

التحولات النووية

— الكفاءات المستهدفة —

- تعريف النواة المشعة ؛
- التمييز بين النشاطات الإشعاعية α ، β ، γ ؛
- استعمال قوانين التناقص الإشعاعي ؛
- إيجاد الناتج الطاقوي للتفاعلات النووية ؛
- التمييز بين تفاعلات الانشطار والاندماج ؛
- معرفة المنافع والمشاكل المطروحة في النووي .

— ما تعرفت عليه سابقا :

- كل الذرات تتكون من بروتونات تحمل شحنة موجبة و من إلكترونات شحنتها سالبة تدور في الفراغ حول النواة .
- شحنة البروتونات والإلكترونات متساوية و متعكسة في الإشارة فالذرة متعادلة كهربائيا .
- تتكون النواة من نيوكليونات منها البروتونات والتي تحمل شحنة موجبة بينما النيوترونات فشحنتها معدومة ،
- عدد إلكترونات الذرة يساوي عدد البروتونات المحتواة في نواتها .
- كتلة النوكليونات أكبر بكثير من كتلة الإلكترونات و منه فإن كتلة الذرة هي عمليا تساوي كتلة النواة .
- النظائر : هي الذرات التي لها نفس الرقم الذري Z و تختلف في عدد النيوترونات N و منه العدد الكتلي .

— نحو مصادر جديدة لإنتاج الطاقة

— إن الشمس تضئنا بفضل الطاقة التي تنتجها بواسطة تفاعلات الاندماج الحراري النووي . ما هي تفاعلات الاندماج ؟
— في سنة 1920 اكتشف العالمان البريطانيين Francis William ASTON و Arthur EDINGTON أنوية ذرات الهيدروجين ، المكون الأساسي للشمس . تحول إلى هيليوم بالاندماج . هذا التفاعل يحرر طاقة كبيرة جدا .
— مبدأ إنتاج الطاقة في الشمس مبني على تفاعلات ، يدخل فيها الهيدروجين ، من الصعب تحقيقها على كوكبنا و لكن الفكرة تبقى جيدة بحيث لإنتاج الطاقة على الأرض بنفس الطريقة التي تنتج داخل النجوم مثل الشمس ، يكفي استبدال الهيدروجين بأنوية يمكنها الاندماج على مستوى الأرض مثل الدوتريوم و التريسيوم و هما نظيرين للهيدروجين و ذلك بالتسخين إلى درجة حرارة عالية من رتبة $10^6 \cdot 100$ °C . على هذا التفاعل تتركز الأبحاث حاليا حول الاندماج المراقب : $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$

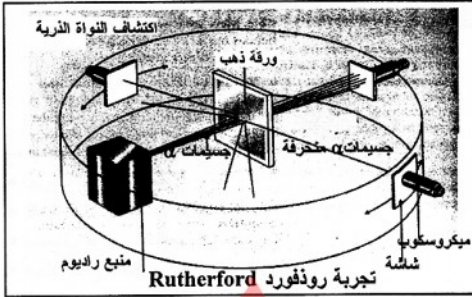
— يمكن الحصول على غرام من الديتيريوم (أحد الأنوية المستعملة في تفاعل الاندماج) من 300 لتر من ماء البحر . هذا يعني أن مياه المحيطات بإمكانها وحدها تلبية إحتياجات بشرية مدة ما يقارب المليار سنة .
— الاندماج المراقب يمثل تحديا علميا وتكنولوجيا كبيرا يمكن له الإستجابة للمشاكل العويضة والحصول على مصادر جديدة للطاقة على المدى القريب أو البعيد . بجانب طاقة الانشطار التي تنتج حاليا ، تشكل طاقة الاندماج الأمل في الحصول على مصدر طاقة نظيف ومتوفر على مدى القرن الواحد والعشرين .

مشروع ITER (INTERNATIONAL THERMONUCLEAR EXPERIMENTAL REACTOR)

على فكرة إنتاج الطاقة بواسطة اندماج الذرات ولد مشروع ITER (المفاعل الحراري النووي التجريبي الدولي) و الهدف منه هو إثبات الإمكانية العلمية والتكنولوجية لإنتاج الطاقة بتفاعلات الاندماج الحراري النووي .
الإنشطار حاليا و الاندماج في المستقبل القريب إن شاء الله :
— من أجل نفس الكتلة من المتفاعلات ، تفاعل الاندماج ينتج طاقة أكبر من الطاقة المنتجة من الإنشطار بـ عدة مرات .
— في مجال النفايات : يجب انتظار 10^4 ans للحصول على نفايات ضعيفة النشاط الإشعاعي في الإنشطار . في الاندماج تنقص مدة الإنتظار هذه بـ 100 مرة . هنا تكمن أهمية مشروع ITER النووي .

1. البنية النووية

النموذج النووي



- تتكون النواة من بروتونات ونيوترونات يطلق عليها نوكلونات . الإلكترونات لا تساهم إلا بجزء قليل من الكتلة ولكنها تساهم بكل الشحنات السالبة .
- في المجموع تكون الذرة معتدلة كهربائيا (neutre) .
- كل الشحنات الموجبة وما يقارب كل الكتل للذرة متواجدة في نواتها .
- أغلب حجم الذرة مكون من الفراغ .
- إن أبسط نواة هي نواة الهيدروجين ، تحتوي على بروتون .
- كتلتها هي كتلة البروتون وحجمه هو $\frac{4}{3}\pi r_0^3$ حيث r_0 هو نصف قطر البروتون .

