



Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires

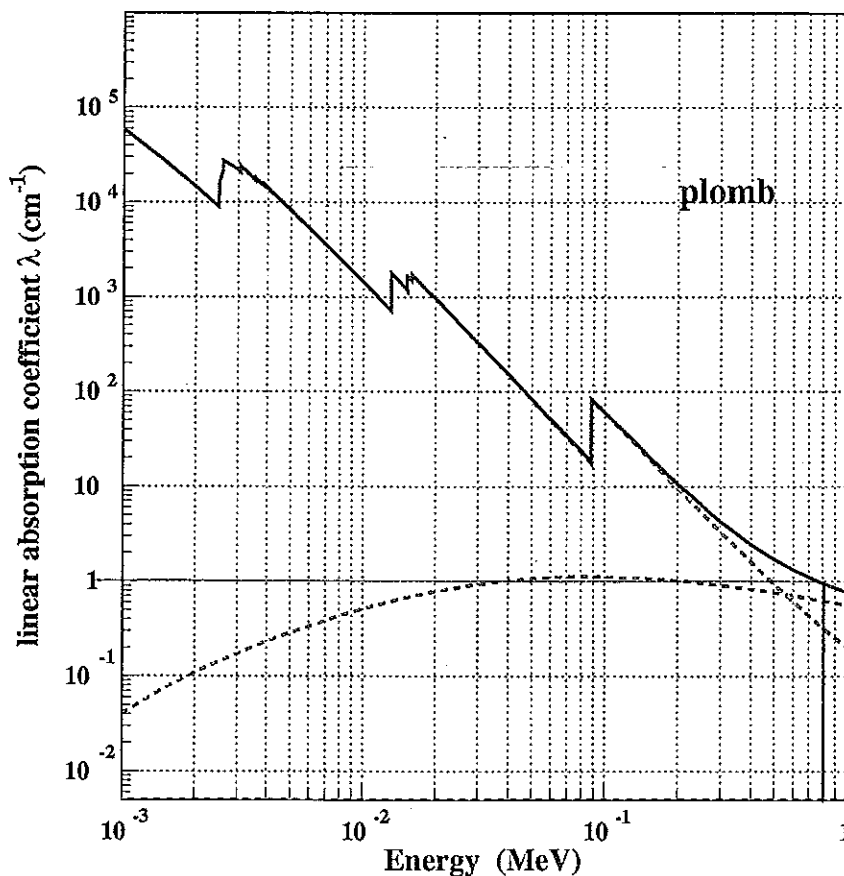
Concours d'entrée au DQPRM
Epreuve de Physique des Rayonnements (1h30)
jeudi 1er mars 2007 de 9h30 à 11h00

Cet examen est prévu sans document. Des réponses courtes, sans développement inutile sont recommandées. Le temps attribué à chaque question est indicatif du niveau de détail attendu par le correcteur.

1. Question n°1 - (30 minutes)

La source radioactive de Polonium (^{210}Po) émet un rayonnement α de 5,3 MeV et un rayonnement γ de 800 keV. On range cette source dans un château de plomb.

1. Quel est l'ordre de grandeur du parcours des α dans de l'eau ?
2. Détailler ce que représente le graphe ci-dessous et décrire, au moyen de schémas simples, les phénomènes mis en jeu lors de l'interaction dans le plomb des rayonnements γ issus de la source considérée.
3. A l'aide de ce graphe, calculez l'épaisseur x de plomb nécessaire pour arrêter 90% du rayonnement γ . La masse volumique du plomb est égale à : $11,35 \text{ g.cm}^{-3}$.
4. Quel dispositif utiliseriez-vous pour détecter le rayonnement gamma et identifier le radionucléide ? Le justifier.



