

TD 3

1 – Chaîne de décroissances radioactives

Un isotope (1) décroît vers un isotope (2) qui décroît vers un isotope (3). Calculer le nombre d'isotopes (2) en fonction du temps sachant qu'à l'instant $t = 0$ on a $N_1 = N_{10}$ et $N_2 = 0$.

a - Tracer N_2 en fonction du temps en supposant que $\tau_1 < \tau_2$.

b - Discuter de la forme de $N_2(t)$ si $\tau_1 \ll \tau_2$ et $\tau_1 \gg \tau_2$.

2 – Luminosité des supernovae de type Ia

On estime qu'une masse $M_{56} = 0.6 M_*$ de ^{56}Co est produite lors d'une explosion de supernova de type Ia. Cet isotope (masse : 55.939843 u) décroît vers le ^{56}Fe (masse : 55.934941 u) avec une demi-vie de 77.3 jours. Pour simplifier, on suppose que 20% des décroissances se font par β^+ vers l'état excité du ^{56}Fe d'énergie 2.1 MeV. 80% des décroissances se font par capture électronique avec 56% d'entre elles qui aboutissent à l'état excité d'énergie 4.0 MeV et 44% vers l'état d'énergie 3.45 MeV.

a – Calculer le taux de décroissance radioactive à l'instant de l'explosion.

b – Le ^{56}Co décroît dans l'enveloppe de la supernova. L'enveloppe est suffisamment dense pour absorber l'énergie des photons et des positrons. Par contre les neutrinos s'en échappent. Quelle est la puissance déposée dans cette enveloppe à l'instant de l'explosion ?

N.B. Les ν et les e^+ se partagent approximativement l'énergie cinétique des décroissances β^+ .

c – Cette puissance chauffe l'enveloppe et finit par être rayonnée dans le visible. Calculer la luminosité de la supernova en unité de luminosité solaire L_* . Comment varie cette luminosité en fonction du temps ?

d – Sachant que la masse moyenne des étoiles dans les galaxies est $1 M_*$ et que la masse moyenne d'une galaxie est $10^{10} M_*$. Calculer la luminosité moyenne d'une galaxie. Comparer avec la luminosité d'une supernova.

On donne :

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ moles,}$$

$$1 u = 931.49432 \text{ MeV}/c^2,$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C,}$$

$$1 M_* = 2 \cdot 10^{33} \text{ g,}$$

$$1 L_* = 3.8 \times 10^{26} \text{ W,}$$

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