

LYCEE HEDI CHAKER
SFAX

PROF : MAALEJ MOHAMED HABIB

Tel: 95 256 783
58 256 783

PHYSIQUE

3^{ème} PARTIE DU PROGRAMME : PHYSIQUE ATOMIQUE ET NUCLEAIRE
SERIE N° 10 : LE NOYAU ATOMIQUE - LES REACTIONS NUCLEAIRES

CLASSES : 4^{ème}
MATH, SC-EXP, SC-TCH, SC-INFO

EXERCICE N°23:

On donne :

* / Masse d'un proton $m_p = 1,00727 \text{ u}$ * / Masse d'un neutron : $m_n = 1,00867 \text{ u}$

* / $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ * / Masse de la particule ${}^A_Z X : m_X = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ u}$.

* / Masse du noyau de Cobalt ${}^{60}_{27}\text{Co} : m_{\text{Co}} = 59,91901 \text{ u}$.

* / masse du noyau de Nickel ${}^{60}_{28}\text{Ni} : m_{\text{Ni}} = 59,915439 \text{ u}$

L'isotope ${}^{60}_{27}\text{Co}$ du Cobalt est radioactif de période T. Il se désintègre en donnant une particule ${}^A_Z X$ et l'isotope ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ du Nickel.

1°) Définir l'unité de masse atomique et l'exprimer en fonction du nombre d'Avogadro. En déduire que : $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

2°) Qu'appelle-t-on désintégration ?

3°) Déterminer A et Z en précisant les lois utilisées. Identifier la particule ${}^A_Z X$. Expliquer l'origine de cette particule.

4°) a) Définir l'énergie de liaison E_l d'un noyau atomique.

b) Calculer en MeV le défaut de masse du noyau ${}^{60}_{27}\text{Co}$. En déduire son énergie de liaison E_{l1} .

c) comparer la stabilité des noyaux ${}^{60}_{27}\text{Co}$ et ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ sachant que l'énergie de liaison du noyau ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ est $E_{l2} = 526,8201 \text{ MeV}$. Peut-on prévoir ce résultat sans calcul.

5°) calculer, en MeV, l'énergie W_0 libérée par la désintégration d'un noyau de ${}^{60}_{27}\text{Co}$. En déduire l'énergie W libérée par la désintégration des noyaux présents dans un échantillon de masse $m = 2,5 \text{ g}$ de ${}^{60}_{27}\text{Co}$.

6°) A une date $t=0 \text{ s}$, on dispose d'un échantillon de masse m_0 formé par N_0 noyaux ${}^{60}_{27}\text{Co}$ de Cobalt.

a) Rappeler l'expression de la loi de la décroissance radioactive.

b) Déduire que la masse m restante de Cobalt à un instant de date $t > 0$ est donnée par la relation :

$$m = m_0 \exp\left(-\frac{\ln 2}{T} t\right)$$

7°) On donne la courbe de variation de $\ln(m)$ en fonction du temps t avec m en kg et t en an. Voir *figure-23*.

a) Décrire cette courbe et donner son équation.

b) Définir la période T d'un radioélément.

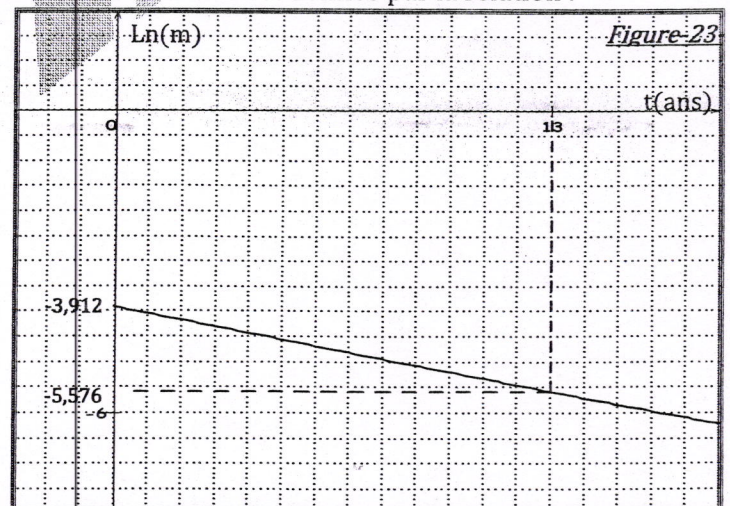
Trouver sa valeur pour ${}^{60}_{27}\text{Co}$.