— من أكثر الدلائل إقناعا لوصف النموذج النووي هو التجربة التي قاما بها Ernest Marsden و Hans Geiger

- سنة 1909 تحت إدارة العالم الشهير Rutherford . يتم في هذه التجربة قذف ورقة رقيقة جدا من الذهب بواسطة جسيمات α موجبة حيث يتم بعث ومبضنة من ضوء على شاشة (وضعت خلف الورقة) في كل ملامسة لها مع جزيء (α) . لقد اكتشفا أن جزءا من هذه الجزيئات انحرفت بزوايا أكبر من 90° ، ما يعني أنه تم انعكاس . جسيمات أخرى حولت بزوايا أقل من 90° ، ما يشبه تنافرا إلكترونات بين شحنتين من نفس النوع ، ولكن غالبية جزيئات α لم يتم تحويلها بتاتا مما يبرهن من أن ورقة الذهب مكونة عمليا من الفراغ . إن النتائج التجريبية هي :
- تحتوي الذرة على نواة حجمها صغير أمام حجم الذرة ، مشحونة موجبا وتشكل غالبية كتلة الذرة .
- المسافة بين نواة وأخرى تكون كبيرة جدا .

مكونات النواة : تتكون نواة ذرة من البروتونات p والنوترونات n .
النوكلون : البروتونات والنوترونات تدعى بالنوكلونات .

عدد النوكلونات في النواة :

- تميز الذرة بعدد البروتونات في نواتها يرمز له بـ Z و يدعى العدد الذري .
- مجموع عدد البروتونات والنوترونات أي النوكلونات يرمز له بـ A و يدعى العدد الكتلي .
- عدد النوترونات في النواة يرمز له بـ N و يساوي إلى $A - Z$ أي : $N = A - Z$
- ملاحظة : عدد البروتونات لا يساوي دائما عدد النوترونات .
- رمز نواة ذرة
- نرمز لأي نواة ذرة في حالتها الطبيعية (العادية) بالرمز ${}_Z^AX$ حيث : X رمز طبيعة الذرة (نوعها)
- Z هو العدد الذري و يوافق عدد البروتونات .
- A هو العدد الكتلي و يوافق عدد النوكلونات .

مثال :

لديك نواة الذرة التالية : ${}_{14}^{60}C$ أي ذرة يرمز لها بهذا الرمز ؟ عين عددها الكتلي ، عدد البروتونات ثم استنتج عدد النوترونات .

الحل :

يمثل هذا الرمز ذرة الكربون وهو من الشكل ${}_Z^AX$ وبالمطابقة نجد أن : $A = 12$ و $Z = 6$ و بما أن عدد النوترونات $N = A - Z$ فيكون عددها إذن : $N = 12 - 6 = 6$.

الكتلة : كتلة النواة هي مجموع كتل البروتونات والنوترونات الموجودة في نواتها : $m = Z m_p + (A - Z) m_n$ النوكليد : هو اسم يطلق على نوع الذرة (بحيث يشمل عددا مميزا من البروتونات وعددا مميزا من النيوترونات) مثل ${}_{12}^{12}C$.

النظائر

— لاحظ العالم الإنجليزي أستون (1877 - 1945) أن ذرات من نفس العنصر الكيميائي تختلف في كتلتها الذرية أي تختلف في عددها الكتلي A رغم تساوي رقمها الذري Z أي أنها تختلف في عدد نوترونها .

- نسمي هذا النوع من الذرات نظائر . نرمز للذرة ونظائرها بنفس الرمز والإختلاف بينها يظهر في عددها الكتلي .
- لأغلبية العناصر الكيميائية عدد من النظائر . يختلف عدد النظائر من عنصر لآخر .

مثال :

لعنصر الهيدروجين H ثلاث نظائر وهي ${}_1^1H$ ، ${}_1^2H$ و ${}_1^3H$. للذرات الثلاث نفس الرقم الذري $Z = 1$

لكن $A_3 \neq A_2 \neq A_1$ ، إذن : $N_3 + Z \neq N_2 + Z \neq N_1 + Z$ أي أن الاختلاف يمكن في عدد النوترونات $N_1 \neq N_2 \neq N_3$

الوفرة الطبيعية (نسبة وجود النظير في الطبيعة) : بالنسبة لخليط طبيعي كتلته m ، يحتوي على العدد n من نظائر عنصر ما ، نعرف الوفرة الطبيعية x_i لنظير i كتلته m_i في هذا الخليط بالعلاقة التالية : $m = m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + \dots + m_n \cdot x_n$ ، و يعبر عنها عادة بالنسبة المئوية .

حساب الكتلة الذرية لعنصر له نظائر : الكتلة الذرية لعنصر له نظائر تحسب وفق النسبة المئوية لكل نظير في عينة أي :

$$m_x = (A_1 \times x) / 100 + (A_2 \times y) / 100 + \dots$$

حيث A_1 و A_2 هي الأعداد الكتلية للنظائر ، x و y هي النسب المئوية لكل نظير .

