الجزء 2 : التحولات النووية

الإطار المرجعي للامتحان الوطني الموحد

الوحدة 4: التناقص الإشعاعي:

- معرفة مدلول الرمز ${}^{A}_{Z}X$ و إعطاء تركيب النواة التي يمثلها.
- تعرف نظائر عنصر كيميائي.
- التعرف على مجالات استقرار وعدم استقرار النوى من خلال المخطط (N,Z) « مخطط سيغري » .
- تعريف نواة مشعة. و استغلال المخطط (N,Z) .
- معرفة واستغلال قانوني الانحفاظ.
- تعريف التفتتات النووية α و β^+ و β^- والانبعاث γ.
- كتابة المعادلات النووية بتطبيق قانوني الانحفاظ.
- التعرف على طراز التفتت النووي انطلاقا من معادلة نووية.
- معرفة واستغلال قانون التناقص الإشعاعي واستثمار المنحنى الذي يوافقه.
- معرفة أن $1Bq$ يمثل تفتتا واحدا في الثانية.
- تعريف ثابتة الزمن τ و نصف العمر $t_{1/2}$.
- استغلال العلاقات بين الثابتة الإشعاعية λ و τ و $t_{1/2}$.
- استعمال معادلة الأبعاد لتحديد وحدة λ و τ .
- تحديد العنصر المشع المناسب لتأريخ حدث معين.

الوحدة 5: النوى – الكتلة و الطاقة:

- تعريف وحساب النقص الكتلي Δm وطاقة الربط E_ℓ.
- تعريف وحساب طاقة الربط بالنسبة لنوية $\mathscr{E}$ و استغلالها.
- استغلال منحنى أسطون لتحديد النوى الأكثر استقرارا.
- معرفة علاقة التكافؤ كتلة – طاقة وحساب طاقة الكتلة .
- استعمال مختلف وحدات الكتلة و الطاقة و العلاقة بين هذه الوحدات .
- تعريف الانشطار والاندماج.
- تحليل منحنى أسطون لاستجلاء الفائدة الطاقية للانشطار وللاندماج.
- كتابة معادلات التحولات النووية للانشطار وللاندماج بتطبيق قانوني الانحفاظ .
- تعرف نوع التفاعل النووي انطلاقا من المعادلة النووية.
- إنجاز الحصيلة الطاقية لتفاعل نووي باستعمال: طاقات الكتلة. طاقات الربط. مخطط الطاقة.
- حساب الطاقة المحررة (أو الناتجة) من طرف تفاعل نووي: $E_{libérée}=|\Delta E|$ (ΔE تمثل الطاقة الناتجة).
- تعرف بعض تطبيقات النشاط الإشعاعي و معرفة بعض أخطاره.

نسبة الأهمية	المستويات المهارية / المجالات المضامينية	استعمال الموارد (المعارف والمهارات)	تطبيق حل تجريبي	حل مشكل	المجموع
	التحولات النووية	4 %	10 %	2,8 %	8 %

2 التحولات النووية Les Transformations Nucléaires

- التناقص الإشعاعي.
- النوى – الكتلة و الطاقة.

التمرين 1°: Appli | 20 min

أتم الجدول التالي:

المعادلة النووية	طراز التفتت النووي
$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + ...$	.....
$^{80}_{35}B \longrightarrow ..... + {}^{0}_{1}e$	.....
$^{16}_{8}O^{*} \longrightarrow {}^{16}_{8}O + ...$	.....
$^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{....}Pb + ...$	.....
$^{24}_{12}Mg^{*} \longrightarrow ..... + ...$	γ
$^{24}_{11}Na \longrightarrow {}^{....}_{....}Mg + ...$	β^{+}
$^{32}_{15}P \longrightarrow {}^{....}_{....}S + ...$	β^{-}
$^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{....}_{....}Th + ...$	α

التمرين 2°: Type BAC | 20 min

تحتوي المياه الطبيعية على الكلور 36 الإشعاعي النشاط و الذي يتجدد باستمرار في المياه السطحية بحيث يبقى تركيزه ثابتا، عكس المياه الجوفية الساكنة التي يتناقص فيها تدريجيا مع الزمن.

