سلسلة تمارين حول الأنشطة الإشعاعية

I) في اللحظة $t = o$ لدينا عينة من الصوديوم المشع $^{24}_{11}Na$ كتلتها : $m_o = 64mg$.

1) ما هو عدد النوى الموجودة في العينة عند اللحظة $t = o$ ؟

2) علما أنه عند اللحظة $t = 74h$ ، أصبحت كتلة العينة: $m = 2mg$.

أ) ما هو عدد النوى الموجودة في العينة عند اللحظة $t = 74h$ ؟

ب) احسب عمر النصف للصوديوم المشع $^{24}_{11}Na$.

ج) أوجد ثابتة النشاط الإشعاعي λ للصوديوم $^{24}_{11}Na$.

نعطي: عدد أفوكادرو: $N_A = 6{,}02\times10^{23}\,mol^{-1}$

تذكير: • في الفيزياء النووية بمعرفة رمز النواة $^{A}_{Z}X$ نحصل على الكتلة المولية للذرة لأن: $M_{(X)} = A$

إذن الكتلة المولية للصوديوم $^{24}_{11}Na$ هي: $M_{(Na)} = 24\,g/mol$.

• عدد النوى الموجودة في كتلة m من مادة مشعة يساوي: $N = \frac{m}{M}\times N_A$.

التصحيح:

نذكر أن : $\ln\frac{a}{b} = -\ln\frac{b}{a}$

1) عدد نوى العينة عند $t = o$ هو: $N_O = \frac{m_0}{M}\times N_A = \frac{64\times10^{-3}\,g}{24g/mol}\times6{,}02\times10^{23}\,mol^{-1} = 16\times10^{20}$

2) أ)عدد نوى العينة عند $t = 74h$ هو: $N = \frac{m}{M}\times N_A = \frac{2\times10^{-3}\,g}{24g/mol}\times6{,}02\times10^{23}\,mol^{-1} = 5\times10^{19}$

ب) لدينا : عمر النصف $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

ونعلم أن عدد النوى المتبقية في العينة عند اللحظة t تعطيه العلاقة التالية :

$N = N_O e^{-\lambda\times t}$ ومنه : $\frac{N}{N_O} = e^{-\lambda\times t}$

من أجل التخلص من الدالة الأسية ندخل على طرفي هذه العلاقة الأخيرة دالة $\ln$ لأننا نعلم أن $\ln e^x = x$.

$\ln\frac{N}{N_O} = \ln e^{-\lambda\times t}$ ومنه : $\ln\frac{N}{N_O} = -\lambda\times t$ أي: $\ln\frac{N_0}{N} = \lambda\times t$

نذكر أن : $\ln\frac{a}{b} = -\ln\frac{b}{a}$

بما أن : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ العلاقة الأخيرة تصبح كما يلي: $\ln\frac{N_O}{N} = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}\times t$ ومنه : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\ln\frac{N_O}{N}}\times t$

تطبيق عددي: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\ln 32}\times74h = 14{,}8h = 14h48mn$

لأن: $14{,}8h = 14h + 0{,}8\times60mn$

ج) ثابتة النشاط الإشعاعي : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{14{,}8\times3600s} = 1{,}3\times10^{-5}\,s^{-1}$

II) نعتبر عينة من نوى الأمريسيوم $^{241}_{95}Am$ الإشعاعية النشاط α . عمر نصفها 470 سنة. خلال ساعة واحدة تتفتت 63000 نواة.

1) اكتب معادلة التفتت للنواة : $^{241}_{95}Am$.

2) اعط قيمة ثابتة النشاط الإشعاعي λ لنواة الأمريسيوم .

3) احسب بالبيكريل نشاط العينة a ، واستنتج عدد النوى الموجودة بها عند نهاية العد(أي بعد مرور ساعة من الزمن).

4)أوجد عدد نوى العينة عند اللحظة $t = o$.

5) احسب نسبة التفتت عند نهاية العد (أي بعد مرور ساعة من الزمن) .

6) أوجد المدة الزمنية التي يتفتت فيها 20% من نوى العينة البدئية. ت.رقم 12 ص83 الكتاب المدرسي المسار.