مثال :

إذا أخذنا عينة من غاز الكلور فنجدها تحتوي على 25% من الكور $^{37}_{17}\text{Cl}$ و 75% من الكور $^{35}_{17}\text{Cl}$.
لذلك تكون الكتلة الذرية للكلور تساوي : $m_{\text{Cl}} = (35 \times 75) / 100 + (37 \times 25) / 100 = 35,5 \text{ u}$

تطبيق : لديك الذرات ^3_1T ، ^2_1D ، ^1_1H هل هي نظائر ؟ إلى أي عنصر تنتمي ؟ - أعط تمثيلها الرمزي .
الحل :

— إن الذرات الثلاث نظائر لأن لها نفس الرقم الذري $Z = 1$. — تنتمي لنفس العنصر الكيميائي وهو عنصر الهيدروجين H
— التمثيل الرمزي : ^1_1H ذرة الهيدروجين ، $^2_1\text{D} \Leftrightarrow ^2_1\text{H}$ ذرة الدوتريوم ، $^3_1\text{T} \Leftrightarrow ^3_1\text{H}$ ذرة التريسيوم .

2. النشاط الإشعاعي

نص وتلقي :

في سنة 1895 اكتشف العالم الفيزيائي بيكريل (Henri Becquerel) النشاط الإشعاعي عن طريق الصدفة حينما كان يقوم بأبحاث علمية على أشعة X وعلاقتها مع ظاهرة الفسفرة **Phosphorescence** التي تتمثل بتعرض بعض الأملاح لأشعة الشمس مدة زمنية لإثارتها و بعد ذلك تصبغ هذه الأملاح مشبعة لمدة زمنية معينة تستعمل لأخذ الصور الإشعاعية في الطب في يوم 26 فبراير 1896 م اختار بيكريل أملاح اليورانيوم لتعرضها لأشعة الشمس و لكن ذلك اليوم كان يوما عاتما ومظلمًا ، تعذر عليه تعريض هذه الأملاح لأشعة الشمس ، فوضعها في درج مكتبته مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميكا أسود و عاتم و هذا في انتظار يوم مشمس . في أول مارس من نفس السنة كان يوما مشمسًا ، قام بيكريل بفتح درج مكتبته و تفحص الصفائح الفوتوغرافية فلاحظ بالبهار كبير أنها متأثرة رغم عدم تعريض الأملاح للأشعة الشمسية . و هذا ما أدى إلى اكتشاف أن أملاح اليورانيوم تبعث تلقائيا أشعة غير مرئية تترك أثارا على صفائح فوتوغرافية .



Becquerel

و سنتان بعد ذلك لاحظ الفيزيائيون بيير كوري و زوجته ماري كوري أن عنصر الثوريوم يبعث نفس الأشعة التي اكتشفها بيكريل .

كانت هذه الإكتشافات الخطوة الأساسية لإطلاق أبحاث أخرى أدت إلى التعرف و تصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة . حيث تم التعرف على الأشعة المنبعثة من اليورانيوم من طرف العالمان رودرفورد و صودي التي هي عبارة عن أنوية الهيليوم ^4_2He و سميت أشعة α . و في سنة 1900 تعرف بيكريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية و هو (β^-) و هو عبارة عن انبعاث إلكترونات e^- . و بعد ذلك أبرز العالم الفرنسي بول فيلار و جود الأشعة γ و هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية .

تحليل النص :

1— سبق لك و أن أجريت فحص طبي و طلب منك صورة إشعاعية Radio . اشرح كيف أخذت الصورة ؟

— وضع التقني صفيحة حساسة لأشعة X تحت اليد . جعل أشعة X تمر عبر اليد لتصل إلى الصفيحة . الأجزاء العاتمة من اليد مثل العظم لا تمر عبرها أشعة X و منه تظهر على الصفيحة الفوتوغرافية ظل العظم أي صورة العظم لليد .

2— كيف استنتج بيكريل أن أملاح اليورانيوم هي التي تبعث أشعة غير مرئية ؟

— عند وضع أملاح اليورانيوم داخل درج مع صفائح فوتوغرافية مغلفة و عاتمة و بعد يومين تبين له أن الصفائح تأثرت بأشعة شبيهة بالأشعة X أي غير مرئية فاستنتج بيكريل أن أملاح اليورانيوم هي مصدر الأشعة .

3— هل تم اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي بالصدفة أم كان هناك تنبؤ نظري باكتشافها ؟
— لقد كان هذا الإكتشاف بالصدفة .

4- ما هو النشاط الإشعاعي ؟ كيف يمكن الكشف عن مادة مشعة ؟

– النشاط الإشعاعي هو تحول طبيعي تلقائي لنواة مشعة أي غير مستقرة إلى نواة أخرى و ذلك بانبعث إشعاعات نشيطة .
يمكن الكشف عن مادة مشعة بوضعها أمام صفائح فوتوغرافية في غياب الأشعة المرئية .