c) Déterminer la valeur de m_0 , déduire celle de N_0 .

d) Définir l'activité d'une source radioactive à un instant de date t. Calculer sa valeur

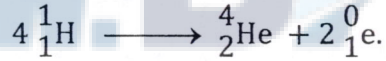
pour ${}^{60}_{27}\text{Co}$ à la date $t=0 \text{ s}$.

e) Déterminer le nombre de noyaux de Nickel formés à la date $t=3T$.



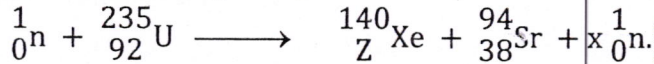
EXERCICE N°24:

1°) Dans une étoile, il se produit plusieurs réactions nucléaires dont l'équation bilan est :



- a) Quel est le type de la réaction représentée par cette équation ?
- b) Calculer, en MeV, l'énergie W_1 libérée lors de la formation d'un noyau d'hélium puis calculer l'énergie W_1' libérée par la formation d'une masse $m=1\text{g}$ de ce produit.

2°) L'une des réactions qui se produit dans un réacteur a pour équation :



- a) Déterminer les valeurs de Z et x.
- b) Calculer, en MeV, l'énergie W_2 libérée par la fission d'un noyau ${}_{92}^{235}\text{U}$.
En déduire l'énergie W_2' libérée par la fission de tous les noyaux contenus dans un échantillon d'uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$ pur de masse $m'=m$.
- c) Comparer W_1' et W_2' . Conclure.

On donne :

$$*/ E_1({}_{92}^{235}\text{U}) = E_{11} = 1762,5 \text{ MeV}.$$

$$*/ E_1({}_{38}^{94}\text{Sr}) = E_{12} = 08,4 \text{ MeV}$$

$$*/ E_1({}_Z^{140}\text{Xe}) = E_{13} = 1162,0 \text{ MeV}.$$

$$*/ m({}_{92}^{235}\text{U}) = 234,9933\text{u}$$

$$*/ m({}_2^4\text{He}) = 4,0015\text{u}$$

$$*/ \text{Masse d'un proton } m_p = 1,00728 \text{ u}$$

$$*/ \text{Masse d'un neutron : } m_n = 1,00867 \text{ u}$$

$$*/ \text{Masse d'un positon : } m_e = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ u}.$$

$$*/ \text{unité de masse atomique } 1\text{u} = 931,5 \text{ Mev}/c^2 = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}.$$

www.BAC.org.tn
Page: BAC-TUNISIE
Tél: 25 361 197 / 53 371 502

EXERCICE N°25:Célérité de la lumière dans le vide $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$ L'unité de masse atomique $u : 1 \frac{\text{MeV}}{c^2} = 1,0707.10^{-3} \text{ u} ; 1\text{kg} = 6,0230.10^{26} \text{ u}$ $m({}_{83}^{214}\text{Bi}) = 213,9538 \text{ u}$ $m({}_{81}^{210}\text{Tl}) = 209,9462 \text{ u}$ $m({}_2^4\text{He}) = 4,0015 \text{ u}$ $M({}_{82}^{214}\text{Pb}) = 213,9554 \text{ u}$ **PARTIE A :**

Le noyau de Bismuth ${}_{83}^{214}\text{Bi}$ est instable, il se désintègre en donnant un noyau de Thallium ${}_{81}^{210}\text{Tl}$ et une particule ${}_Z^AX$.

1°) Ecrire l'équation de la désintégration et identifier la particule ${}_Z^AX$ éjectée, en précisant les lois utilisées pour déterminer Z et A.

