التحولات النووية

التمرين الأول:

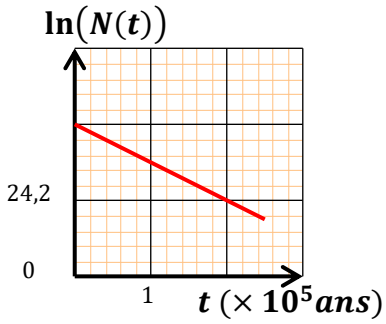
يستعمل الكربون 14 لتحديد الحقبة التي عاش فيها (انسان – حيوان – نبات) مات في العهود الغابرة واكتشفت بعض بقاياه حديثا. الكربون $^{14}_{6}C$ يحدث له نشاط اشعاعي فيعطي نواة البنت $^{14}_{7}N$.

- أكتب معادلة التحول النووي.

تم العثور على بقايا سفينة في واد ميناء بغليزان من طرف أحد سكان بن داود بتاريخ 02 ديسمبر 2020. لغرض معرفة الحقبة التي صنعت فيها انقسم التلاميذ إلى فوجين.

- **الفوج الأول:**

لتحديد نصف عمر $^{14}_{6}C$ تمت دراسة المنحنى $\ln(N(t)) = f_1(t)$.

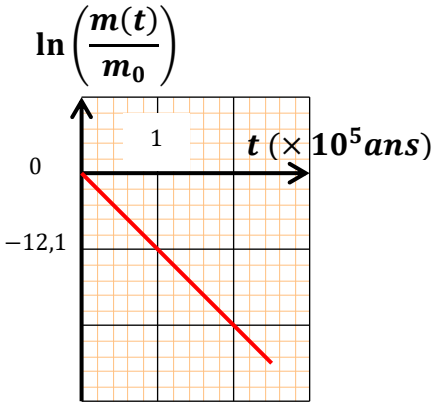


1. أوجد N_0، λ، τ، $t_{1/2}$ و m_0.
2. لتحديد عمر العينة، تم أخذ $m = 50\,g$ من خشب السفينة وقاموا بقياس نشاطها الاشعاعي بواسطة جهاز خاص فكانت قيمته $12{,}78 \times 10^{12}\ dph$، وعند قياس النشاط الاشعاعي لقطعة خشب من نفس النوع قطعت حديثا بنفس الكتلة $m = 50\,g$ وجدوا قيمة النشاط الموافق للمنحنى.

- أوجد التاريخ الذي صنعت فيه السفينة.

- **الفوج الثاني:**

لتحديد نصف عمر $^{14}_{6}C$ تمت دراسة المنحنى $\ln\left({}^{m(t)}/_{m_0}\right) = f_2(t)$.



1. أوجد λ و $t_{1/2}$.
2. لتحديد تاريخ صنع السفينة، اعتمدوا على النسبة ${}^{N(^{14}_{6}C)}/_{N(^{12}_{6}C)} = 3 \times 10^{-13}$.

بعد تحليل قطعة من خشب السفينة كتلتها $m = 100\,g$ وجد أنها تحتوي على 65 % من الكربون.

أ- أوجد عدد أنوية الكربون في القطعة المدروسة. مستنتجا عدد أنوية $^{14}_{6}C$ في قطعة الخشب.

ب- عند قياس النشاط الاشعاعي لـ 100 g لنفس النوع من الخشب قطعت حديثا فوجد $4{,}28\ Bq$. متى صنعت السفينة؟

التمرين الثاني:

البولونيوم عنصر مشع، له عدة نظائر لا يوجد منها في الطبيعة سوى البولونيوم 210 الذي نصف عمره $138{,}4\ jours$. وهو عنصر سام جدا إذا تم ابتلاعه أو استنشاقه حيث $1\ \mu g$ منه كافية لقتل شخص.

إن الإشعاعات الصادرة من $^{210}_{84}Po$ تحطم الـ ADN في الخلايا مما يؤدي إلى قتلها أو تحويلها إلى خلايا سرطانية.

1. أ- ما المقصود بالعبارات التالية:
   - عنصر مشع
   - عائلة مشعة
   - نصف العمر

   ب- ما دلالة العددين 210 و84 في الرمز $^{210}_{84}Po$.
2. بين أن ثابت النشاط الإشعاعي λ يعطى بالعبارة $\lambda = {\ln 2}/{t_{1/2}}$، ثم أحسب قيمته.
3. عرف طاقة الربط لنواة، ثم أحسب قيمتها بالنسبة لنواة البولونيوم $^{210}_{84}Po$ بـ MeV.
4. أكمل الجدول الآتي، ثم رتب الأنوية من الأقل استقرارا إلى الأكثر استقرارا.