5- اذكر النواتين المشعيتين التي تم التعرف عليهما إلى حدود سنة 1898م
– الإجابة من Internet هما : الثوريوم ^{234}Th و اليورانيوم ^{238}U

تعريف النشاط الإشعاعي :

النشاط الإشعاعي تحول طبيعي و تلقائي و غير مرتقب في الزمن ، تتحول خلاله نواة غير مستقرة تسمى نواة الأب إلى نواة أخرى تسمى بنواة لابن تتولد في حالة إثارة أقل طاقة . و تسمى النواة غير المستقرة بالنواة المشعة .

استقرار الأنوية

1- القوة النووية القوية و استقرار الأنوية

جميع بروتونات النواة مشحونة موجبا . هذا يؤدي إلى تنافرها دوما لأ الشحنات من نفس النوع تتنافر ، هذا يعني أن هناك قوة تحافظ على تماسك النواة وإلا حدث الانشطار (الانقسام) . الاسم المعطى لهذه القوة هو القوة النووية القوية .
إنها تربط النيوترونات والبروتونات مع بعضها البعض .
– تحافظ النيوترونات في الأنوية المستقرة على إبقاء البروتونات بعيدة عن بعضها البعض حتى تبقى القوة النووية القوية مساوية لتنافر القوة الكهروستاتيكية .

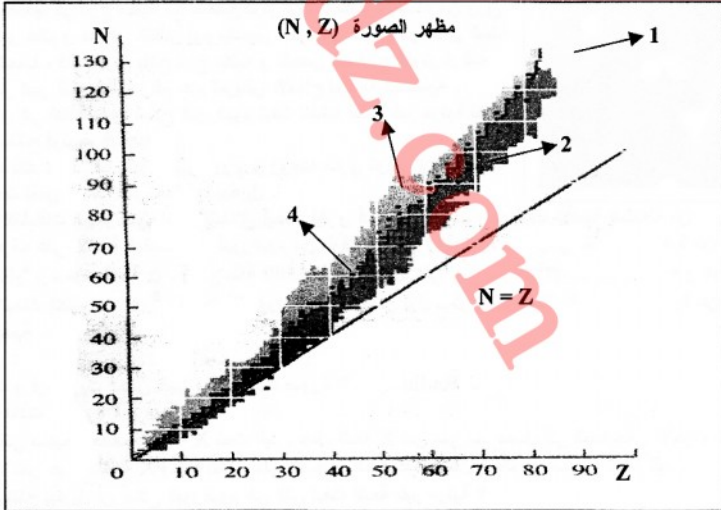
لماذا بعض الأنوية غير مستقرة ؟

استقرار الأنوية يرجع إلى التناقض بين التأثيرين المتبادلين (قوتين) :

1- الفعل المتبادل القوي (القوة النووية القوية) ذو الخصائص :
• تجاذبية • شدتها تكون على مدى قصير لأن تأثير هذه القوة منعدم خارج النواة • تكون فعالة أكثر بالنسبة للأنوية التي فيها : $N = Z$.

2- الفعل المتبادل الإلكتروني (قوة كولومب الكهربائية) :
• تنافرية • فعالة على مسافة كبيرة • أضعف بـ 10 مرات من القوة النووية القوية .
عندما تزداد A ، قوة التنافر الكولومبية تتغلب على قوى التجاذب النووية و منه يحدث الإستقرار للنواة أي يحدث لها تنفك .

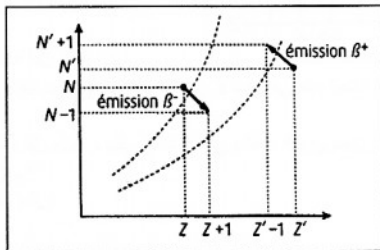
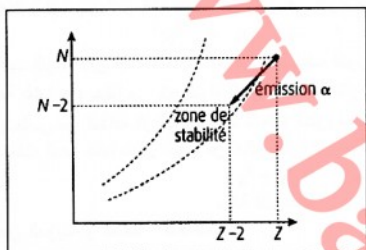
2- استقرار الأنوية من المخطط (N , Z) . مخطط سيفري :



إن غالبية الأنوية غير المستقرة تتحول إلى أنوية مستقرة . الآلية التي تتحول بها تدعى التنفك الإشعاعي . كل تنفك يؤدي إلى انبعث إحدى الإشعاعات الممكنة : ألفا (α) ، بيتا (β) و غاما (γ) .

— الإشعاعات (α) ، (β) و (γ) كلها منبعثة من النواة . تبين صورة الشكل المرفق (N, Z) عدد البروتونات Z على المحور الأفقي و عدد النيوترونات N على المحور الشاقولي . نلاحظ أن جميع الأنوية المستقرة و غير المستقرة موزعة في الحزمة بألوان مختلفة (اعتذر لعدم توفر الألوان و عوضا عن ذلك سوف أستعمل مجموعة مناطق) .