- **معطيات:**

النواة أو الدقيقة	الكلور 36	النوترون	البروتون	الإلكترون
الرمز	$^{36}_{17}C\ell$	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}p$	$^{0}_{-1}e$
الكتلة بـ (u)	35,9590	1,0087	1,0073	0,00055

- عمر النصف للكلور 36 : $t_{1/2}=3,01.10^{5}$ ans.
- $1u=931,5\ MeV.c^{-2}$.
- كتلة نويدة الأرغون 36 : $m(^{36}Ar)=35,9577\ u$

I) تفتت نويدة الكلور 36 :

ينتج عن تفتت نويدة الكلور $^{36}_{17}C\ell$ نويدة الأرغون $^{36}_{18}Ar$.

1. أعط تركيب نويدة الكلور $^{36}_{17}C\ell$.
2. احسب بـ MeV طاقة الربط لنواة الكلور 36 .
3. اكتب معادلة هذا التفتت و حدد نوع نشاطه الإشعاعي.
4. حدد بـ MeV الطاقة الناتجة عن تفتت نواة واحدة من الكلور 36.

II) تأريخ فرشة مائية ساكنة:

أعطى قياس النشاط الإشعاعي، عند لحظة t، لعينة من المياه السطحية القيمة $a_1=11,7.10^{-6}$ Bq و لعينة أخرى لها نفس الحجم من المياه الجوفية الساكنة القيمة $a_2=1,19.10^{-6}$ Bq .

نفترض أن الكلور 36 هو المسؤول الوحيد عن النشاط الإشعاعي في المياه و أن نشاطه في المياه السطحية يساوي نشاطه في المياه الجوفية الساكنة لحظة تكون الفرشة المائية الجوفية و التي نأخذها أصلا للتواريخ.

حدد بالسنة عمر الفرشة المائية الجوفية المدروسة.

التمرين 3°: Type BAC | 30 min

يعتبر الرادون $^{222}_{86}Rn$ من الغازات الخاملة و المشعة طبيعيا و ينتج عن التفتت الإشعاعي الطبيعي لمادة الأورانيوم $^{238}_{92}U$ الموجود في الصخور. يمثل استنشاق الرادون 222 ثاني أهم أسباب الإصابة بسرطان الرئة بعد التدخين. للحد من المخاطر الناجمة عم تعرض الأفراد لمادة الرادون توصي منظمة الصحة العالمية باعتماد $100\ Bq/m^3$ كمستوى مرجعي و عدم تجاوز $300\ Bq/m^3$ كحد أقصى.

- **معطيات:**

النواة أو الدقيقة	الرادون 222	النوترون	البروتون
الكتلة بـ (u)	221,9703	1,0087	1,0073

- عمر النصف لنويدة الرادون 222: $t_{1/2}=3,9$ jours.
- الكتلة المولية للرادون: $M(Rn)=222\ g.mol^{-1}$.
- $1u=931,5\ MeV.c^{-2}$.
- ثابتة أفوكادرو: $N_A=6,02.10^{23}\ mol^{-1}$.

I) تفتت نويدة الأورانيوم 238 :

ينتج عن تفتت نويدة $^{238}_{92}U$ نويدة $^{222}_{86}Rn$ و دقائق α و β^{-} .

1. أعط تركيب نويدة $^{222}_{86}Rn$.
2. احسب بـ MeV طاقة الربط للنواة $^{222}_{86}Rn$.
3. استنتج طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الرادون 222.
4. حدد عدد التفتتات من نوع α و عدد التفتتات من نوع β الناتجة عن هذا التحول.

II) التحقق من جودة الهواء داخل مسكن:

عند لحظة $t_0=0$ نعتبرها أصلا للتواريخ، أعطى قياس نشاط الرادون 222 في كل متر مكعب من الهواء المتواجد في مسكن القيمة $a_1=5.10^{3}$ Bq .