النواة	$^{210}_{84}Po$	$^{206}_{82}Pb$	$^{210}_{85}At$
$E_l\ (MeV)$			1640,00
$\frac{E_l}{A}\ (MeV/nucl)$		7,90	

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

5. إن تفكك البولونيوم 210 يعطي إحدى النواتين الموجودتين في الجدول السابق.

   أ- حدد هذه النواة. علل.

   ب- أكتب معادلة التفاعل النووي المنمذج للتحول الحاصل، وما هو نمط الإشعاع الموافق لهذا التحول.
6. حسب التقرير الطبي الأولي لخبراء الطب الشرعي يوم (05 – 11 – 2013) حول وفاة الرئيس الفلسطيني "ياسر عرفات"، توصل إلى أن سبب وفاته يعود إلى تسممه بالبولونيوم 210 إثر تلقيه جرعة منه كتلتها m_0 بتاريخ (12 – 10 – 2004) أدت إلى وفاته بتاريخ (11 – 11 – 2004)، وتم الوصول إلى هذه النتيجة يوم (05 – 09 – 2013) باختبار عينات مختلفة من رفاته، فوجد أن النشاط الاشعاعي المتوسط الناتج عن البولونيوم 210 هو $5 \times 10^{-3}\ Bq$ لكل 1 g من رفاته.

   إذا اعتبرنا أن البولونيوم موزع بانتظام في جسم الضحية.

   أ- أحسب عدد أنوية البولونيوم الموجود في 1 g من الرفاة لحظة اختبار العينات.

   ب- نعتبر لحظة تسممه مبدأ للأزمنة $t = 0$، أحسب النشاط الاشعاعي لـ 1 g من جسم الضحية يوم تسممه، علما أن الاختبار أجري بعد 3245 $jours$ من تسممه.

   جـ- إذا كانت كتلة الضحية هي 70 Kg، أحسب عدد أنوية البولونيوم 210 الابتدائية الموجودة في جسم الضحية، ثم استنتج الكتلة m_0 للبولونيوم 210 المستخدمة في تسمم الرئيس.

يعطى:

$$m(Po) = 209{,}9368\ u \quad m(n) = 1{,}0087\ u \quad m(p) = 1{,}0073\ u \quad N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1} \quad 1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2$$

التمرين الثالث:

وقود المفاعلات النووية غني باليورانيوم 235. في قلب مفاعل نووي النظير يورانيوم 235 يخضع إلى انشطار نووي نتيجة قذفه بنترونات.

المعادلة النووية لتفاعل الانشطار لنواة اليورانيوم 235 هي:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{131}_{53}I + ^{A}_{Z_1}Y + 6\,^{1}_{0}n$$

نواة اليود 131 الناتجة عن تفاعل الانشطار تتفكك تلقائيا مع إصدار إشعاع β^- ونواة الكزينون $^{131}_{Z_2}Xe$.

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

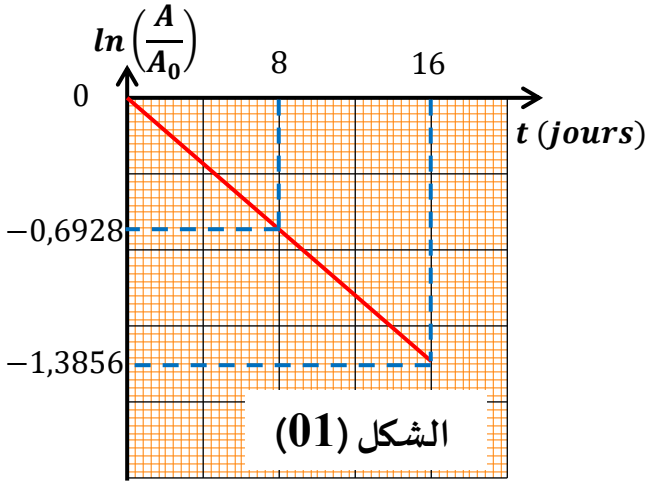
1. أحسب كل من A، Z_1 وZ_2، محددا القوانين المستعملة.
2. أحسب بالـ MeV الطاقة المحررة خلال انشطار نواة واحدة من اليورانيوم 235.
3. ينتج المفاعل النووي استطاقة كهربائية تساوي $P_e = 10^6\ Watt$ بمردود طاقوي $r = 30\ \%$.