2°) De quel type de radioactivité s'agit-il ?

3°) Y'a-t-il au cours de cette radioactivité une conservation de masse ?

4°) La réaction absorbe-t-elle, ou fournit-elle de l'énergie ? Calculer cette énergie absorbée ou fournie en joule (J) et en méga électron volt (MeV).

PARTIE B :

Le Bismuth ${}_{83}^{214}\text{Bi}$ est obtenu à partir du Plomb ${}_Z^APb$, par une désintégration β^- .

1°) a) Déterminer A' et Z'.

b) Donner la composition du noyau de plomb.

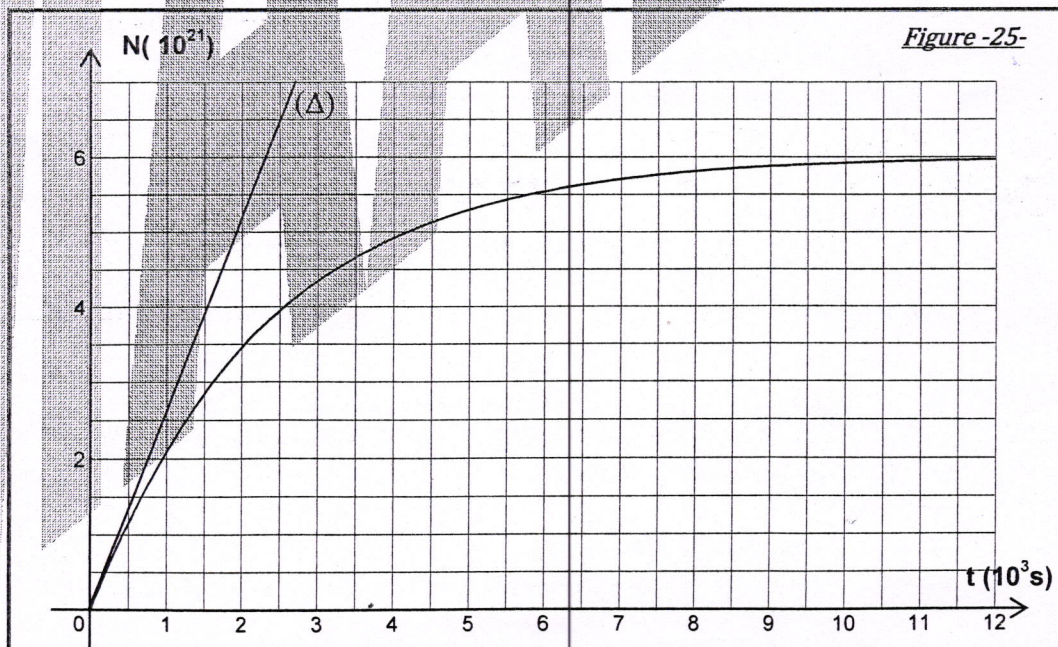
c) Comment peut-on expliquer la formation de l'électron ${}_{-1}^0e$, au cours de la désintégration.

2°) A une date $t=0\text{s}$, on dispose d'une source radioactive contenant N_0 noyaux de ${}_Z^APb$, de masse m_0 .

A des dates successives, on détermine le nombre de noyaux désintégrés noté N. La *figure -25-* représente les variations de N en fonction du temps. (Δ) étant la tangente à la courbe à l'instant de date $t=0$.

a) En se basant sur la formule de la loi de décroissance radioactive, établir l'expression de N en fonction de N_0 , t et λ , avec λ constante radioactive de l'élément constituant la source.

b) Déterminer λ , N_0 , m_0 et T la période radioactive de la source.