1. حدد ، عند t_0 ، كتلة الرادون المتواجد في كل متر مكعب من هذا المسكن.
2. احسب عدد الأيام اللازمة لكي تصبح قيمة النشاط الإشعاعي داخل المسكن تساوي الحد الأقصى المسموح به من طرف منظمة الصحة العالمية.

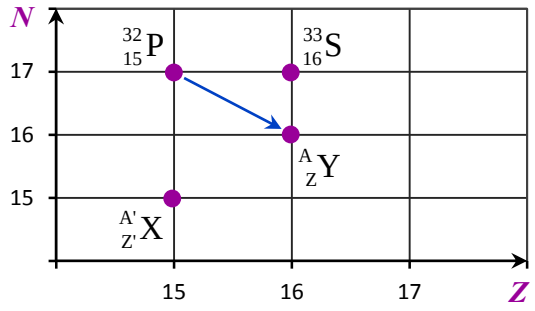
التمرين 4° : | 20 min | Type BAC

عند إصابة النخاع العظمي بداء الفاكيز يحدث تكاثر غير طبيعي في عدد الكريات الحمراء للدم، و لمعالجته يتم اللجوء إلى الحقن الوريدي للمريض بمحلول يحتوي على الفوسفور $^{32}_{15}P$ الإشعاعي النشاط الذي يلتصق بشكل انتقائي بالكريات الحمراء الزائدة في الدم فيدمرها بفعل الإشعاع المنبعث منه.

معطيات:

النواة أو الدقيقة	الفوسفور 32	النوترون	البروتون
الكتلة بـ (u)	31,965678	1,00866	1,00728

- ثابتة النشاط الإشعاعي للفوسفور32: $\lambda=4,84.10^{-2}\ jours^{-1}$.
- $1u=931,5\ MeV.c^{-2}$.



المخطط (N,Z)

1. أذكر الفرق بين نظيرين لعنصر كيميائي.
2. اعتمادا على المخطط (N,Z) الممثل أعلاه :
   - أ- حدد النويدة $^{A}_{Z}Y$ المشار إليها في المخطط.
   - ب- اكتب معادلة التفتت الموافقة لتحول النويدة $^{32}_{15}P$ إلى النويدة $^{A}_{Z}Y$ ، محددا طراز التفتت.
3. نعتبر النويدتين $^{32}_{15}P$ و $^{A'}_{Z'}X$ (انظر المخطط).
   - أ- احسب $\mathscr{E}(^{35}P)$ طاقة الربط بالنسبة لنوية للنويدة $^{32}_{15}P$.
   - ب- حدد ، معللا جوابك، النويدة الأكثر استقرارا من بين النويدتين $^{32}_{15}P$ و $^{A'}_{Z'}X$ ، علما أن طاقة الربط بالنسبة لنوية للنويدة $^{A'}_{Z'}X$ هي $\mathscr{E}(A'X)=8,35\ MeV/nucléon$.
4. تم حقن مريض عند اللحظة (t=0) بجرعة من دواء يحتوي على الفوسفور ^{32}P . ينعدم مفعول الدواء في جسم المريض عندما يصبح النشاط الإشعاعي للعينة مساويا لـ 1% من قيمته البدئية $(a=a_0/100)$.
   حدد بالأيام (jours) المدة الزمنية اللازمة لانعدام مفعول الدواء.

التمرين 5° : | 20 min | Type BAC

معطيات:

- كتلة النواة $^{24}_{12}Mg$: 23,97846 u ؛
- كتلة النواة $^{24}_{11}Na$: 23,98493 u ؛
- كتلة الإلكترون : 0,00055 u ؛
- كتلة البروتون : 1,00728 u ؛
- كتلة النوترون : 1,00866 u ؛
- $1u=931,5\ MeV/c^2$ و $1MeV=1,6.10^{-13}\ J$

ينتج عن تفتت الصوديوم $^{24}_{11}Na$ نواة المغنيزيوم $^{24}_{12}Mg$ و دقيقة X.