- المنطقة 1 : تمثل الأنوية الثقيلة أي لها Z و N كبيرين و منه A كبير .
- المنطقة 2 : تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع (β^+) . و هي أنوية لها فائض في البروتونات داخل النواة بمقارنتها بالأنوية المستقرة التي تساويها في العدد الكتلي A أو بعبارة أخرى عدد البروتونات يزيد عن عدد النيوترونات .
- المنطقة 3 : تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع (β^-) . و هي أنوية لها فائض في النيوترونات داخل النواة بمقارنتها بالأنوية المستقرة التي تساويها في العدد الكتلي A أو بعبارة أخرى عدد النيوترونات يزيد عن عدد البروتونات .
- المنطقة 4 : تدعى وادي الإستقرار . تقع بين المنطقتين 2 و 3 . تمثل الأنوية المستقرة . نلاحظ من أجل $Z < 20$ (بعض المصادر $Z < 30$) أن الأنوية المستقرة تقع على الخط المستقيم $N = Z$ أو بجواره ، حيث يتساوى فيها عدد البروتونات مع عدد النيوترونات أو قيمتهما مقاربين في نواتها أي لها Z و N متساويين أو مقاربين .
- لا توجد نواة خارج المناطق 1 و 2 و 3 ، ما يعني أنه بعيدا عن وادي الإستقرار ، لا يوجد في الطبيعة مثل هذه الأنوية .
- عند الإشعاع α : N و Z تتناقص بـ 2 ، مما يؤدي بالنواة بالإسقاط قطريا نحو الأسفل ، نحو وادي الإستقرار .
- في الإشعاع بيتا (β^-) : N تنقص بوحدة و Z تزداد بوحدة . تتسحب النواة قطريا نحو الأسفل باتجاه وادي الإستقرار .
- في الإشعاع بيتا (β^+) : N تزداد بوحدة و Z تنقص بوحدة . تتسحب النواة قطريا نحو الأعلى باتجاه وادي الإستقرار .



قوانين الإحتفاظ (قوانين Soddy)

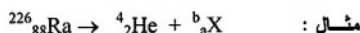
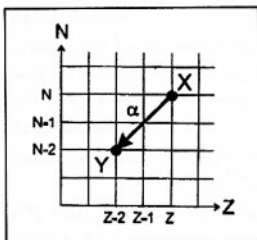
عند تناقص النواة إشعاعيا فإن العدد الكتلي والعدد الشحني يتساويان في طرفي المعادلة النووية :

- 1— أثناء التفاعل النووي يتحقق قانون حفظ عدد النوكليونات : مجموع أعداد النوكليونات للأنوية المشكلة يساوي مجموع أعداد النوكليونات للأنوية المقفودة .
- 2— أثناء التفاعل النووي يكون لدينا قانون حفظ الشحنات : مجموع أعداد الشحنات للأنوية المشكلة يساوي مجموع أعداد الشحنات للأنوية المقفودة .

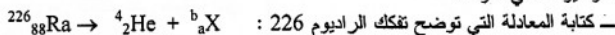
أنواع التفككات الإشعاعية (α) ، (β) و (γ)

- إن النشاط الإشعاعي ظاهرة عفوية لتفاعل نووي تقوم أثناءه نواة مشعة تدعى النواة الأب بالانقسام لتعطي نواة أخرى تدعى الابن ، بإصدار جسيمات . الجسيمات المنبعثة ثلاث أنواع : الجسيمة α ، β^- و β^+ زيادة على ذلك يوجد نوع رابع من الإشعاع يتميز ببساطة بإصدار طاقة إلكترومغناطيسية من النواة تدعى الإثارة المعاكسة γ .
- نوع التفكك (α) : الجسيمات α هي نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$.

في التناقص الإشعاعي α ، ينبعث جزء من النواة و هي الجسيمة α الجزء المتبقى هو نواة مختلفة . تكون المعادلة النووية على الشكل : ${}^A_Z\text{X} \rightarrow ({}^{A-4}_{Z-2})\text{Y} + {}^4_2\text{He}$



مثال : العدد 88 يمثل العدد الشحني أي عدد البروتونات و 226 يمثل العدد الكتلي أي عدد النوكليونات في النواة .



— كتابة المعادلة التي توضح تفكك الراديوم 226 : $88 = 2 + a \Rightarrow a = 86$ قانون انحفاظ الشحنة :

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $226 = 4 + b \Rightarrow b = 222$

النواة المتشكلة هي إذن نواة العنصر ذو الرقم الذري $Z = 86$ أي نواة عنصر الرادون ${}^{222}_{86}\text{Rn}$.

و منه : معادلة التفاعل : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$

— في الترتيب الدوري ، أثناء التفكك α ، تتواجد النواة الابن على نفس الخط مع النواة الأب ولكن بخانتين قبل خانة الأب .

• نوع التفكك (β^-) : الجسيمات β^- هي إلكترونات : $^0_{-1}\text{e}$ منبعثة من النواة .

في التناقص الإشعاعي β^- ، ينبعث جزء من النواة وهي إلكترون : $^0_{-1}\text{e}$ ، الجزء المتبقى هو نواة مختلفة . تكون المعادلة النووية على الشكل : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^A_{(Z+1)}\text{Y} + ^0_{-1}\text{e}$ ، الجزء المتبقى هو نواة مختلفة . تكون المعادلة النووية على الشكل : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^A_{(Z-1)}\text{Y} + ^0_{+1}\text{e}$

في التفكك β^- ، يحدث و كأن النيوترون يتحول إلى بروتون : $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + ^0_{-1}\text{e}$

— في النشاط الإشعاعي β^- تقع النواة الابن في التصنيف الدوري في الخانة المتواعدة مباشرة بعد خانة الأب .

