



EXAMEN TERMINAL DE PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE

Vendredi 27 mai 2011 - Durée 3h

TOUT DOCUMENT INTERDIT – PARTIES INDEPENDANTES

SPECTRE DE L'ATOME DE GERMANIUM : ${}_{32}\text{Ge}$

I - Configuration électronique fondamentale

1. Montrer que la configuration électronique fondamentale de l'atome de germanium de numéro atomique $Z = 32$ est de type np^2 .
2. Déterminer les termes LS associés à cette configuration fondamentale ainsi que les valeurs des moments J des niveaux d'énergie.
3. Donner l'expression et la valeur de la dégénérescence de chaque niveau J en fonction de J . En déduire la dégénérescence totale associée à cette configuration.

II - Configuration excitée

1. On considère l'excitation électronique du Germanium à partir de sa configuration fondamentale et qui correspond au passage d'un électron $4p$ vers une sous-couche $5s$. Ecrire cette configuration excitée.
2. Déterminer les termes LS associés à cette configuration ainsi que les niveaux J . Doit-on faire intervenir le principe d'exclusion de Pauli ? Justifier.
3. Donner la dégénérescence de chaque niveau et la dégénérescence totale.

III - Emissions dipolaires électrique

1. Justifier avec des arguments sur les moments orbitaux qu'il peut y avoir des transitions dipolaires entre ces deux configurations.
2. En supposant que les orbitales de cœur vont jusque la sous-couche $4s^2$ incluse et que la charge effective 'vue' par l'électron $5s$ est $Z_{5s}^* = 3,34$ et celle d'un électron $4p$ est $Z_{4p}^* = 3,44$, quelle doit être l'énergie du photon issu de la transition dipolaire $4p5s \rightarrow 4p^2$ si l'on ne tient pas compte de la structure fine ni hyperfine. S'agit-il d'un photon visible, UV, X ou infrarouge ?
3. Pour déterminer si une transition radiative dipolaire est permise et ou non par un couplage quelconque, il faut appliquer la règle de sélection suivante entre les niveaux d'énergie J et J' : $\Delta J = 0, \pm 1$ et la transition $J = 0 \rightarrow J = 0$ est spécifiquement interdite. Quel est le nombre N_1 de transitions dipolaires électriques possibles entre les niveaux J' de la configuration excitée et J de la configuration fondamentale étudiées précédemment pour le Germanium ? Faire un diagramme.

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 ?