

## Chapitre 1 : Physique nucléaire : généralités

**1. Niveau d'énergie :** Calculer les longueurs d'onde des raies émises par un atome d'hydrogène excité sachant que l'énergie totale de l'électron de la couche  $K$  est égale à  $-13.6$  eV (on considère uniquement  $n=1, 2, 3$ ).

$$\text{Energie d'un niveau orbital : } E_n = \frac{-13.6 \times Z^2}{n^2} (\text{eV}) \quad \text{et} \quad h\nu = h \frac{c}{\lambda} \quad \text{avec} \quad h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ S.I.}$$

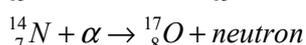
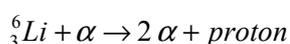
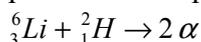
**2. Niveau d'énergie :** Une étude de l'atome de BORE ( $Z = 5$ ) conduit à l'observation d'une radiation de longueur d'onde  $26,4$  nm sachant qu'elle accompagne un saut d'électron de l'orbite  $n+1$  à l'orbite  $n$ . Quelle est le niveau  $n$ ?

**3.** Parmi les radiations suivantes, lesquelles sont capables d'ioniser un électron K de l'hydrogène ?

- A Une radiation de longueur d'onde  $600$  nm.
- B Une radiation de longueur d'onde  $3 \mu\text{m}$ .
- C Une radiation de longueur d'onde  $0,1$  nm.
- D Une radiation de photons d'énergie  $100$  keV.
- E Une radiation de fréquence  $\nu = 2,4 \cdot 10^{19}$  Hz.

## Chapitre 2 : La radioactivité

**4. Transformation nucléaire :** Parmi les réactions suivantes certaines sont impossibles. Lesquelles ? Pourquoi ?



**5. Energie de liaison :** Calculer l'énergie nécessaire pour séparer en protons et neutrons libres les 3 isotopes :  ${}^3_2\text{He}$ ,  ${}^4_2\text{He}$ ,  ${}^5_2\text{He}$

En déduire l'énergie moyenne de liaison par nucléon et comparer la stabilité des 3 isotopes.

On donne en  $u$  les masses atomiques suivantes (on négligera la masse des électrons):

$${}^3_2\text{He} : 3,016\,986$$

$${}^4_2\text{He} : 4,000\,726$$

$${}^5_2\text{He} : 5,013\,890$$

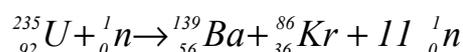
$$p : 1,007276$$

$$n : 1,008\,665$$

**6. Production d'énergie :**

a) Quelle est l'énergie libérée par la fusion d'Hydrogène en Hélium lorsque  $4,032$  g d'  ${}^2_1\text{H}$  sont transformés en  $4,003$  g d'hélium ? Soit  $E$  cette énergie.

b) Quelle quantité d'Uranium 235 fournirait la même énergie  $E$  par fission ? On admettra la réaction de fission suivante :



c) Combien de tonnes de charbon faut-il brûler pour dégager la même énergie  $E$ , la chaleur de combustion du charbon étant de  $33,44 \cdot 10^3$  J/g.

On donne les masses atomiques :  ${}^{235}\text{U}$  :  $235,12$  g ;  ${}^{139}\text{Ba}$  :  $138,92$  g ;  ${}^{86}\text{Kr}$  :  $85,94$  g.

**7. Fusion :** Quelle masse d'Hydrogène le soleil consomme-t-il par seconde sachant que son énergie provient de la réaction nucléaire de fusion :  $2\ {}^1_1\text{H} + 2\ {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He}$  et qu'il rayonne  $5.10^{26}$  watts ?

On donne en u.m.a. :  $m_p = 1,007$  ;  $m_n = 1,009$  ;  $m_\alpha = 4,004$

**8. Filiation radioactive :** La filiation (suite de désintégrations) du Radon jusqu'au Plomb se fait de la manière suivante :



Indiquer les isotopes des 2 éléments :  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ ,  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$

**9. Filiation radioactive :** Combien de particules  $\alpha$  et  $\beta^-$  sont produites dans les 2 filiations radioactives qui conduisent de :



**10.** Un radioélément X possède une masse atomique  $M_X = 90$  et une période  $T = 138\text{s}$ .

Calculer la masse de ce radioélément correspondant à une activité de 1 mCi

(1 Ci =  $3.7.10^{10}$  Bq).

**11.** Calculer la période radioactive d'un radioélément dont l'activité a diminué d'un facteur 16 en 6 jours.

**12.** Calculer la constante radioactive d'un radioélément dont l'activité est passée de 1 Ci à  $1\mu\text{Ci}$  en 12j.

**13.** Soit deux sources radioactives A et B ayant chacune pour période radioactive :

$$T_A = 4 \text{ jours} \quad \text{et} \quad T_B = 16 \text{ jours}$$

A l'instant  $t = 0$  elles ont même nombre d'atomes désintégrables.

a) Comparer les activités au 16<sup>ème</sup> jour.

b) Au bout de combien de temps l'activité de l'une sera le 1/1000 de l'activité de l'autre ?

**14.** Le polonium radioactif  $\alpha$  donne directement du plomb stable  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ .

a) Combien de neutrons et de protons contient le noyau de Polonium ?

b) Donner le nombre d'atomes de Po présents dans une source de 1 mCi .  
(période du Po : 140 jours)

c) Donner l'énergie libérée par une telle source pendant la première seconde.  
(énergie des particules : 4,8 MeV)

d) Quel volume d'Hélium produira une source de 1 Ci de Po en 70 j ? en 140 j ?  
(une mole de gaz occupe 22,4 litres)

**15. a)** Un élément de l'atmosphère bombardé par des neutrons engendre selon une réaction ( $n, p$ ), le radiocarbone de nombre de masse 14. Quel est cet élément?