*Figure -25-*

LYCEE HEDI CHAKER
SFAX

PROF : MAALEJ MOHAMED HABIB

Tel: 95 256 783
58 256 783

PHYSIQUE

3^{ème} PARTIE DU PROGRAMME : PHYSIQUE ATOMIQUE ET NUCLEAIRE
SERIE N°10 : LE NOYAU ATOMIQUE - LES REACTIONS NUCLEAIRES (CORRECTION)CLASSES : 4^{ème}
MATH, SC-EXP, SC-TCH, SC-INFO

EXERCICE - n°23:

1^{a)} 1^o) Def: L'unité de masse atomique notée u , m.a ou u , est le $\frac{1}{12}$ de la masse de l'atome de carbone $^{12}_6C$.

$$1u = \frac{1}{12} m(^{12}_6C) = \frac{1}{12} \times \frac{Mc}{N} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot N} = \frac{10^{-3}}{N}$$

* $1u = \frac{10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$. (La valeur de N doit être donnée dans l'énoncé)

* $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

$$E = \Delta m c^2$$

$\begin{matrix} \text{CF} & \nearrow & \text{Kg} \\ \text{Kg} & & \end{matrix}$

$$1 \frac{\text{MeV}}{c^2} = 1 \times \frac{1,610^{-13}}{3708} \text{ (ms}^{-2}\text{)} = 1,777 \cdot 10^{-30} \text{ Kg} \Rightarrow 1 \text{ Kg} = \frac{1}{1,777 \cdot 10^{-30}} \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Donc: $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} = 1,66 \cdot 10^{-27} \times \frac{1}{1,777 \cdot 10^{-30}} \frac{\text{MeV}}{c^2} = 934,15 \frac{\text{MeV}}{c^2} \approx 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$

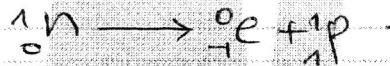
2^o) Une désintégration est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau instable, se transforme spontanément en un noyau plus stable avec émission d'un rayonnement.



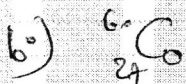
L.C.S: $27 = 28 + Z \Rightarrow Z = -1$ la particule ^A_ZX est $^0_{-1}\text{e}$: Electron.

1^a) $60 = A + 60 \Rightarrow A = 0$

origine de l'Electron: on remarque que le nombre de protons \uparrow diminue par contre le nombre de neutrons \downarrow diminue.



4^{a)} a) L'énergie de liaison d'un noyau Atomique notée E_l , est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau en repos, pour le dissocier en ses nucléons isolés et immobiles.



* $\Delta m = 27m_p + 33m_n - m_{\text{Co}} = 0,5634 \cdot u$

$\Delta m = 524,8 \text{ MeV}/c^2$

* $E_l = \Delta m c^2 = 524,8 \text{ MeV}$

c) $E_{e_2} = 526,8201 \text{ MeV}$. Les 2 noyaux ont m nombre de masse donc on peut composer directement les E_p .
 $E_{e_2} > E_{e_1}$ il est inutile de passer aux énergies de liaison par nucléon.

Ce résultat est prévisible, car la désintégration donne toujours un noyau (fil) plus stable que le noyau père.

5°) a) W_0 : Energie libérée par le transf d'un noyau ${}_{24}^{60}\text{Co}$:

$$W_0 = (m_i - m_f) c^2 = [m_{\text{Co}} - (m_{\text{Ni}} + m_e)] c^2 = 2,815 \text{ MeV}$$

b) $W = ?$ $m = 2,5 \text{ g}$ de ${}_{24}^{60}\text{Co}$

→ Calculons le nombre de noyaux dans $m = 2,5 \text{ g}$.

$$N = \frac{m}{m_{\text{Co}}}$$

$$\rightarrow W = N \times W_0 = \frac{m}{m_{\text{Co}}} \cdot W_0 = 7,07 \cdot 10^{12} \text{ MeV}$$

6°) $t = 0$ Source radioactive ${}_{24}^{60}\text{Co}$

$t > 0$ $m(t)$
 $N(t)$

a) Rappeler l'express (sans démonstration) $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ (1)

N_0 : Nbre de noyaux à $t = 0$

$N(t)$: Nbre de noyaux à $t > 0$

λ : cste radioactive de l'élément > 0

b) $N(t) = \frac{m}{m_{\text{Co}}}$, $N_0 = \frac{m_0}{m_{\text{Co}}}$, $\lambda = \frac{\ln(2)}{T}$