• تفكك بيتا موجب (β^+) : يتواجد في الطبيعة بقلّة ، ولكن إصطناعيا يمكن الحصول عليه بوفرة . في التناقص الإشعاعي β^+ ، ينبعث جزء من النواة وهي بوزيتون : $^0_{+1}\text{e}$ ، الجزء المتبقى هو نواة مختلفة . تكون المعادلة النووية على الشكل : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^A_{(Z-1)}\text{Y} + ^0_{+1}\text{e}$

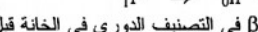
هذا البوزيتون المدعو (β^+) هو جزء المادة العكسية $^0_{+1}\text{e}$. له نفس كتلة الإلكترون ولكن شحنته موجبة . في الإشعاع (β^+) يبقى النيوترون داخل النواة ويدفع بسرعة فائقة . في هذا التفاعل ، يبقى عدد النوكليونات ثابتا . عدد النيوترونات يكثر بوحدة و ينبعث بوزيتون $^0_{+1}\text{e}$.

في التفكك β^+ ، يحدث و كأنه ينقسم البروتون في النواة إلى نيوترون و بوزيتون : $^1_1\text{p} \rightarrow ^1_0\text{n} + ^0_{+1}\text{e}$

— تتواجد النواة الابن أثناء التفاعل β^+ في التصنيف الدوري في الخانة قبل خانة الأب .

• أشعة غاما γ : غالبا ما تنتج النواة الابن في حالة مثارة (مستوى طاقة مرتفع) لكن النواة الابن لا تبقى في هذه الحالة المثارة حيث يتخلص من الطاقة الزائدة بانبعث أشعاع إلكترومغناطيسي γ .

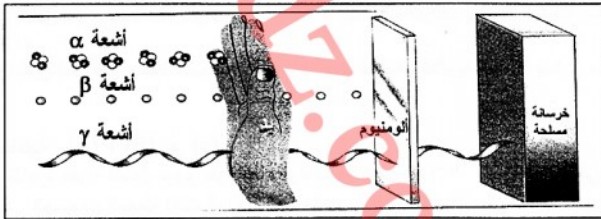
عند انبعث أشعة غاما تنتقل النواة من حالة مثارة إلى حالة غير مثارة أقل طاقة ، يبقى العدد الكتلي والعدد الذري بدون تغيير .



حالة أقل طاقة

الخواص المؤينة وكشف الإشعاعات

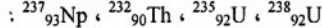
الإشعاعات الثلاثة α أو β^+ أو β^- مؤينة . هذا يعني أنها عندما تخترق المادة ، تحدث تصادمات مما يفرق الإلكترونات عن الذرات . تدعى الذرات التي فقدت أو اكتسبت إلكترونات بالشوارد . هذه الخاصية تسمح بالكشف عن الإشعاعات و تبين أيضا طبيعتها الخطيرة عندما تخضع الجسيمات البيولوجية الهامة مثل ADN للتأين فإنه يؤدي إلى تحولات في بنيتها .



العائلة المشعة

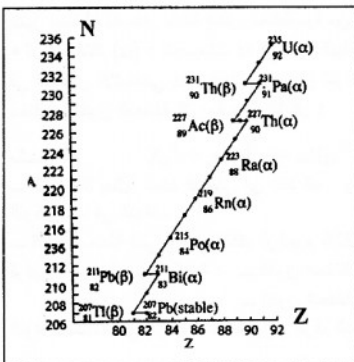
— تتحول نواة أب غير مستقرة إلى نواة أخرى ، إذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة ، فإنها بدورها تتحول إلى نواة أخرى ، وهكذا إلى أن تحصل على نواة مستقرة و غير مشعة . نسمي مجموع الأنوية الناتجة عن نفس النواة الأب العائلة المشعة .

توجد أربعة فصائل مشعة طبيعية تنحدر من النوى التالية :



مثال : اليورانيوم 235 يتعرض إلى عدة مراحل من التفكك على طول وادي الاستقرار قبل إستقرارها ليصبح رصاص 206 مستقرا وأكثر خفة .

مجموعة العناصر ، من اليورانيوم 235 حتى الرصاص 207 ، تدعى العائلة المشعة لليورانيوم 235 . انظر الشكل المرفق لعائلة اليورانيوم 235 .



