 13,6 / n^2$.
- A au niveau $n = 2$, l'énergie de l'atome vaut 1,51 eV
 - B un photon d'énergie 15 eV ne peut pas provoquer l'ionisation de l'atome d'hydrogène
 - C un photon de longueur d'onde 121,7 nm provoque l'ionisation de l'atome d'hydrogène.
 - D lorsque l'atome d'hydrogène, excité au niveau $n = 2$, revient à son état fondamental, la longueur d'onde de la radiation émise vaut 121,7 nm
 - E l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène vaut 3,4 eV
- 10) Un électron accéléré par une différence de potentiel de 10 000 V
- A à une vitesse de $3 \times 10^{10} \text{ m.s}^{-1}$
 - B a une énergie cinétique de 0,2 J
 - C a une énergie totale de 521 keV
 - D a une énergie totale inférieure à 0,511 MeV
 - E doit être considéré comme relativiste

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Exercice 2 : effet photoélectrique, électrons Auger.

1. *Un photon de longueur d'onde $\lambda = 62,1 \text{ pm}$ interagit par effet photo électrique avec un atome de platine en arrachant un électron de la couche L.*

- 1.1. Calculer l'énergie du photon incident (en J et en eV).
- 1.2. Calculer l'énergie cinétique de l'électron émis.
- 1.3. Calculer la vitesse de l'électron.
- 1.4. Ce photon peut-il arracher un électron de la couche K ?

2. *L'atome ionisé revient à son état fondamental en capturant un électron libre du métal.*

Calculer l'énergie (en eV et en J) puis la longueur d'onde du photon émis.

3. *Cette désexcitation se concrétise, pour certains atomes, par l'émission d'un électron "Auger" de type M.*

- 3.1. Représenter cette situation sous forme d'un diagramme d'énergie (simplifié) commenté.
- 3.2. Déterminer l'énergie cinétique (en eV) de cet électron "Auger"

4. Toujours pour le platine, définir ce qu'est un électron Auger LMN ; calculer son énergie cinétique.

Problème : Production de rayons X par un tube de Coolidge.



figure 1

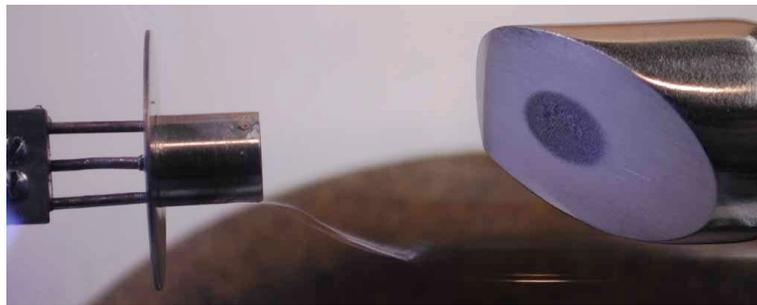


figure 2

*Un tube de Coolidge à anode de tungstène est alimenté sous une tension $U_{AK} = 80,0 \text{ kV}$.
L'intensité du courant anodique vaut $i = 0,50 \text{ mA}$; le rendement du tube vaut 1%.*

1. Accélération des électrons dans le tube.

- 1.1. Identifier la cathode et l'anode sur les figures 1 et 2.
- 1.2. Donner l'ordre de grandeur de l'énergie cinétique des électrons au voisinage de la cathode.
- 1.3. Établir l'expression et calculer l'énergie cinétique (en J et en eV) des électrons à leur arrivée sur l'anode.
- 1.4. Calculer la vitesse de ces électrons en utilisant l'expression classique de l'énergie cinétique.
Calculer la vitesse de ces électrons en utilisant l'expression relativiste de l'énergie cinétique.
Calculer l'écart relatif entre les deux valeurs.
Doit-on considérer que ces électrons sont "relativistes"?

2. Émission de rayons X.

On observe qu'un faisceau de rayons X est émis par l'anode.

- 2.1. Donner la nature de ce rayonnement et le nom du processus physique responsable de sa formation.
- 2.2. Donner l'expression (en la justifiant) de la longueur d'onde des photons les plus énergétiques émis par le tube ; calculer celle-ci.
- 2.3. Expliquer à quoi correspond le point A sur le spectre d'émission du tube (figure 3).
- 2.4. En exploitant le spectre d'émission du tube (figure 3), mesurer l'énergie des photons X les plus nombreux et calculer leur longueur d'onde.