- أحسب الكتلة اللازمة من اليورانيوم 235 لتشغيل المفاعل النووي مدة سنة كاملة.

4. يعتبر اليود 131 من بين الغازات المتدفقة والتي بإمكانها الانفلات من المفاعل النووي، مما يجعلها تؤثر على صحة الإنسان لكونها تثبت في الغدة الدرقية.

نعتبر A نشاط الإشعاعي لعينة من اليود 131 التي بواسطتها يمكن لشخص أن يصبح ملوثا إشعاعيا عند لحظة t، وA_0 النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة $t = 0$.

أعطت دراسة تغيرات $\ln\left(A/A_0\right)$ بدلالة الزمن t عند الشخص المعرض للإشعاع المنحنى الممثل في الشكل (01).



الشكل (01)

أ- أكتب عبارة قانون التناقص الإشعاعي، واستنتج العلاقة بين $\ln\left(A/A_0\right)$ والزمن t.

ب- اعتمادا على الشكل (01)، أوجد قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ للنواة ^{131}I.

جـ- عرف زمن نصف العمر $t_{1/2}$، واحسب قيمته.

د- أعطى قياس النشاط الإشعاعي للشخص بعد 8 أيام من تعرضه للإشعاع القيمة $A = 20 \times 10^6\ Bq$. أحسب عدد الأنوية N_0 التي تسببت في التلوث الإشعاعي لهذا الشخص عند اللحظة $t = 0$.

المعطيات:

$$m(^{1}_{0}n) = 1{,}00866\ u \quad m(^{131}Xe) = 130{,}90508\ u \quad m(^{131}I) = 130{,}90612\ u$$
$$m(^{235}U) = 235{,}04392\ u \quad m(^{A}Y) = 98{,}92780\ u \quad M(U) = 235\ \text{g.}mol^{-1}$$
$$c = 3 \times 10^8\ m.s^{-1} \quad 1\ MeV = 1{,}6 \times 10^{-13}\ J \quad 1\ u = 1{,}66 \times 10^{-27}\ \text{g} \quad 1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2$$
$$N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1} \quad 1\ jour = 86400\ s \quad 1\ an = 365\ jours$$

التمرين الرابع:

تستخدم الإشعاعات والنظائر المشعة استخداما واسعا في علاج بعض الأمراض مثل السرطان والأورام الأخرى. فعند إصابة النخاع العظمي بداء الفاكيز يحدث تكاثر غير طبيعي في عدد الكريات الحمراء للدم، ولمعالجته يتم اللجوء إلى الحقن الوريدي للمريض بمحلول يحتوي على الفوسفور 32 المشع، الذي يلتصق بشكل انتقائي بالكريات الحمراء الزائدة في الدم فيدمرها بفعل

الإشعاع β^- المنبعث منه.

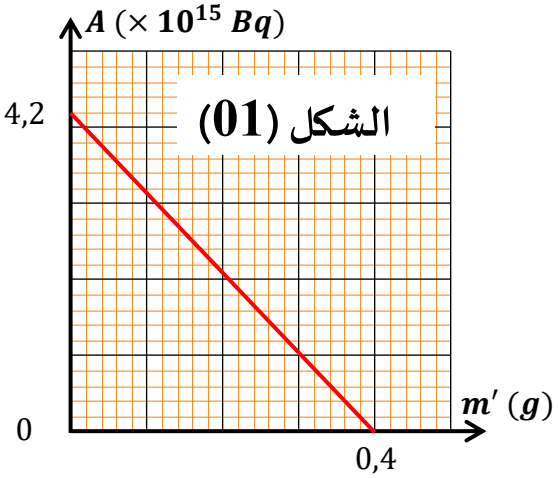
1. ما المقصود بـ:
   - نواة مشعة.
   - اشعاع β^-.
2. يتعلق ثابت النشاط الاشعاعي لنواة مشعة بـ:
   - عدد الأنوية الابتدائية.
   - عدد الأنوية المتفككة.
   - الضغط ودرجة الحرارة.
   - نوع النواة المشعة.
   - اختر العبارة الصحيحة.
3. في مفاعل نووي تقذف نواة الكبريت $^{32}_{16}S$ المستقرة بنيترونات للحصول على الفوسفور 32 مع تحرير بروتونات وفق المعادلة التالية:

$$^{32}_{16}S + x\,^{1}_{0}n \rightarrow {}^{32}_{15}P + y\,^{1}_{1}P$$

   - أكمل معادلة التحول النووي الحادث.
4. اكتب معادلة التفكك النووي الحادث للفوسفور 32 عندما يصدر إشعاع β^- محددا النواة البنت.
5. عند اللحظة $t = 0$، تم حقن مريض بجرعة من دواء نشاطها الاشعاعي الناتج عن الفوسفور 32 هو A_0.
   - بين أن النشاط الاشعاعي للفوسفور في الجرعة يكتب من الشكل:

$$A = a.m' + b$$

   حيث a و b ثوابت يطلب تحديد عبارتيهما.