1. تعرف على الدقيقة X ثم حدد طراز التفتت النووي للصوديوم 24.
2. هل يمكن لنواة الصوديوم أن يكون لها نشاط إشعاعي α ؟
3. احسب بالوحدة MeV الطاقة المحررة E_{lib} خلال هذا التفتت.
4. حدد بالوحدة J/nucléon ، طاقة الربط بالنسبة لنوية $\mathscr{E}$ لنواة الصوديوم $^{24}_{11}Na$.
5. احسب بالوحدة MeV الطاقة المحررة خلال تفتت كتلة m=10g من نوى الصوديوم 24 .

التمرين 6° : | 30 min | Type BAC+

تَكَوُّنُ الهيليوم انطلاقا من الدوتريوم و التريسيوم (نظيرا الهيدروجين) هو تفاعل اندماج نووي يحدث تلقائيا و باستمرار في قلب النجوم محررا طاقة هائلة. و قد حاول الإنسان إحداث هذا التفاعل في المختبر من أجل استغلال الطاقة المحررة و التحكم في استعمالها عند الضرورة. لكن الطريق لازال طويلا للتغلب على مختلف العوائق التقنية.

ننمذج هذا التفاعل بالمعادلة التالية:

$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{A}_{Z}He + {}^{1}_{0}n$$

معطيات:

النواة أو الدقيقة	الدوتريوم	التريسيوم	الهيليوم	النوترون
الكتلة بـ (u)	2,01355	3,01550	4,00150	1,00866

- $1u=931,5\ MeV.c^{-2}$.

1. أعط تعريف الاندماج النووي.
2. حدد العددين A و Z محددا القوانين المستعملة.
3. احسب بالوحدة MeV الطاقة المحررة E_{lib} خلال هذا التفاعل النووي (تفاعل الاندماج النووي)
4. يمكن لليورانيوم ^{235}U أن ينشطر عند قذفه بنوترون في مفاعل نووي يعمل بالماء المضغوط (REP) وفق المعادلة التالية.

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{131}_{53}I + {}^{99}_{a}Y + b\ {}^{1}_{0}n$$

- أ- ما اسم هذا النوع من التفاعل النووي.
- ب- حدد العددين a و b .
- ج- ماذا تتوقع حدوثه لو لم يتم مراقبة هذا التحول داخل المفاعل النووي بفصل النوترونات المحررة.

5. تحتوي عينة من التربة على عنصر التريسيوم المشع . عند اللحظة $t_1=1,5ans$ يكون النشاط الإشعاعي لهذه العينة هو $a_1=1,8.10^6Bq$، و يكون نشاطها الإشعاعي $a_2=1,6.10^6Bq$ عند اللحظة $t_2=4ans$.
   حدد النشاط الإشعاعي a_3 للعينة المدروسة عند اللحظة $t_3=12,4\ ans$.

ارشادات:

لحساب a_3 حدد أولا الثابتة الإشعاعية λ .

التمرين 7° : Type BAC | 20 min

تعتبر طريقة التأريخ بالكربون 14 من بين التقنيات المعتمدة من طرف العلماء قصد تحديد أعمار بعض الحفريات و الصخور، إذ تبقى نسبة الكربون 14 ثابتة في الغلاف الجوي و في الكائنات الحية و عند موت هذه الأخيرة تتناقص فيها هذه النسبة بسبب النشاط الإشعاعي.

معطيات:

النواة أو الدقيقة	الكربون $^{14}_{6}C$	الأزوت $^{14}_{7}N$	الإلكترون
الكتلة بـ (u)	13,9999	13,9992	0,0005

- عمر النصف لنواة الكربون 14 هو: $t_{1/2}=5570\ ans$.
- $1u=931,5\ MeV.c^{-2}$.

نويدة الكربون $^{14}_{6}C$ إشعاعية النشاط ينتج عن تفتتها التلقائي نويدة الأزوت $^{14}_{7}N$.

