

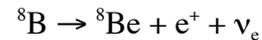
I - Astrophysique nucléaire

1 – Questions de cours

- a – Quelles sont les différentes étapes des réactions résonnantes ?
- b – Qu'est ce que le facteur astrophysique ?

2 – Emission des neutrinos solaires

Les modèles de nucléosynthèse solaire prédisent un taux de décroissance ${}^8\text{B} \rightarrow {}^8\text{Be} + e^+ + \nu_e$ de $1.63 \times 10^{34} \text{ s}^{-1}$. Cette réaction fait partie de la chaîne ppIII :



- a – Déduire de ce taux de décroissance la masse d' ${}^4\text{He}$ produit par seconde par la chaîne ppIII. Quelle durée faudrait il pour produire $0.1 M_{\odot}$ d' ${}^4\text{He}$? Discuter alors de la contribution de la chaîne ppIII dans le processus de synthèse de l' ${}^4\text{He}$ par le Soleil.
- b – A partir du taux de décroissance du ${}^8\text{B}$, calculer le flux de ν_e qui arrivent sur Terre.
- c – L'expérience SNO (Solar Neutrino Observatory, Canada), constituée de 1000 tonnes d'eau lourde (D_2O), détecte les ν_e du ${}^8\text{B}$ par la réaction $\nu_e + d \rightarrow p + p + e^-$, en détectant le rayonnement Cérenkov produit par l'électron dans l'eau.

- (i) Expliquer en quelques lignes ce qu'est le rayonnement Cérenkov.
- (ii) Calculer le nombre de détections par seconde sachant que pour ces ν_e la section efficace de la réaction $\nu_e + d \rightarrow p + p + e^-$ est $\sigma \approx 2.4 \times 10^{-43} \text{ cm}^2$.
- (iii) Quel est le nombre de détections pour une durée d'observation de 951 jours ?
- (iv) En 951 jours, l'expérience SNO a détecté 2010 événements dus à la réaction $\nu_e + d \rightarrow p + p + e^-$. Expliquer la différence avec le résultat obtenu en (iii).

N.B.: 1 masse solaire = $1 M_{\odot} = 2 \times 10^{33} \text{ g}$, distance Soleil-Terre = $1.496 \times 10^{11} \text{ m}$,
 $N_A = 6 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$, $A_{\text{D}_2\text{O}} \approx 20 \text{ g/mole}$, $m_{4\text{He}} \approx 6.68 \times 10^{-24} \text{ g}$

II - Physique des particules

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) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$

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

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

2 – Interaction photon-photon

Soit deux photons d'énergie E_1 et E_2 qui se croisent avec un angle d'incidence θ .

a - 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 ($\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$) soit possible. Commenter le résultat.

b - 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 :

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

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