Bac S Pondichéry 2011 EXERCICE 3 : Laser Mégajoule (4 points)

Correction © http://labolycee.org

Questions générales sur la radioactivité

3.1.*(0,25)* «...Les noyaux de même charge électrique de deutérium et de tritium, qui naturellement se repoussent...». Il s'agit de l'interaction **électrique coulombienne**, répulsive ici, entre les noyaux de deutérium et de tritium.

3.2.*(0,25)* L'interaction assurant la cohésion du noyau est l'**interaction forte**. Cette interaction est attractive entre les nucléons du noyau quelle que soit leur charge électrique.

3.3.1.*(0,25)* Un noyau radioactif est un noyau instable qui se désintègre spontanément avec émission de particules et de rayonnements.

3.3.2.*(0,25)* Deutérium ${}_{1}^{2}H$: 1 proton et (2 – 1) = 1 neutron

Tritium ${}_{1}^{3}H$: 1 proton et (3 – 1) = 2 neutrons

Ces deux noyaux sont **isotopes** car ils possèdent le même nombre de proton, mais des nombres de neutrons différents.

3.3.3.*(0,25)* Désintégration β^- du noyau de tritium ${}_{1}^{3}H$ soit désintégration avec émission d'un électron : ${}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{Z}^{A}X + {}_{-1}^{0}e$

Conservation du nombre de charge Z : $1 = Z - 1 \Rightarrow Z = 2$ (élément hélium)

Conservation du nombre de nucléons A : $3 = A + 0 \Rightarrow A = 3$

Donc ${}_{Z}^{A}X = {}_{2}^{3}He$

3.4.*(0,5)* La loi de décroissance radioactive donne : $N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$ avec $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

ainsi $\boxed{N(t) = N_0.e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t}}$.

N(t=6 ans) = $6{,}02\times10^{23}\times e^{-\frac{\ln 2}{12}\times 6}$ = $\mathbf{4{,}26\times10^{23}}$ **noyaux**.

3.5.*(0,25)* La radiation émise par les lasers a une longueur d'onde λ = 351 nm, comme λ < 400 nm, cette radiation appartient aux ultraviolets.

3.6.*(0,5)* $\Delta E = h.\nu = \dfrac{h.c}{\lambda}$

soit $\Delta E = \dfrac{6{,}62\times10^{-34}\times3{,}00\times10^{8}}{351\times10^{-9}}$ = $\mathbf{5{,}66\times10^{-19}}$ **J**

Étude de la réaction de fusion

3.7.*(0,25)* Un noyau de tritium $^{3}_{1}H$ se combine avec un noyau de deutérium $^{2}_{1}H$ pour former un noyau d'hélium $^{4}_{2}He$ et un neutron $^{1}_{0}n$: $^{3}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

3.8.*(0,25)* Soit la masse de deutérium m = 0,40 mg, soit la masse de tritium M, soit la masse d'un noyau de deutérium $m(^{2}_{1}H)$, soit la masse d'un noyau de tritium $m(^{3}_{1}H)$, soit la masse molaire nucléaire du deutérium $M(^{2}_{1}H)$, soit la masse molaire nucléaire du tritium $M(^{3}_{1}H)$.
Pour que tout le deutérium soit consommé, il faut une quantité de tritium respectant les proportions stœchiométriques : $n(^{3}_{1}H) = n(^{2}_{1}H)$ ainsi $\dfrac{M}{M\left(^{3}_{1}H\right)} = \dfrac{m}{M\left(^{2}_{1}H\right)}$

$$M = \frac{m}{M\left(^{2}_{1}H\right)}.M\left(^{3}_{1}H\right) = \frac{m}{N_A.m\left(^{2}_{1}H\right)}.N_A.m\left(^{3}_{1}H\right) = \frac{m}{m\left(^{2}_{1}H\right)}.m\left(^{3}_{1}H\right)$$

$M = 0{,}40\times\dfrac{3{,}01355}{2{,}01355} = 0{,}59865$ mg = **0,60 mg**

3.9.*(0,5)* Énergie libérée par la fusion $^{3}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

$E_{lib} = [\, m(^{4}_{2}He) + m(^{1}_{0}n) - m(^{3}_{1}H) - m(^{2}_{1}H)].c^2$
$E_{lib} = [4{,}00150 + 1{,}00866 - 3{,}01355 - 2{,}01355].u.c^2$
$E_{lib} = [4{,}00150 + 1{,}00866 - 3{,}01355 - 2{,}01355].u.c^2$
$E_{lib} = -\,0{,}01694.u.c^2$
$E_{lib} = -\,0{,}01694\times1{,}66054\times10^{-27}\times(3{,}00\times10^{8})^2$
$\mathbf{E_{lib} = -\,2{,}53\times10^{-12}\ J}$
L'énergie libérée est **négative** car elle est **perdue** par le système.
L'énergie **reçue** par le milieu extérieur est **positive** et égale à $\mathbf{2{,}53\times10^{-12}}$ **J.**

Or 1 eV = $1{,}60\times10^{-19}$ J sachant que 1 MeV = 10^{6} eV alors 1 MeV = $1{,}60\times10^{-13}$ J
Donc $\mathbf{E_{lib}} = -\dfrac{2{,}53\times10^{-12}}{1{,}60\times10^{-13}}$ = **– 15,8 MeV.**

3.10.*(0,25)* La masse m = 0,40 mg de deutérium contient un nombre de noyaux égal à $N(^{2}_{1}H) = n(^{2}_{1}H).N_A$, soit $N(^{2}_{1}H) = \dfrac{m}{M(^{2}_{1}H)}.N_A = \dfrac{m}{m(^{2}_{1}H).N_A}.N_A = \dfrac{m}{m(^{2}_{1}H)}$

$N(^{2}_{1}H) = \dfrac{0{,}40\times10^{-3}}{2{,}01355\times1{,}66054\times10^{-27}\times10^{3}} = 1{,}1963\times10^{20} = 1{,}2\times10^{20}$ noyaux.

1 noyau de deutérium libère $2{,}53\times10^{-12}$ J lors de la fusion.
$1{,}2\times10^{20}$ noyaux de deutérium libèrent donc une énergie égale à :
$1{,}2\times10^{20}\times2{,}53\times10^{-12}$ J = $\mathbf{3{,}0\times10^{8}\ J}$

3.11.*(0,25)* L'énergie nécessaire au déclenchement de la fusion est **1,8 MJ**.
L'énergie libérée par la fusion est $\mathbf{3{,}0\times10^{8}}$ **J** soit **300 MJ.**
La fusion à l'aide du laser Megajoule libère environ 167 fois plus d'énergie qu'elle n'en consomme, d'où son intérêt.