2. Question n°2 - (30 minutes)

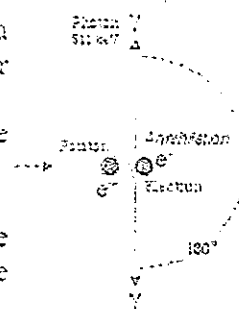
L'acolinéarité des gammas d'annihilation

On trouve dans la littérature que lors de l'annihilation d'un positron dans la matière, la paire de photons est émise selon un angle moyen de 180° , pour une largeur totale à mi-hauteur (FWHM) de 0.5° .

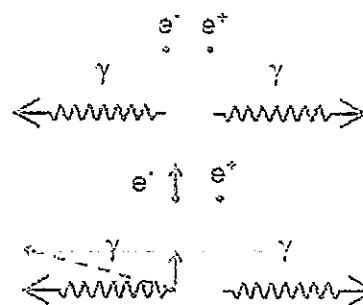
En utilisant un modèle très simple, on va chercher à retrouver l'ordre de grandeur de la dispersion des photons.

On suppose dans la suite que le positron a perdu toute son énergie cinétique au moment où il s'annihile avec un électron. Par contre, cet électron en orbite autour du noyau est animé d'une quantité de mouvement $\vec{p} \neq \vec{0}$.

Les conditions de quantification du moment orbital L des électrons relient le rayon r de l'orbite électronique et la quantité de mouvement p des électrons à un nombre entier de fois la constante de Planck réduite $\hbar$ par la formule $L = p \times r = n \times \frac{\hbar}{2\pi}$.



- Quel est l'ordre de grandeur du rayon r de l'orbite d'un électron sur une couche K ?
- Calculer la quantité de mouvement d'un électron sur la couche K (on prendra $n=1$ dans la formule de la quantification du moment orbital). On exprimera cette quantité de mouvement en keV/c .
- Dans la figure ci-contre, l'électron et le positron sont exactement au repos (état initial, en haut). Quelle est l'énergie des deux photons émis lors de l'annihilation (état final, en bas) ?



On introduit maintenant la quantité de mouvement p de l'électron en orbite, calculée à la question b).

Cette quantité de mouvement p est représentée sous la forme d'une flèche, qui est verticale sur la figure ci-contre.

- Quelle est la valeur maximale, en degrés, de l'angle entre l'axe horizontal pris comme référence et la direction effective prise par le photon représentée en pointillés ? (l'angle est maximal, comme sur la figure, lorsque la quantité de mouvement de l'électron est perpendiculaire à la direction du photon émis.)
- En déduire l'ordre de grandeur $\Delta\theta$ de la dispersion sur l'angle entre les deux photons d'annihilation dans la matière.
- Comparer à la valeur FWHM de 0.5° et conclure.

Données :

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\hbar c = 197 \text{ MeV.fm}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$m_e = 511 \text{ keV } c^2$$

$$\text{Rayon de Bohr} =$$

$$\frac{4\pi\epsilon_0}{m_e c^2} \times \frac{\hbar^2}{e^2} = 0.529 \times 10^{-10} \text{ m}$$

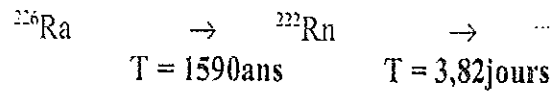
3. Question n°3 - (30 minutes)

1°) Donner les réactions de désintégration d'un noyau ${}^A_Z M$ pour les radioactivités α , β^+ et β^- .

2°) Décrire le phénomène de capture électronique.

3°) Donner la définition de l'énergie de liaison E_L d'un noyau atomique ${}^A_Z M$. Que peut-on dire de la stabilité d'un noyau atomique en fonction de la valeur de E_L .

4°) Soit la chaîne de désintégration suivante :



4-a°) Calculer la masse de Radon (Rn) en **équilibre séculaire** avec 1 g de Radium (Ra).

4-b°) Le Radon étant un gaz, calculer le volume occupé par le Radon dans des conditions standards de température et de pression.