تصحيح:

1) معادلة التفتت : $^{241}_{95}Am \rightarrow ^{237}_{93}Np + ^{4}_{2}He$

---

2) $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{470 \times 365 \times 24 \times 3600 s} = 4{,}676 \times 10^{-11} s^{-1}$

---

3) **نشاط العينة هو عدد التفتتات في الثانية.**

بما أن عدد التفتتات في الساعة يساوي **63000** فأن النشاط : $a = \frac{63000}{3600 s} = 17{,}5 Bq$

عدد نوى العينة بعد مرور ساعة من الزمن (أي عند نهاية العد):

نعلم أن : $a = \lambda N_{(t)}$ إذن: $N = \frac{a}{\lambda} = \frac{17{,}5}{4{,}676 \times 10^{-11}} \approx 3{,}74 \times 10^{11}$

---

4) لدينا : $N = N_O e^{-\lambda . t}$ ومنه : $N_O = \frac{N}{e^{-\lambda . t}} = \frac{3{,}74 \times 10^{11}}{e^{-4{,}676 \times 10^{-11} \times 3600}} = 3{,}74 \times 10^{11}$

نلاحظ أن خلال ساعة من الزمن النسبة المتفتتة مهملة، لأن مجرد عمر النصف للأمريسيوم = **370** سنة فما بالك بالعمر كله؟

حاول أن تحصل بالطريقة التالية على عدد النوى المتبقية بعد مرور ساعة من التفتت : $N = N_O - 6300$

مع : $N_O = 3{,}74 \times 10^{11}$ سوف تلاحظ أن : $N \approx 3{,}74 \times 10^{11}$ ويعزى ذلك إلى طول عمر الأمريسيوم المشع.

---

5) نعلم أن: نسبة التفتت = حاصل قسمة عدد النوى المتفتتة على عدد النوى البدئية.

نسبة التفتت $= \frac{63000}{N_O} = \frac{63000}{3{,}74 \times 10^{11}} \approx 1{,}74 \times 10^{-7} = 1{,}74 \times 10^{-5}\%$

---

6) المدة الزمنية التي يتفتت فيها 20% من نوى الامريسيوم .

عند ما تتفتت $\frac{20 N_O}{100}$ يكون عدد النوى المتبقية : $N = N_O - \frac{20}{100} N_O = \frac{80}{100} N_O = 0{,}8 N_O$

إذن المدة الزمنية التي يتفتت فيها 20% من نوى الامريسيوم هي التي يتبقى فيها 80%.

وبما أن عدد النوى المتبقية عند اللحظة t تعطيها العلاقة التالية: $N = N_O e^{-\lambda t}$

فهذه الأخيرة تصبح كما يلي: $0{,}80 N_O = N_O e^{-\lambda . t}$

أي(بعد الإختزال): $0{,}8 = e^{-\lambda . t}$

ندخل دالة اللوغاريثم النيبيري على الطرفين: $\ln 0{,}8 = \ln e^{-\lambda . t}$

إذن: $\ln 0{,}8 = -\lambda \times t$ مع : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

أي: $\ln 0,8 = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t$ ومنه نستخرج اللحظة t التي يتفتت فيها 20% من العينة البدئية:

$$t = \frac{-(\ln 0,8)\times t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{-(\ln 0,8)\times 470an}{\ln 2} = 151,3062an = 151an..111J..18h..18mn.43,2s$$

طريقة التحويل : $151,3062an = 151an...7J...20h...55mn...41s$

$$\begin{aligned}
151,3062\ an &= 151\ an + 0,3062 \times 365\ J \\
&= 151h + 111,763J \\
&= 151h + 111J + 0,763\times 24h \\
&= 151h + 111J + 18,312h \\
&= 151h + 111J + 18h + 0,312\times 60mn \\
&= 151h + 111J + 18h + 18,72mn \\
&= 151h + 11J + 18h + 18mn + 0,72\times 60s \\
&= 151h + 111J + 18h + 18mn + 43,2s
\end{aligned}$$

III) نواة الكزينون $^{135}_{54}Xe$ إشعاعية النشاط β^- يتولد عن تفتتها نواة السيزيوم $^{A}_{Z}Cs$.