3. التناقص الإشعاعي

1- الطابع العشوائي للتناقص الإشعاعي

نشاط : تجربة رمي النرد . Lancée de dés

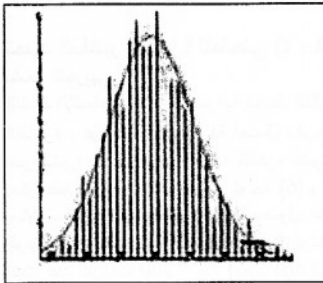
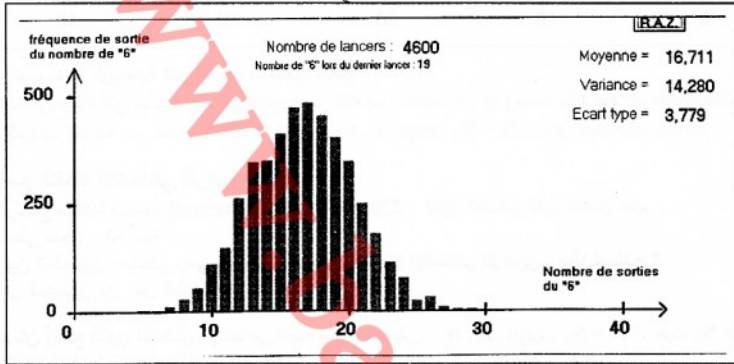
من أجل تحقيق هذه التجربة يمكن إستعمال برنامج المحاكاة لرمي النرد (Internet) .
خطوات العمل : بعد فتح البرنامج انقر على : caractere aléatoire du Lancée de dés

1- قم برمي النرد 30 مرة . ماذا تستخلص من خلال النتائج الحاصلة ؟

— يمكن أن نستخلص من نتيجة رمي النرد أن نتيجة الخروج لوجه معين لا يمكن توقعها

2- انقر على Nombre dés ثم اختر : passer a 100 dés . هل كل النردات تعطي نفس النتيجة ؟
ليس كل النردات تعطي نفس النتيجة .

3- انقر على Nombre dés ثم اختر passer au diagramme en batons . انجز عدة مرات 200 رمية من أجل الحصول على 4600 رمية . البرنامج يعطي متوسط تواتر خروج العدد 6 . قارنه مع احتمال خروج العدد 6 .
— متوسط تواتر خروج العدد 6 هو 16,711 من أجل 100 dés . احتمال خروج العدد 6 هو 1/6 أي 0,167 و منه النتيجة 0,167 من أجل نرد واحد تتوافق مع قيمة الاحتمال 1/6 .



المقارنة مع التفكير الإشعاعي للرادون

1- افتح برنامج محاكاة مناسب لتفكك الرادون و لاحظ الصورة التي تحصل عليها من خلال تفكك الرادون .

— نحصل على المنحنى الموضح في الشكل المقابل .

2- قارن بين المنحنيين : منحنى رمي النرد و منحنى تفكك الرادون .
ماذا تستنتج ؟

— نلاحظ أن المنحنيين من نفس الطبيعة .

النتيجة : يمكن وضع فرضية أن التناقص الإشعاعي ذو طابع عشوائي .

قانون التناقص الإشعاعي (تطور عدد الأنوية المشعة $N(t)$ مع الزمن)

نشاط :

افتح برنامج محاكاة رمي النرد ثم انقر على Décroissance du nombre de dés

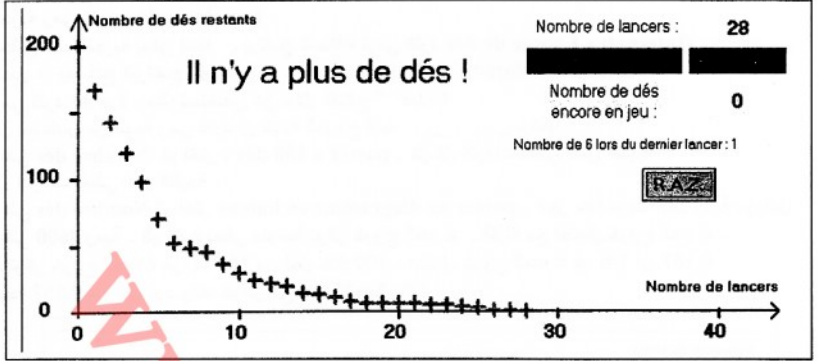
مبدأ العملية : نقوم برمي 200 نرد ثم نحذف كل النردات التي تظهر الوجه 6 ثم نعيد الرمية بالنردات المتبقية وهكذا ...

1- انجز 30 رمية و سجل في الجدول ، عند كل رمية ، عدد النردات المتبقية أي التي لم تظهر الوجه رقم 6 :

عدد الرميات	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
عدد النردات المتبقية	200	167	143	120	98	70	52	48	45	36	29	24	21	19	14	13

عدد الرميات	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
عدد النردات المتبقية	11	8	6	6	6	6	5	5	4	3	1	1	0	0	0	

- 2- ارسم على ورق مليميتري المنحنى الممثل لعدد النردات المتبقية بدلالة عدد الرميات .
 - رسم المنحنى الممثل لعدد النردات المتبقية بدلالة عدد الرميات : انظر الشكل المرفق .



3- ما هو نوع الدالة الرياضية التي تناسب المنحنى الناتج ؟

- نوع الدالة الرياضية التي تناسب المنحنى الناتج : هي دالة أسية متناقصة . إذا وضعنا N_0 عدد النردات الابتدائي $N_0 = 200$ و N عدد النردات المتبقية ، يمكننا كتابة العلاقة التالية : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$. يمكن اثبات ذلك رياضياً .

المقارنة مع التفكير الإشعاعي للرادون 220

- 1- افتح برنامج محاكاة مناسب (internet) لتفكك الرادون 220 . لاحظ المنحنى الذي تحصل عليه .
 - نحصل على منحنى دالة أسية .
- 2- قارن بين المنحنيين : منحنى رمي النردات و منحنى التناقص الإشعاعي للرادون . ماذا تستنتج ؟
 - نلاحظ أن المنحنيين من نفس الطبيعة .

