

I - Astrophysique nucléaire

1 – Questions de cours

- a – Donner et décrire brièvement les termes du modèle de la goutte liquide.
- b – Ecrire la relation qui permet de calculer le taux volumique d'une réaction nucléaire à partir de la section efficace, du flux de particules incidentes et de la densité de particules cibles.
- c – Quelles sont les différentes étapes des réactions résonantes ?

2 – Emissivité et flux gamma des novae

Une feuille d'or d'épaisseur $e = 0,1 \text{ mm}$ est irradiée par un faisceau de neutrons thermiques d'intensité $\Phi = 10^{12} \text{ neutrons cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. L'irradiation dure 10 minutes. Le noyau radioactif ^{198}Au , de demi-vie $T_{1/2} = 2,7 \text{ jours}$, est produit lors de la réaction d'activation $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ dont la section efficace est $\sigma = 98,7 \text{ barns}$ pour les neutrons considérés. La masse volumique de l'or constituant la feuille est de $19,3 \text{ g cm}^{-3}$ et la composition isotopique de l'or naturel ^{197}Au est de 100 %.

- a - Si l'on désigne par ρ le nombre d'atomes d'or présents par unité de volume de cible, établir la relation donnant N le nombre d'atomes radioactifs ^{198}Au par unité de surface de feuille irradiée en fonction du temps. On pourra poser n le nombre de réactions d'activation se produisant par unité de surface et par unité de temps.
- b - En déduire l'expression de l'activité A par unité de surface en fonction du temps.
- c - Si l'activation prend fin à l'instant $t = t_f$, établir l'expression de cette même activité par unité de surface pour un instant t^* postérieur à t_f .
- d - Application numérique : calculez les activités par unité de surface à la fin de l'irradiation puis 2.7 jours après la fin de l'irradiation pour $\rho = 5.9 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ et $n = 5.82 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

On donne : $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$.

II - Astroparticules

1 – Questions de cours

a – Etablir la liste des fermions élémentaires en précisant leur symbole et leur charge électrique.

b – Donner la liste des bosons de jauge en précisant leur symbole et le nom de l'interaction associée.

c – Pour chaque processus listés ci-dessous, dire s'il est permis ou non par les lois de conservation des nombres quantiques. Justifier votre réponse dans le cas négatif. Dans le cas positif, donner l'interaction responsable du processus.

i) $\tau^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$

ii) $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$

iii) $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$

2 – Création de paire électron positron dans une collision $\gamma\gamma$

Soit deux photons d'énergie E_1 et E_2 qui se croisent avec un angle d'incidence θ . Calculer la relation entre les énergies des photons, θ et l'énergie de masse de l'électron pour que la réaction de création de paire électron-positron soit possible ($\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$). Commenter le résultat.

Application numérique : Quelle est l'énergie seuil de cette réaction pour un photon rencontrant un photon du rayonnement diffus cosmologique ($T = 3 \text{ K}$) avec $\theta = \pi/2$?

On donne :

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

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