1. أعط تعريف النشاط الإشعاعي.
2. اكتب معادلة هذا التفتت و حدد نوع النشاط الإشعاعي.
3. أعط تركيب النواة المتولدة.
4. احسب بـ MeV الطاقة ΔE الناتجة عن تفتت نويدة الكربون 14.
5. تم العثور من طرف علماء الحفريات على تمثال من خشب نشاطه الإشعاعي 135 Bq .

علما أن نشاط قطعة خشبية حديثة لها نفس الكتلة و من نفس نوع الخشب الذي صنع منه التمثال هو 165 Bq .

حدد بالسنة العمر التقريبي للتمثال الخشبي.

التمرين 8° : Type BAC | 30 min

يستعمل علماء الجيولوجيا و الفلكيون طريقة التأريخ بالبوتاسيوم–أرغون لتحديد عمر الصخور القديمة و النيازك ...

معطيات:

النواة أو الدقيقة	البوتاسيوم $^{40}_{19}K$	الأرغون $^{40}_{18}Ar$	البوزيترون
الكتلة بـ (u)	39,9740	39,9624	0,0005

- عمر النصف لنواة للبوتاسيوم 40 هو: $t_{1/2}=1,3.10^{9}\ ans$ ؛
- عمر النصف لنواة الكربون 14هو: $t_{1/2}=5570\ ans$ ؛
- الكتل المولية: $M(^{40}K)=M(^{40}Ar)$ ؛
- $1u=931,5\ MeV.c^{-2}$.

نويدة البوتاسيوم $^{40}_{19}K$ إشعاعية النشاط ينتج عن تفتتها التلقائي نويدة الأرغون $^{40}_{18}Ar$.

1. اكتب معادلة تفتت النويدة $^{40}_{19}K$ مع تحديد طراز التفتت النووي.
2. احسب بالوحدة MeV الطاقة المحررة خلال هذا التحول النووي.
3. تبين من خلال تحليل عينة صخرية للبازالت أنها تحتوي عند لحظة t على الكتلة $m_K=1,57mg$ من البوتاسيوم 40 و على الكتلة $m_{Ar}=0,025\ mg$ من الأرغون 40.

نعتبر أن صخرة البازلت تكونت عند لحظة $t_0=0$ و أن الأرغون 40 المتواجد في الصخرة نتج فقط عن تفتت البوتاسيوم 40 .

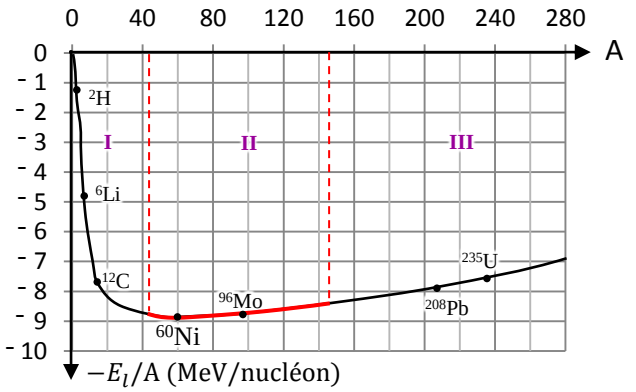
بين أن تعبير عمر الصخرة المعدنية هو : $t=\frac{t_{1/2}}{\ln 2}\cdot\ln\left(1+\frac{m_{Ar}}{m_K}\right)$

ثم احسب t بالسنة.

4. هل يمكن استعمال الكربون 14 لتأريخ هذا الحدث ؟

التمرين 9° : Type BAC+ | 20 min

نعتبر منحنى أسطون الممثل أسفله.



1. ما هو المدلول الفيزيائي أسطون Aston ؟
2. أين تتواجد النوى الأكثر استقرارا على المنحنى ؟ علل جوابك .
3. قارن استقرار نواة الأورانيوم 235 و نواة الرصاص 208 .
4. عين مبيانيا رتبة قدر طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة النيكل 60 .
5. استنتج طاقة الربط E_l لنواة النيكل 60.
6. عين مجال النويدات القابلة للانشطار و مجال النويدات القابلة للاندماج و مجال النويدات الأكثر استقرارا.