عمر النصف لنويدة $^{135}_{54}Xe$ هو : $t_{1/2} = 9,2h$

1) اكتب معادلة هذا التفتت محددا A و Z.

2) علما أن كتلة عينة الكزينون $^{135}_{54}Xe$ عند اللحظة $t = 0$ هي m_0 ونشاطها هو a_o، وعند اللحظة $t = 9h$ يصبح النشاط الإشعاعي للعينة $a = 284Bq$.

أ) اعط تعبير النشاط a بدلالة a_0 و $t_{1/2}$ والزمن t.

ب) احسب قيمة a_o واستنتج m_o.

ج) حدد اللحظة t_1 التي يتفتت عندها 75% من الكتلة البدئية .

نعطي كتلة نواة الكزينون : $m(^{135}_{54}Xe) = 2,24\times 10^{-25}\ Kg$.

تصحيح:

1)

$$^{135}_{54}Xe \rightarrow {}^{A}_{Z}Cs + {}^{0}_{-1}e$$

انحفاظ الشحنة الكهربائية :

$135 = A + 0$ ومنه : $A = 135$

انحفاظ عدد النويات :

$54 = Z - 1$ ومنه : $Z = 55$

معادلة التفتت :

$$^{135}_{54}Xe \rightarrow {}^{135}_{55}Cs + {}^{0}_{-1}e$$

---

2) أ) $a = a_0 e^{-\lambda.t}$ مع : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

إذن: $a = a_0.e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t}$

ب) تحديد a_0 :

من خلال العلاقة السابقة نستخرج :

$$a_0 = \frac{a}{e^{\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\times t}}$$

ت.ع. :

$$a_0 = \frac{284}{e^{-\frac{\ln 2}{9,2}\times 9}} = 559,5Bq$$

تحديد m_o :

نعلم أن عدد نوى العينة عند اللحظة : $t = 0$ هو : N_O .

من خلال المعطيات كتلة كل نواة هو : $m(^{135}_{54}Xe) = 2,24\times10^{-25}\,Kg$

إذن كتلة العينة التي تحتوي على N_O نواة عند اللحظة $t = 0$ تساوي: $m_o = N_O \times m(Xe)$

ومن جهة اخرى : لدينا : $a_O = \lambda.N_O$ أي: $N_O = \frac{a_o}{\lambda}$

وبالتالي : $m_o = \frac{a_o}{\lambda}\times m(Xe) = \frac{a_o \times t_{1/2}}{\ln 2}\times m(Xe) = \frac{559,5\times(9,2\times3600s)}{\ln 2}\times 2,24\times10^{-25}\,Kg \approx 6\times10^{-18}\,Kg$

.....

ج) عند ما تتفتت $\frac{75N_O}{100}$ يكون عدد النوى المتبقية : $N = N_O - \frac{75}{100}N_O = \frac{25}{100}N_O$

وبما أن عدد النوى المتبقية عند اللحظة t تعطيها العلاقة التالية: $N = N_O e^{-\lambda t}$

فهذه الأخيرة تصبح كما يلي: $0,25N_O = N_O e^{-\lambda.t}$

أي(بعد الإختزال): $0,25 = e^{-\lambda.t}$

ندخل دالة اللوغاريثم النيبيري على الطرفين: $\ln 0,25 = \ln e^{-\lambda.t}$

إذن: $\ln 0,25 = -\lambda \times t$ مع : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

أي: $\ln 0,25 = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\times t$ ومنه نستخرج اللحظة t :

$$t = \frac{-(\ln 0,25)\times t_{1/2}}{\ln 2}$$

$$t = \frac{-(\ln 0,25)\times 9,2}{\ln 2} = 18,4h = 18h...24mn$$

ملحوظة:يمكن كذلك استعمال الطريقة التالية:

$N = N_O - N$ (المفتتة) (المتبقية) ونعلم أن : $N = N_O e^{-\lambda\times t}$ (المتبقية)

إذن: المفتتة $N = N_O - N_O e^{-\lambda t} = N_O(1 - e^{-\lambda t})$

أي: $\frac{75N_O}{100} = N_O(1 - e^{-\lambda.t})$ ومنه : $0,75 = 1 - e^{-\lambda.t}$ أي: $e^{-\lambda.t} = 0,25$ ونحصل على النتيجة السابقة .

