



EXAMEN TERMINAL DE PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE

Vendredi 29 juin 2011 - Durée 3h

TOUT DOCUMENT INTERDIT – PARTIES INDEPENDANTES

FACTEUR DE LANDE

Soit $\{|n, l, j, m_j\rangle\}$ le système de vecteurs propres communs aux opérateurs \vec{L}^2 , \vec{J}^2 , \vec{S}^2 et J_z .
On se propose de calculer les éléments matriciels diagonaux de l'opérateur S_z dans ce système de vecteurs propres.

1. Après avoir explicité la nature physique de \vec{J} , montrer que ce vecteur est conservatif.
2. Si l'on représente classiquement le spin \vec{S} par un vecteur, ce dernier précesse autour de \vec{J} dans un état non perturbé. Par raison de symétrie, la valeur moyenne $\langle \vec{S} \rangle$ de \vec{S} est un vecteur dirigé selon \vec{J} . Exprimer $\langle \vec{S} \rangle$ en fonction de \vec{J} .
3. On pose $\hbar m_j (g - 1) = \langle n, l, j, m_j | S_z | n, l, j, m_j \rangle$, avec g le facteur de Landé. Le déterminer en fonction de j , l et s .

ATTENUATION D'UN FAISCEAU PARALLELE DE PHOTONS PAR LA MATIERE

Le flux d'un faisceau de rayons X, d'énergie 100 keV, est de 10^5 photons s^{-1} .

1. Que devient ce flux quand le faisceau traverse un écran de 1 mm d'épaisseur de plomb dont on donne le coefficient d'atténuation linéaire $\mu = 50 \text{ cm}^{-1}$ pour les radiations considérées ?
2. Quelle est l'énergie de chaque photon émergeant après la traversée de l'écran ?
3. Rappeler la définition de la couche de demi-atténuation $x_{1/2}$.
4. Donner la relation entre $x_{1/2}$ et μ .
5. Sachant que le $x_{1/2}$ du plomb est de 3 mm pour des photons d'énergie 300 keV, quelle doit être l'épaisseur d'un écran de plomb pour absorber 95 % de l'intensité d'un faisceau de tels photons ?
6. Pourquoi le $x_{1/2}$ du plomb a-t-il changé entre la question 1 et la question 5 ?
On considère un alliage de cuivre et d'aluminium (70% en volume de Cu et 30 % d'Al). On fabrique un écran dans cet alliage, écran que l'on interpose devant un faisceau de photons monochromatiques d'énergie 100 keV. Pour les photons de cette énergie, les coefficients d'atténuation linéaire sont respectivement $\mu_{Cu} = 4,5 \text{ cm}^{-1}$ et $\mu_{Al} = 0,5 \text{ cm}^{-1}$.
7. Dans quelle proportion le flux de photons diminue-t-il après passage à travers l'écran d'épaisseur 1,4 cm ?

DATATION PAR LA METHODE POTASSIUM - ARGON

Les roches volcaniques contiennent du potassium dont un isotope, le ${}^{40}_{19}K$ est radioactif. Une proportion de 10,72 % du ${}^{40}_{19}K$ se désintègre en ${}^{40}_{18}Ar$ par capture électronique, le reste du potassium ${}^{40}_{19}K$ subissant une désintégration β^- pour donner du ${}^{40}_{20}Ca$. La période de demi-vie du ${}^{40}_{19}K$ résultant de ces deux modes de désintégration est $T_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9$ ans. On fera l'hypothèse que les masses nucléaires de ${}^{40}_{19}K$ et ${}^{40}_{18}Ar$ sont égales.

1. Expliquer le mécanisme de capture électronique.
2. Ecrire la réaction de capture subie par le ${}^{40}_{19}K$ et conduisant au ${}^{40}_{18}Ar$.

Lors d'une éruption volcanique, la lave au contact de l'air perd l' ${}^{40}_{18}Ar$; c'est le dégazage. A la date de l'éruption, la lave ne contient plus d'argon, celui-ci réapparaissant dans le temps, suivant le mécanisme de capture décrit plus haut. L'analyse d'un échantillon de basalte de masse 1 kg montre qu'il contient 1,4900 mg de ${}^{40}_{19}K$ et 0,0218 mg de ${}^{40}_{18}Ar$.

3. Ecrire la loi d'évolution dans le temps de la masse de ${}^{40}_{19}K$, et en déduire celle régissant la masse d'argon. On appellera $m_K(0)$ la masse initiale du potassium.
4. Quelle était la masse totale de ${}^{40}_{19}K$ par kg de basalte à la date de l'éruption volcanique ?
5. Quelle est la date approximative de l'éruption ?