التمرين 10° : Type BAC | 20 min

يستعمل الأستات 211 ، إشعاعي النشاط α ، في الطب النووي لتشخيص و تتبع تطور بعض الأورام السرطانية.

ينتج عن تفتت نواة الأستات $^{211}_{85}At$ النظير $^{x}_{y}Bi$ لعنصر البيزموث.

يمثل الشكل التالي (أعلى الصفحة 5) منحنى تغيرات $\ln(N)$ بدلالة الزمن t ، مع N عدد نوى الأستات 211 المتبقية عند اللحظة t .

1. نواة البيزموث الناتجة عن تفتت النواة $^{211}_{85}At$ هي:

$^{206}_{83}Bi$ ■	$^{207}_{82}Bi$ ■	$^{207}_{83}Bi$ ■	$^{208}_{84}Bi$ ■

2. يساوي عمر النصف $t_{1/2}$ للأستات 211 بالساعات (h):

$t_{1/2}\approx 4,19$ ■	$t_{1/2}\approx 5,50$ ■	$t_{1/2}\approx 7,17$ ■	$t_{1/2}\approx 27,3$ ■

3. نعتبر عينة مشعة من الأستات 211 ، نشاطها الإشعاعي البدئي a_0 و نشاطها الإشعاعي عند لحظة t هو $a(t)$.

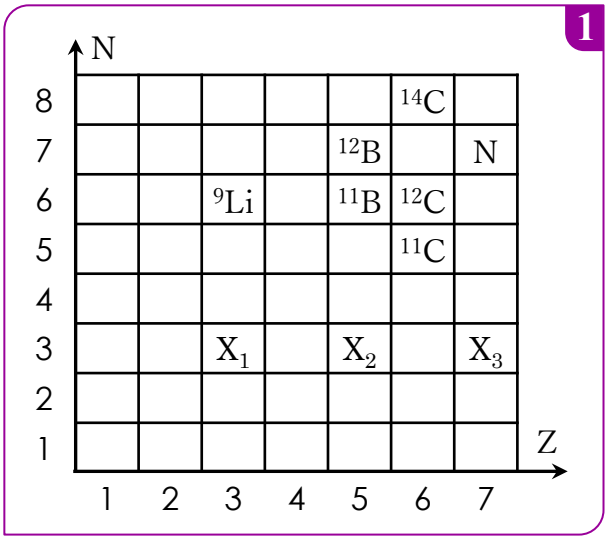
عند اللحظة $t_1=3.t_{1/2}$ تساوي النسبة $\frac{a(t_1)}{a_0}$ القيمية:

$\frac{1}{3}$ ■	$\frac{1}{6}$ ■	$\frac{1}{8}$ ■	$\frac{1}{9}$ ■

التمرين 12° : 30 min | Type BAC+

يعطي الشكل 1 الممثل أسفله جزءا من مخطط سيغري (N,Z).