الشكل (01)

6. البيان الممثل في الشكل (01)، يمثل تغيرات النشاط الاشعاعي A لجرعة مماثلة للتي حقن بها المريض بدلالة الكتلة المتفككة m' للفوسفور 32.
   أ- استنتج من البيان قيمة كلا من A_0، λ و m_0.
   ب- ينعدم مفعول هذا الدواء في جسم المريض عندما تصبح كتلة الأنوية المتفككة $m' = 0{,}396\ g$.
   - أحسب التغير النسبي لعدد الأنوية المتفككة.
   - حدد بالوحدة $(jours)$ المدة اللازمة لانعدام مفعول هذا الدواء.

المعطيات: $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

التحولات النووية

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

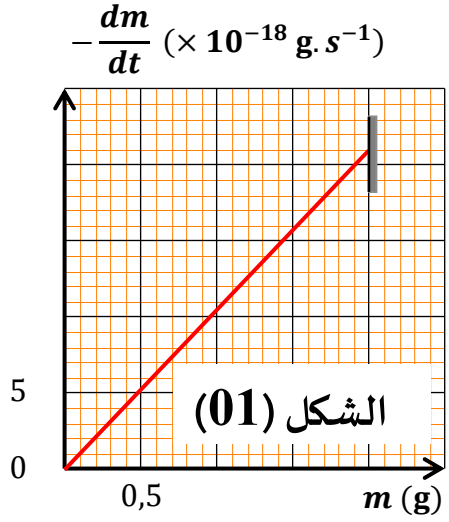
التمرين الخامس:

الثوريوم تم اكتشافه سنة 1828 من طرف الكيميائي السويدي "جونز جاكوب بيرزيليوس"، ويتواجد في عدة معادن أهمها المونازيت، والذي يحتوي على 12% تقريبا من أكسيد الثوريوم كما يوجد من هذا المعدن مخزون طبيعي في عديد من البلدان أهمها الهند. والثوريوم يمتاز بنشاط اشعاعي طفيف، ويوجد في الطبيعة لذلك يستعمل كمنبع للوقود النووي.

- **الجزء الأول:**

أنوية الثوريوم $^{232}_{90}Th$ مشعة للجسيمات α.

1. ما المقصود بـ: نواة مشعة، جسيمات α.
2. اكتب معادلة التفاعل النووي، علما أن النواة الناتجة هي $^{A}_{Z}Ra$.
3. تمكنا بواسطة محاكاة للنشاط الإشعاعي لعينة من الثوريوم 232 كتلتها الابتدائية m_0 من رسم البياني $-dm/dt = f(m)$ – الممثل في الشكل (01).



أ- انطلاقا من قانون التناقص الاشعاعي، بين أن: $m(t) = m_0.e^{-\lambda.t}$

ب- بين أن المعادلة التفاضلية لكتلة الثوريوم المتبقية، تكتب من الشكل:

$$\frac{dm}{dt} + \lambda.m = 0$$

جـ- بالاعتماد على الشكل (01)، حدد كل من m_0 وλ، ثم أحسب N_0 عدد أنوية الثوريوم الابتدائية.

د- استنتج قيمة $t_{1/2}$ نصف عمر الثوريوم بـ ans، ثم فسر معنى "الثوريوم يمتاز بنشاط إشعاعي طفيف".

- **الجزء الثاني:**

عندما يتم قذف أنوية الثوريوم 232 بالنترونات البطيئة يعطي الثوريوم 233 المشع، وينتج عنه البروتاكتينيوم $^{233}_{91}Pa$، الذي هو بدوره يشع ويعطي في الأخير اليورانيوم 233 القابل للانشطار. ننمذج التحولات النووية بالمعادلة التالية:

$$^{232}_{90}Th + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{233}_{90}Th \dots (1)$$
$$^{233}_{90}Th \rightarrow ^{233}_{91}Pa + \beta^- \dots (2)$$
$$^{233}_{91}Pa \rightarrow ^{233}_{92}U + \beta^- \dots (3)$$

1. صنف التفاعلات السابقة إلى مفتعلة أو تلقائية.
2. $^{232}_{90}Th$ غير قابل للانشطار برر إذن "يستعمل كمنبع للوقود النووي".