IV) نواة التوريوم $^{227}_{90}Th$ نظير مشع لعنصر التوريوم ، خلال تفتتها تبعث الإشعاع α.

1) اكتب معادلة تفتت هذه النواة ثم تعرف على النواة المتولدة من خلال الجدول التالي:

$_{85}At$	$_{86}Rn$	$_{87}Fr$	$_{88}Ra$	$_{89}Ac$

2) احسب عدد النوى الإشعاعية البدئية N_O الموجودة في عينة من التوريوم ذات الكتلة $m_o = 10^{-3} mg$.

نعطي : $m_p = m_n = 1{,}66 \times 10^{-27} Kg$

3) نتوفر في البداية على عينة N_O من نوى التوريوم الإشعاعية النشاط . وعند اللحظة t يكون عدد النوى هو N.

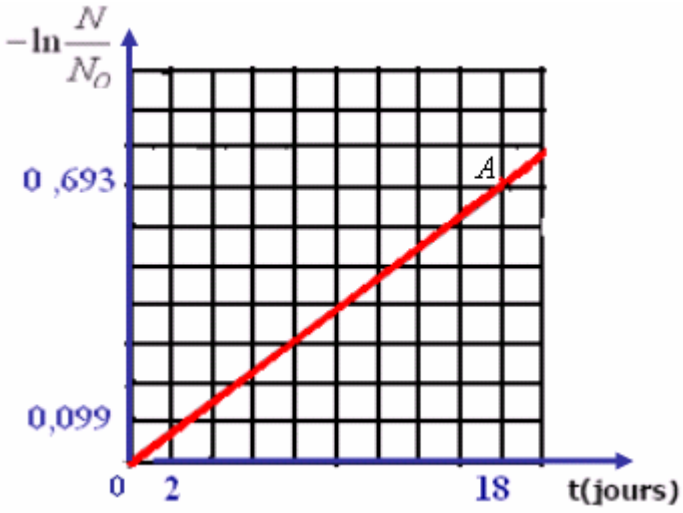
يمثل المبيان التالي تغيرات $-\ln\frac{N}{N_O}$ بدلالة الزمن.

3-1: اكتب قانون التناقص الإشعاعي .

3-2 : اعط تعريف عمر النصف لنواة مشعة .

3-3 : اعتمادا على المبيان حدد تابثة النشاط الإشعاعي λ ثم عمر النصف $t_{1/2}$.

(اعتبر النقطتين A و 0 .)



تصحيح:

$^{227}_{90}Th \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{4}_{2}He$

انحفاظ الشحنة الكهربائية :

$227 = A + 4$ ومنه : $A = 223$

انحفاظ عدد النويات :

$90 = Z + 2$ ومنه : $Z = 88$

معادلة التفتت :

$^{227}_{90}Th \rightarrow {}^{223}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He$

---

2)بما أن كل نواة التريوم $^{227}_{90}Th$ تشمتل على 227 نوية وكتلة كل نويةهي: $1{,}66 \times 10^{-27} Kg$

فإن كتلة نواة التوريوم $^{227}_{90}Th$ هي: $m(Th) = 227 \times 1{,}66 \times 10^{-27} Kg$

وبما ان كتلة العينة البدئية هي : $m_o = 10^{-3} mg = 10^{-3} \times 10^{-6} Kg$

إذن: $N_O = \frac{m_o}{m(Th)} = \frac{10^{-3} \times 10^{-6} Kg}{227 \times 1{,}66 \times 10^{-27}} \approx 2{,}65 \times 10^{15}$

---

3) 3-1) قانون التناقص الإشعاعي: $N = N_O e^{-\lambda . t}$ مع $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ تابثة النشاط الإشعاعي ب: s^{-1}

3-2) نسمي عمر النصف لنويدة مشعة المدة الزمنية $t_{1/2}$ اللازمة لتفتت نصف نوى العينة البدئية.