(écrire la réaction nucléaire)

**b)** Sachant que les isotopes stables du carbone sont  ${}^{12}\text{C}$  et  ${}^{13}\text{C}$ , par quel processus le carbone 14 est-il radioactif ?

**c)** Dans une fouille archéologique on a trouvé des restes de bois. L'analyse isotopique a montré qu'ils contenaient 16 fois moins de  ${}^{14}\text{C}$  que la teneur actuelle du bois. Quel est l'âge approximatif de ces restes de bois sachant que la période du  ${}^{14}\text{C}$  est de 5700 ans ?

**16.** L'indium  ${}^{117}_{49}\text{In}$  est radioactif et se désintègre vers l'étain Sn par émission  $\beta^-$  suivie de deux  $\gamma$  en cascade d'énergies respectives 0,560 et 0,160 MeV .

a) Donner l'équation de désintégration.

b) Calculer l'énergie cinétique maximale emportée par l'électron  $\beta^-$  (en MeV).

On donne : masse atomique de l' $^{117}_{49}\text{In}$  : 116,005 u. ; du  $\text{Sn}$  : 116,003 u.  
 énergie de masse de  $\beta^-$  : 0,511 MeV

### Chapitre 3 : Interaction rayonnement-matière

- 17.** Calculer le TEL (ou T.L.E.) dans l'air de particules d'énergie cinétique 1.2 MeV, sachant que le DLI (ou ionisation spécifique) est de 40000 ionisations par cm. En déduire leur parcours moyen.  
*On donne :  $\omega(\text{air}) = 33 \text{ eV}$ .*
- 18.** a) Calculer le nombre d'ionisations  $I_i$  créées par une particule de 5.2 MeV, dans l'air et dans le silicium. *On donne :  $\omega(\text{air}) = 33 \text{ eV}$  et  $\omega(\text{silicium}) = 3.6 \text{ eV}$ .*  
 b) Cette particule crée en moyenne dans l'air 3000 paires d'ions par mm et un  $\beta^-$  de 1 MeV crée 45 paires d'ions par cm. Calculer leur parcours moyen respectif.
- 19.** Une particule de 5 MeV a un T.E.L. moyen de 100 keV/mm dans l'eau.  
 a) Calculer la longueur moyenne de sa trajectoire.  
 b) Calculer le DLI (ou  $I_s$ ) sachant qu'il faut 33 eV pour créer une paire dans l'eau.
- 20.** Un faisceau de particules accélérées possède les propriétés suivantes :  
 - traversant une chambre de Wilson les trajectoires sont rectilignes et à forte densité d'ionisations ( $10^4$  ionisations par cm).  
 - bombardant une cible de Bore :  $^{10}_5\text{B}$ , on observe une réaction nucléaire dont les produits sont  $^{11}_6\text{C}$  et un neutron.  
 a) Quelle est la nature des particules composant le faisceau ?  
 b) Quel est leur T.L.E. dans l'air en keV/mm et l'ordre de grandeur de leur T.E.L. dans l'eau en keV/ $\mu\text{m}$  sachant que la densité de l'air est  $1.3 \cdot 10^{-3}$  fois celle de l'eau?
- 21. Ralentissement des neutrons par la matière.** Dans un réacteur nucléaire sont émis un grand nombre de neutrons d'énergie voisine de 1 MeV. On désire les ralentir jusqu'à ce qu'ils soient thermiques, c'est-à-dire d'énergie cinétique moyenne  $3/2 kT$  ( $T$  est la température ambiante, 300 K et  $k$  la constante de Boltzman  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ). Le ralentissement des neutrons se produit par choc élastique avec les noyaux.  
 a) Quelle est l'énergie maximale perdue par un neutron au cours d'un choc avec un noyau de nombre de masse  $A$ .  
 b) A.N.: pour  $A = 1, 10, 100$ , quel est le nombre moyen de chocs nécessaires pour thermaliser des neutrons de 1 MeV, en admettant qu'en moyenne l'énergie perdue par un neutron lors d'un choc est la moitié de celle calculée ci-dessus ? Conclusion.
- 22. Le C.D.A.** d'un faisceau monochromatique de RX est 0.2 cm de plomb. Quelle épaisseur de ce métal faut-il interposer pour réduire l'énergie transportée par ce faisceau au 1/1000 de sa valeur?
- 23. Effet photoélectrique :** Calculer la longueur d'onde du seuil photoélectrique pour le zinc dont l'énergie d'ionisation est de 3.4 eV (constante de Planck :  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ S.I.}$ ).
- 24. Effet photoélectrique :** On éclaire une plaque de calcium métallique à l'aide d'une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 400 \text{ nm}$ . Calculer la vitesse maximum des photoélectrons sachant que le potentiel d'arrachement d'un électron à la surface du calcium est de 2.7 eV (masse de l' $e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ).
- 25. Effet Compton :** Dans une interaction Compton quelle est l'énergie maximum emportée par les électrons si la longueur d'onde des photons incidents est de 0.1 Å ?

**26. Effet de matérialisation :** Calculer l'énergie cinétique des deux électrons créés par effet de matérialisation provoqué par un photon X d'énergie 3.02 MeV.