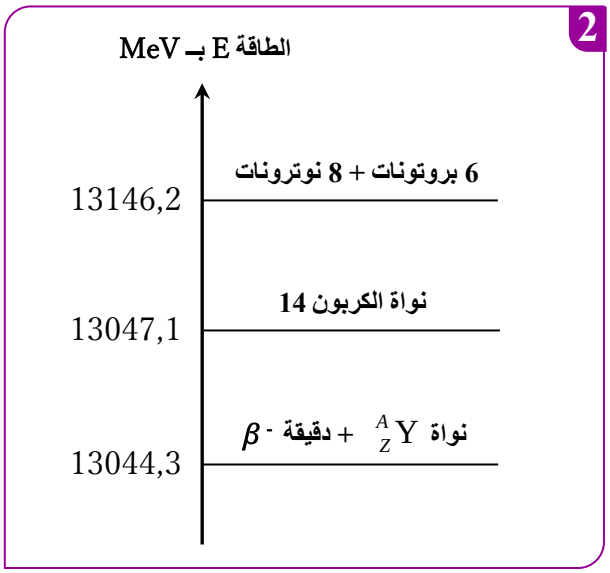
1

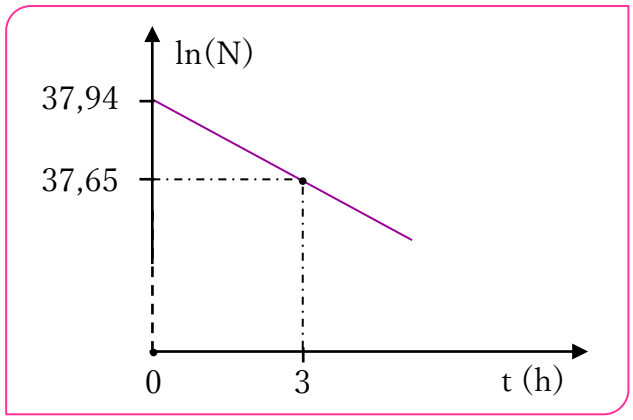


نواة الكربون 14 إشعاعية النشاط β^- ينتج عن تفتتها نواة $^{A}_{Z}Y$.

1. اكتب معادلة التفتت النووي للكربون 14 محددا النواة المتولدة $^{A}_{Z}Y$
2. تتفتت نواة الكربون $^{11}_{6}C$ لتعطي نواة البور $^{A'}_{Z'}B$.
   اكتب معادلة هذا التحول النووي محددا العددين A' و Z' .
3. اعتمادا على مخطط الطاقة الممثل في الشكل 2 :
   - أ- أوجد طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الكربون 14 .
   - ب- أوجد القيمة المطلقة للطاقة الناتجة عن تفتت نواة الكربون 14.
4. نأخذ قطعة من خشب قديم كتلتها m=0,295 g ، فنجد أن هذه العينة تعطي 1,40 تفتتا في الدقيقة.
   نعتبر أن التفتتات الملاحظة ناتجة فقط عن نوى الكربون 14 الموجودة في العينة المدروسة.
   - أ- عرف النشاط الإشعاعي 1 Bq .
   - ب- احسب نشاط هذه العينة بالوحدة (Bq) .
   - ج- حدد N عدد نوى الكربون 14 الموجودة في هذه القطعة الخشبية.
   علما أن عمر النصف للكربون 14 هو $t_{1/2}=5570$ ans .
5. تعرف على النويدات X_1 و X_2 و X_3 .

2





التمرين 11° : 20 min | Type BAC

تتولد عن تفتت نواة الثوريوم $^{230}_{90}Th$ نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$.

1. اكتب معادلة هذا التفاعل النووي محددا طبيعة الإشعاع المنبعث.
2. نسمي N(t) عدد نوى الثوريوم 230 الموجود في عينة من المرجان عند لحظة t و نسمي N_0 عدد هذه النوى عند t=0 .

   يمثل المبيان أسفله تطور النسبة $\frac{N(t)}{N_0}$ بدلالة الزمن.
   تحقق أن عمر النصف للثوريوم 230 هو $t_{1/2}=7,5.10^4$ ans.
3. يستعمل المبيان أسفله لتاريخ حدث معين من ترسب بحري.
   أُخذت، من قعر المحيط، عينة لها شكل أسطوانة ارتفاعها h. بين تحليل جزء كتلته m، أُخذ من القاعدة العليا لهذه العينة أنه يحتوي على الكتلة $m_S=30\,\mu g$ من الثوريوم 230 و بين تحليل جزء له نفس الكتلة أُخذ من القاعدة السفلى أنه يحتوي على كتلة $m_P=1,2\,\mu g$ من الثوريوم 230.

   نأخذ أصل التواريخ t=0 حيث تكون كتلة الثوريوم 230 هي $m_0=m_S$.
   أوجد بالسنة عمر الجزء المأخوذ من القاعدة السفلى للعينة.