3-3)المنحنى الممثل لتغيرات $-Ln\frac{N}{N_O}$ بدلالة الزمن مستقيم يمر من أصل المعلم ، دالة خطية. إذن معادلته تكتب على الشكل التالي :

$-Ln\frac{N}{N_O}=k.t$ حيث k المعامل الموجه للمستقيم وهو يساوي:

$$k=\frac{0,693-0}{(18-0)\times 3600s}=1,069\times10^{-5}s^{-1}$$

ولدينا : $\frac{N}{N_O}=e^{-\lambda.t}$ إذن : $\ln\frac{N}{N_O}=-\lambda.t$ أي : $-\ln\frac{N}{N_O}=\lambda.t$ إذن : $k=\lambda$

وبالتالي : $\lambda=1,069\times10^{-5}s^{-1}$

عمر النصف لنويدة التوريوم :

$$t_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda}=\frac{\ln 2}{1,069\times10^{-5}}=64,84\times10^{3}s\approx18h$$

ملحوظة:

عندما نلاحظ بأن : $\ln 2=0,693$ فإن اللحظة التي تكون فيها : $-\ln\frac{N}{N_O}=\ln 2$ هي اللحظة $t_{1/2}$.

لأن العلاقة : $-\ln\frac{N}{N_O}=\lambda.t$ مع $t_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda}$ تكتب كما يلي : $-\ln\frac{N}{N_O}=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t$ وعند $t=t_{1/2}$ تصبح:

$-\ln\frac{N}{N_O}=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t_{1/2}$ أي: $-\ln\frac{N}{N_O}=\ln 2$ ومنه فإن : $t_{1/2}=18h$.

(V

2- نويدة السيزيوم $^{137}_{55}Cs$ إشعاعية النشاط β^- يتولد عن تفتتها نويدة الباريوم $^{A}_{Z}Ba$.

2.1- اكتب معادلة هذا التفتت محددا قيمة كل من العددين Z و A .

2.2- نتوفر عند اللحظة $t=0$ على عينة من السيزيوم $^{137}_{55}Cs$ كتلتها $m_0=1mg$.

- احسب N_0 عدد النويدات في العينة عند اللحظة $t=0$.
- أوجد قيمة النشاط الإشعاعي a لهذه العينة عند اللحظة $t=3\ ans$ ، علما أن الدور الإشعاعي للسيزيوم $^{137}_{55}Cs$ هو $T=30\ ans$.

نعطي :

$c=3.10^8\ m.s^{-1}$	$1\ nm=10^{-9}\ m$	$1eV=1,6.10^{-19}\ J$	$h=6,62.10^{-34}\ J.s$
$1\ an=365\ jours$	$m(^{137}_{55}Cs)=136,90707u$ كتلة نويدة السيزيوم		$1u=1,66.10^{-27}\ kg$

هذا التمرين جزء من موضوع الباكالوريا شعبة العلوم الزراعية والتجريبية للسنة الدراسية 2007/2006 -لاحظ أن عدد أفوكادرو لم تعط قيمته ، وليس من الضروري إعطاءها .

(2

-2-1

$$^{137}_{55}Cs \longrightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

:2-2

عدد نويدات العينة في اللحظة $t=o$:

$$N_0=\frac{m_o}{m(^{137}_{55}Cs)}=\frac{10^{-3}g}{136,90707\times1,66\times10^{-27}\times10^{3}g}=4,4\times10^{18}$$

ملحوظة : يمكن الإجابة على هذا السؤال بطريقة اخرى وهي كما يلي:

$$N_0=\frac{m_o}{M(Cs)}\times N$$

وعدد افوكادرو $N=6,02\times10^{23}$ يمكن تحديد قيمته بالطريقة التالية :

$$N=\frac{M(Cs)}{m(Cs)}=\frac{137g/mol}{136,90707\times1,66\times10^{-27}\times10^{3}g}=6,02\times10^{23}$$

فرغم أن عدد أفوكادرو غير معطا يمكنك تحيده.