Avec (1): $\frac{m}{m_{\text{Co}}} = \frac{m_0}{m_{\text{Co}}} e^{-\frac{\ln(2)}{T} \cdot t}$ $\Leftrightarrow m = m_0 \cdot \exp\left(-\frac{\ln(2)}{T} \cdot t\right)$

7°) a) $\ln(m) = f(t)$ est représentée par une droite affine, décroissante

(Donnée est de la forme: $\ln(m) = at + b$: a coeff du < 0

Savoir déterminer a et b . b : ord à l'origine.

b) Déf de T : C'est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initiaux restent de desintég.

c) Eq linéaire de la forme: $\ln(m) = -\frac{\ln(2)}{T} \cdot t + \ln(m_0)$
 $\Sigma \text{ exp} \rightarrow \ln(m) = a \cdot t + b$

* $a = -\frac{\ln(2)}{T} \Leftrightarrow T = -\frac{\ln(2)}{a} \Rightarrow a = -0,128 \text{ ans}^{-1}, T = 5,415 \text{ ans}$

$$*) b = \ln(m_0) \Rightarrow m_0 = e^b \text{ or } b = -3,912$$

$$\text{d'où } m_0 = 210^{-22} \text{ Kg}$$

$$N_0 = \frac{m_0}{m_{Co}} = 210^{23} \text{ noyaux}$$

4°). L'activité A d'une source radioactive est le nombre de désintégrations produites par unité de temps.

$$A \text{ à } t = \infty, A_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln(2)}{T} \cdot N_0$$

$$A_0 = 2,56 \cdot 10^{22} \text{ desin/An}$$

$$e°) N_{Ni^{2+}} = N_{Co} \text{ desintégré}$$

$$N_{Ni^{2+}} = N_0 - N(t)$$

$$\text{or à } t = 3T, N = \frac{N_0}{2^3} = \frac{N_0}{8}$$

$$N_{Ni^{2+}} = N_0 - \frac{N_0}{8} = \frac{7N_0}{8} = 1,75 \cdot 10^{23} \text{ noy}$$

EXERCICE n°24:

1°) a) C'est une réaction de fusion: des noyaux légers s'agglomèrent pour former un noyau moins léger.

$$b°) W_1 = (m_i - m_f) c^2$$

$$\text{Calculons } m_i - m_f = 4m_p - (m_{He} + 2m_e) = 2,648 \cdot 10^{-2} u \\ = 24,666 \text{ MeV } c^{-2}$$

$$\text{d'où } W_1 = 24,666 \text{ MeV}$$

*) Nombre de noyau d'hélium formé dans $m = 1g$: $N = \frac{m}{m_{He}}$

Energie libérée au cours de la formation de N noyaux d'hélium:

$$W'_1 = N \times W_1 = \frac{m}{m_{He}} \cdot W_1 = 3,713 \cdot 10^{24} \text{ MeV}$$

$$2°) a°) L.C \left\{ \begin{array}{l} \textcircled{Z}: 92 + 0 = Z + 38 \Rightarrow Z = 54 \\ \textcircled{A}: 1 + 235 = 140 + 94 + x \Rightarrow x = 2 \end{array} \right.$$

$$b°) W_2 = E_{ef} - E_{ei} = E_e(x_e) + E_e(st) - E_e(L)$$

$$W_2 = 207,9 \text{ MeV}$$

Nombre d'atomes d'uranium contenu dans une masse $m' = m = 1g$.

$$N' = \frac{m'}{m_U}$$

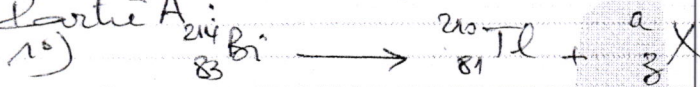
$$\text{d'où } W'_2 = N' \cdot W_2 = \frac{m'}{m_U} \cdot W_2 = 0,533 \cdot 10^{24} \text{ MeV}$$

$$20) \frac{W'_1}{W'_2} = 7, \quad m' = m.$$

l'énergie libérée par le fission est plus grande que celle libérée par le fission.