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

- **الجزء الثالث:**

يستعمل نظير اليورانيوم $^{233}_{92}U$ كوقود مفاعل نووي لإنتاج الطاقة الكهربائية بمردود طاقوي يقدر بـ 35%. تنشطر نواة اليورانيوم $^{233}_{92}U$ الناتجة إثر قذفها بنيترون إلى نواتي الكزينون $^{137}_{54}Xe$ والسترونتيوم $^{94}_{38}Sr$ وتحرير عدد من النيترونات x.

1. أكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل الانشطار النووي الحادث، ثم أحسب قيمة x.
2. تفاعل انشطار اليورانيوم 233 هو تفاعل تسلسلي مغذى ذاتيا. فسر ذلك.

من إعداد الأستاذ بوزيان زكرياء
www.dzphysique.com
07-80-51-60-75
Bouzianedz48 Bouzianezaki Prof.zakidz48 Zakidz48

3. يمثل الشكل (02) مخطط الحصيلة الكتلية لهذا التحول النووي.

أ- ماذا تمثل كل من Δm_1 ، Δm_2 و Δm_3؟

ب- اعتمادا على المخطط، أوجد:

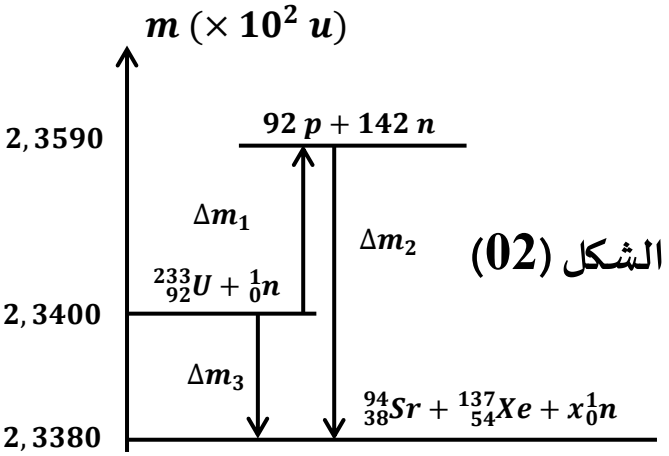
- طاقة الربط E_l لنواة اليورانيوم 233.
- الطاقة المحررة E_{Lib} عن انشطار نواة اليورانيوم 233 بوحدة MeV.

جـ- إذا علمت أن النقص الكتلي لنواة السترونتيوم $^{94}_{38}Sr$ هو $\Delta m = 0{,}8671\ u$. أحسب طاقة الربط لنواة الكزينون 137، ثم قارن بين استقرار النواتين $^{94}_{38}Sr$ و $^{137}_{54}Xe$.

4. أحسب بالجول J الطاقة الكهربائية التي ينتجها هذا المفاعل النووي عند استهلاك $1\ Kg$ من اليورانيوم 233.

يعطى:

$$1\ MeV = 1{,}6 \times 10^{-13}\ J \quad N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1} \quad 1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2$$



الشكل (02)

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

التمرين السادس:

تفاعل الاندماج النووي تفاعل ناشر للحرارة، لكن إنجازه يطرح عدة صعوبات تقنية من بينها: ضرورة تسخين الخليط إلى درجة حرارة عالية تفوق 100 مليون درجة لضمان انطلاق التفاعل.

من بين تفاعلات الاندماج اندماج النظيرين الدوتيريوم ^2_1H والتريتيوم ^3_1H والذي يعطي نواة الهيليوم ^4_2He ونترون ^1_0n.