وبذلك :
$$N_O = \frac{10^{-3}\,g}{136{,}90707\times 1{,}66\times 10^{-27}\times 10^{3}\,g} = 4{,}4\times 10^{18}$$

قيمة النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة $t = 3ans$:

$$a = \lambda N = \lambda . N_0\, e^{-\lambda . t}$$

مع :
$$\lambda = \frac{Ln2}{T}$$

وبالتالي:

$$a = \frac{Ln2}{T}\times N_0 \times e^{-\frac{Ln2}{T}\times t} = \frac{Ln2}{30\times 365\times 24\times 3600s}\times 4{,}4\times 10^{18}\times e^{-\frac{Ln2}{30}\times 3} = 3\times 10^{9}\,Bq$$

Sbiro abdelkrim
Mail : sbiabdou@yahoo.fr

(VI

تتحول نويدة البولونيوم $^{210}_{84}Po$ إلى نويدة الرصاص $^{206}_{82}Pb$.

1) اكتب معادلة التفتت الحاصل.
2) أحسب بالجول الطاقة الناتجة عن هذا التفتت : نعطي :

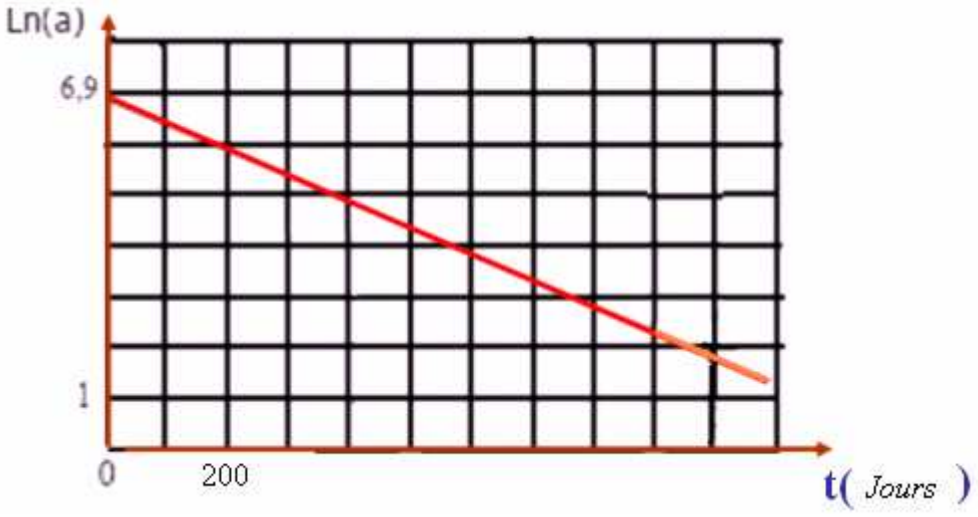
الدقيقة	$^{210}_{84}Po$	α	$^{206}_{82}Pb$
الكتلة الذرية	210,0482u	4,0039u	206,0385

$1u=1{,}66.10^{-27}kg$; $C=3.10^{8}m/s$; $e=1{,}6.10^{-19}c$

3- يتغير النشاط الإشعاعي a للنويدة $^{210}_{84}Po$ حسب الدالة : $Ln(a)=f(t)$ نذكر أن a هو عدد التفتتات في وحدة الزمن.
استنتج من المبيان، تعبير النشاط a بدلالة الزمن.

4- احسب عمر النصف $t_{1/2}$ للبولونيوم .

5- نعتبر عينة من نويدات البولونيوم $^{210}_{84}Po$ ، كتلتها $m_0=10g$ عند $t = 0$. أحسب الكتلة المتبقية بعد مرور مدة زمنية $t = 1h$.



التصحيح:

1) معادلة التفتت : $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{A}_{Z}x$

لدينا : انحفاظ عدد الشحنة: $210 = 206 + A \Leftarrow A = 4$

انحفاظ عدد الكتلة: $84 = 82 + Z \Leftarrow Z = 2$

إذن الدقيقة المنبعة هي دقيقة α وهي نواة الهيليوم : $^{4}_{2}He$.