EXERCICE n° 25:

Partie A:



$$\text{L.C } (Z): 83 = 81 + Z \Rightarrow Z = 2$$

$$(A): 214 = 210 + a \Rightarrow a = 4$$

La particule est $\text{}_{2}^4\text{He}$

20) Radioactivité type α .

$$30) m_i = m_{\text{Bi}} = 213,9538 \text{ u}$$

$$m_f = m_{\text{Tl}} + m_{\alpha} = 213,9477 \text{ u}$$

$m_i \neq m_f \Rightarrow$ pas de conservation de masse.

40) au cours de la réaction il y a Δm masse, qui se transforme en énergie. Donc la réaction fournit ΔE l'énergie (exothermique).

$$E = \Delta m c^2$$

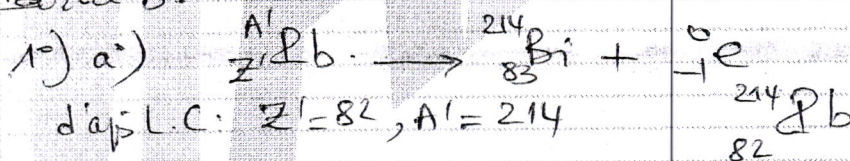
$$\Delta m = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ u} = 1,0127 \cdot 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$E = 9,1143 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

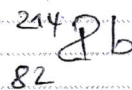
$$\text{d'aut, part: } \Delta m = \frac{6,1 \cdot 10^{-3}}{1,0707 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{\text{MeV}}{c^2} = 5,6972 \cdot \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$E = \Delta m c^2 = 5,6972 \cdot \text{MeV}$$

Partie B:



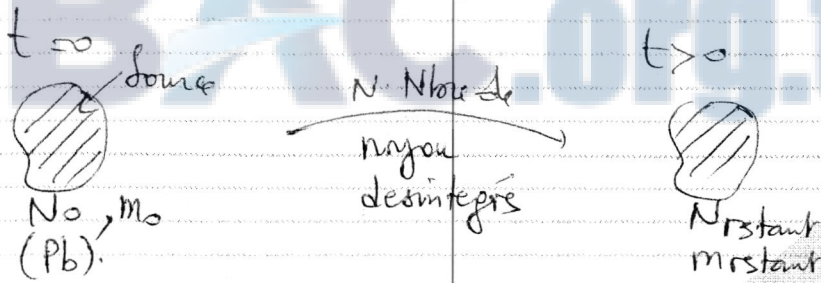
$$\text{d'après L.C: } Z' = 82, A' = 214$$



b) Composition d'un noyau $\left\{ \begin{array}{l} 82 \text{ protons} \\ 214 - 82 = 132 \text{ neutrons} \end{array} \right.$



2°)



$$N_0 = N + N_{stant} \Leftrightarrow N = N_0 - N_{stant}$$

or d'après la loi de décroissance radioactive

$$N_{stant} = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 [1 - e^{-\lambda t}]$$

b°) d'après la loi de décroissance radioactive :

$$*) \text{ à } t \rightarrow +\infty, N \rightarrow N_0 = 6 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$$

$$*) N_0 = \frac{m_0}{m_{Pb}} \Leftrightarrow m_0 = N_0 \cdot m_{Pb} = 2,31 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} = 2,31 \text{ g}$$

$$*) \text{ Coefficient de } = \left. \frac{d(N)}{dt} \right|_{t=0}$$

$$\frac{dN}{dt} = N_0 \lambda e^{-\lambda t} \Rightarrow \left. \frac{dN}{dt} \right|_{t=0} = N_0 \cdot \lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{a}{N_0}$$

Calcul du coeff d'act :

$$a = \frac{6,5 \cdot 10^{21} - 0}{2,5 \cdot 10^{-3} - 0} = 2,6 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{a}{N_0} = \frac{2,6 \cdot 10^{18}}{6 \cdot 10^{21}} = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$T = \frac{\ln(2)}{\lambda} \approx 1600 \text{ s}$$