1. عرف ما يلي: الاندماج النووي، النظائر
2. اشرح لماذا يتم تسخين الخليط إلى درجة حرارة عالية تفوق 100 مليون درجة.
3. اكتب معادلة الاندماج النووي بين النظرين الدوتيريوم ^2_1H والتريتيوم ^3_1H.
4. أحسب بالـ (MeV) ثم بالـ (J) الطاقة التي يحررها هذا التفاعل.
5. يوجد الدوتيريوم ^2_1H بوفرة في مياه المحيطات، حيث يقدر الاحتياط العالمي منه بـ $4{,}6 \times 10^{16}\ kg$ وهو غير مشع، أما التريتيوم ^3_1H يمكن الحصول عليه انطلاقا من عنصر ^4_2X بعد قذفه بنترون حسب المعادلة التالية: $^4_2X + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He + {}^3_1H$

أ- حدد رمز النواة $^{A}_{Z}X$ من بين الأنوية التالية: $_{5}B$، $_{4}Be$، $_{3}Li$، $_{2}He$

ب- أحسب الطاقة الناتجة عن استهلاك $m = 1\ kg$ من الدوتيريوم $^{2}_{1}H$.

جـ- الاستهلاك السنوي من الطاقة الكهربائية يقدر بـ $E = 4 \times 10^{20}\ J$، باعتبار مردود تحول الطاقة الحرارية إلى الطاقة الكهربائية هو 33%.

- احسب بالسنوات المدة الزمنية اللازمة لاستهلاك المخزون العالمي من الدوتيريوم $^{2}_{1}H$.

المعطيات:

$$m(^{4}_{2}He) = 4{,}0015\ u \quad m(^{2}_{1}H) = 2{,}01355\ u \quad m(^{3}_{1}H) = 3{,}0155\ u$$
$$N_A = 6{,}022 \times 10^{23}\ mol^{-1} \quad 1\ MeV = 1{,}6022 \times 10^{-13}\ J \quad m(^{1}_{0}n) = 1{,}00866\ u$$
$$1\ u = 1{,}6605 \times 10^{-27} kg \quad 1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2$$

التمرين السابع:

اليورانيوم الطبيعي هو خليط مكون أساسا من النظير 238 بالإضافة إلى عدة نظائر أخرى من بينها اليورانيوم 235 الذي يتميز بكونه نواة قابلة للانشطار، إلا أن وفرته في الطبيعة ضعيفة ولا تتجاوز 0,72 %، ولاستعماله كوقود نووي، يتم اللجوء إلى تخصيب اليورانيوم، أي الرفع من نسبة النظير 235.

1. عرف ما يلي: النظائر، الانشطار النووي.
2. أحسب طاقة الربط النووي لنظيري اليورانيوم 235 و238.
3. أحسب طاقة الربط لكل نوية لكل من النظيرين 235 و238، ثم استنتج النظير الأكثر استقرارا.

يعتمد انتاج الطاقة في المفاعلات النووية على انشطار اليورانيوم 235. عندما يصطدم نوترون بنواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ فإن إحدى الانشطارات الممكنة تؤدي إلى تكون نواة السيريوم $^{146}_{58}Ce$ ونواة السيلينيوم $^{85}_{34}Se$ بالإضافة إلى x نترونات حرة.

4. أكتب معادلة هذا التفاعل النووي، محددا x.
5. احسب بالـ (MeV) ثم بالـ (J)، الطاقة E_{Lib} التي يحررها تفاعل انشطار نواة اليورانيوم 235.

يشتغل المفاعل النووي بوقود نووي من اليورانيوم المخصب بـ 3,7 %، وسنويا يستهلك كتلة m من اليورانيوم.

6. أحسب كتلة اليورانيوم 235 الموجودة في $m' = 1\ kg$. واستنتج عدد نوى اليورانيوم 235 الموجودة في نفس الكتلة من اليورانيوم المخصب بـ 3,7 %.
7. أحسب الطاقة الناتجة عن كتلة $m' = 1\ kg$.

تعطي المحطات النووية المستعملة لليورانيوم على أقصى تقدير استطاعة كهربائية $P_e = 1455\ MW$، مردود تحول الطاقة الحرارية إلى الطاقة الكهربائية هو 34,2 %.

8. احسب m الكتلة الإجمالية لليورانيوم التي يستعملها المفاعل خلال سنة.

المعطيات:

$$m(^{238}_{92}U) = 238{,}0003\ u \quad m(^{235}_{92}U) = 234{,}9935\ u \quad m(^{146}_{58}Ce) = 145{,}8782\ u$$
$$m(^{85}_{34}Se) = 84{,}9033\ u \quad m(^{1}_{1}P) = 1{,}0073\ u \quad m(^{1}_{0}n) = 1{,}0087\ u$$
$$1\ u = 1{,}6605 \times 10^{-27} kg \quad 1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2 \quad 1\ MeV = 1{,}6022 \times 10^{-13}\ J \quad N_A = 6{,}022 \times 10^{23}\ mol^{-1}$$