3. Interactions sur la cible.

3.1. Tracer qualitativement le diagramme d'énergie de l'atome de tungstène.

3.2. Expliquer à quel phénomène physique correspondent ce qu'on appelle raies K_α et K_β du tungstène ; calculer leurs énergies et les représenter sur ce diagramme.

3.3. Interpréter qualitativement et quantitativement l'existence des pics figurant sur le spectre (figure 3).

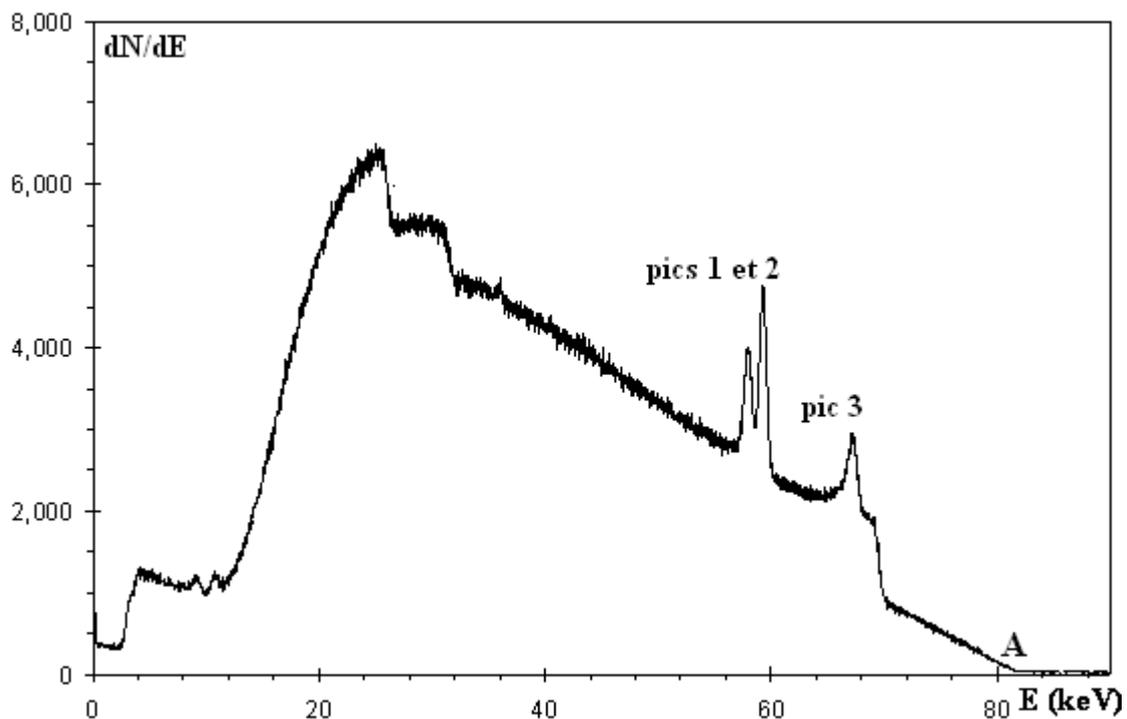


figure 3.

4. Échauffement de l'anode.

4.1. Calculer la puissance consommée par le tube ; en déduire la puissance émise par le tube sous forme de rayonnement.

4.2. Calculer la puissance calorifique absorbée par l'anode.

4.3. La masse de l'anode vaut $m = 10,0 \text{ g}$; calculer son élévation de température pour une durée de fonctionnement de 10 s.

5. Débit d'électrons, de photons et flux énergétique.

5.1. Donner la définition du courant anodique.

5.2. Calculer le débit d'électrons atteignant l'anode.

On suppose que 2% des électrons donnent naissance à un photon X.

5.3. Calculer le débit de photons X émis par le tube.

On suppose que l'énergie moyenne d'un photon X émis vaut 40 keV

5.4. Calculer la puissance émise par le tube sous forme de rayonnement. Comparer ce résultat à celui de la question précédente ; commenter.

6. *Le même tube est alimenté par une tension de 60 kV* ; dessiner l'aspect du spectre d'émission (figure 3) dans ces conditions.