معادلة التفتت : $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$

---

2) بالنسبة للتحول :

$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$$

لدينا :

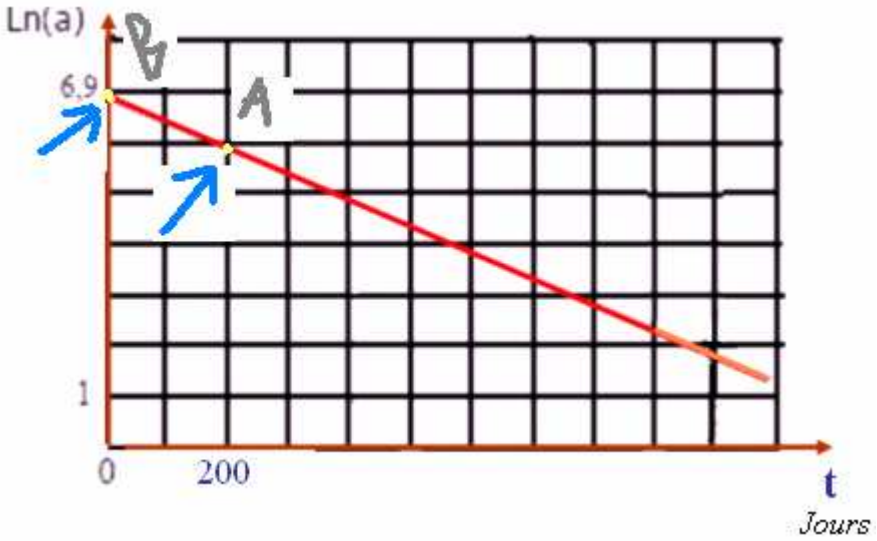
$$E = \Delta m.c^2 = [(m(Pb) + m(He) - m(Po)]c^2 = [(206{,}0385 + 4{,}0039 - 210{,}0482)]u \times c^2 \approx -5{,}8 \times 10^{-3} u \times c^2$$

$$= -5{,}8 \times 10^{-3} \times 1{,}66 \times 10^{-27} Kg \times [3.10^8 m/s]^2 \approx 8{,}67 \times 10^{-13} J$$

3-)المنحنى الذي يمثل تغيرات $\ln a$ **بدلالة** t **عبارة عن مستقيم لا يمر من أصل المعلم معامله الموجه سالب .(دالة تناقصية)**

معادلته كما يلي : $\ln a = k.t + 6{,}9$ الأرتوب عند الاصل **6,9.**

$$k = \frac{(\ln a)_B - (\ln a)_A}{t_B - t_A} = \frac{6{,}9 - 5{,}9}{(0 - 200)J} = -5 \times 10^{-3} Jours^{-1}$$



$\ln a = -5.10^{-3}.t + 6{,}9$ بإدخال دالة اللوغاريثم العشري على طرفي هذه المتساوية تصبح : $e^{\ln a} = e^{(-5.10^{-3}t + 6{,}9)}$

أي: $a = e^{(-5.10^{-3}t + 6{,}9)}$ ونعلم أن : $e^{a+b} = e^a \times e^b$

إذن: $a = e^{6{,}9} \times e^{-5.10^{-3}.t}$ ومنه: $a = 992 \times e^{-5.10^{-3}.t}$

4) نعلم أن النشاط : $a = a_o.e^{-\lambda t}$ إذن بالمقارنة مع العلاقة السابقة ، نجد : $\lambda = 5.10^{-3} Jours^{-1}$

عمر النصف لنويدة البولونيوم : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{5.10^{-3} Jours^{-1}} = s \approx 138 Jours$

---

5) بما ان عدد نوى العينة المتبقية عند لحظة t هو : $N = N_O e^{-\lambda.t}$

عدد النوى في عينة كتلتها m_o هو : $N_O = \frac{mo}{M}.N_A$

وعدد النوى في عينة كتلتها m هو : $N = \frac{m}{M}.N_A$

بالتعويض في العلاقة الاولى: $\frac{m}{M}.N_A = \frac{m_o}{M}.N_A.e^{-\lambda.t}$ بعد الإختزال: $m = m_o e^{-\lambda.t}$ مع : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

كتلة العينة المتبقية بعد مرور ساعة:

$$m = m_o e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t} = 10g \times e^{-\frac{\ln 2}{138} \times 1} \approx 9{,}95g$$

أي أنه لم يتفتت بعد ساعة من الزمن سوى $0{,}05g$ أي $50mg$ لأن مجرد عمر النصف للبولونيوم $^{210}_{84}Po$ يقارب 140 **يوما .**