النتيجة : يمكن وضع قانون للتناقص الإشعاعي لعينة مشعة كما يلي : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$. حيث N_0 عدد الأنوية الابتدائي أي قيمة N عندما $t = 0$ و N عدد الأنوية المتبقية في العينة الغير متفككة و k ثابت .

تحديد المقادير المميزة للمنحنى $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$:

نشاط التجريبي :

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائياً ، إذن لا يمكن التنبؤ بال لحظة التي يحدث فيها تفكك و لا يمكن تغيير خاصيات هذه الظاهرة . غير أنه يمكن معرفة احتمال وقوعه خلال مدة زمنية معينة Δt .

نفس الشيء بالنسبة لنرد ، فرميه ظاهرة عشوائية ، إذ لا يمكن التنبؤ بعدد الرميات اللازمة للحصول على الوجه (6) مثلاً ، بل يمكن فقط معرفة احتمال ظهور الوجه (6) و هو $1/6$.

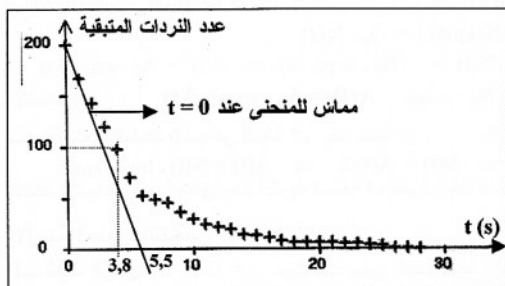
يمكن ملاحظة نواة مشعة بزر ، و الحصول على منحنى يوافق قانون التناقص الإشعاعي و ذلك بتحديد عدد الرميات التي يظهر فيها الوجه (6) . يمكن لهذا الغرض استعمال برنامج محاكاة رمي النرد أو إجراء التجربة يدوياً بـ 200 نرد .

نثبت عدد النردات $N_0 = 200$ (العدد الابتدائي للأنوية) . نقوم بالرمية الأولى فيسجل لنا عدد النردات التي يظهر فيها الوجه (6) فهذا العدد يمثل عدد الأنوية المتفككة خلال الثانية الأولى . ننقص هذا العدد من $N_0 = 200$ ، فنحصل على العدد N_1 عدد الأنوية المتبقية بدون تفكك . نقوم بالرمية الثانية فيسجل لنا عدد النردات التي يظهر فيها الوجه (6) . يمثل هذا العدد ، الأنوية المتفككة خلال الثانية الموالية . ننقص هذا العدد من N_1 فنحصل على العدد N_2 عدد الأنوية المتبقية بدون تفكك . إلخ ...

- انجز 30 رمية و سجل في الجدول ، عند كل رمية ، عدد النردات المتبقية (الأنوية المتبقية بدون تفكك) أي التي لم تظهر الوجه رقم 6 . الجدول :

t (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
عدد النردات المتبقية	200	167	143	120	98	70	52	48	45	36	29	24	21	19	14	13

t (s)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
عدد النردات المتبقية	11	8	6	6	6	6	5	5	4	3	1	1	0	0	0	



1- ارسم على ورق مليميترى المنحنى الممثل لعدد النويات المتبقية بدلالة الزمن t .

رسم المنحنى الممثل لعدد النويات المتبقية بدلالة الرميات : انظر الشكل المرفق .

2- ما هو نوع الدالة الرياضية التي تناسب المنحنى الناتج ؟

نوع الدالة الرياضية التي تناسب المنحنى الناتج : هي دالة أسية متناقصة . إذا وضعنا N_0 عدد النويات الابتدائي (العدد الابتدائي للأوية) $N_0 = 200$ و N عدد النويات المتبقية (الأوية المتبقية بدون تفكك) ، يمكننا كتابة العلاقة التالية : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$.

3- حدد المدة الزمنية $t_{1/2}$ التي تقلص خلالها عدد النويات المتبقية (الأوية المتبقية بدون تفكك) إلى النصف . نسميه زمن نصف عمر : - فاصلة النقطة من المنحنى التي ترتبها $N_0/2$ هي : $t_{1/2} = 3,8$ s .

4- ارسم مماس للمنحنى عند $t = 0$ واستنتج فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الفواصل . ماذا تمثل ؟

- نقطة تقاطعه مع محور الفواصل تمثل ثابت الزمن τ و قيمتها : $\tau = 5,5$ s .

5- احسب النسبة $t_{1/2} / \tau$ و قارنها مع $\ln 2$. ماذا تستنتج ؟ $\ln 2 \Rightarrow t_{1/2} / \tau = 3,8 / 5,5 = 0,69 = \ln 2$.

الدراسة النظرية للتناقص الإشعاعي

1- الطابع العشوائي للتناقص الإشعاعي

- إذا كان N هو عدد الذرات المشعة لعينة ما ، تتفكك هذه الذرات تلقائياً و منه عدد الذرات المشعة ينقص مع الزمن . لهذا نتكلم عن التناقص الإشعاعي للعينة .

- التناقص الإشعاعي هو سيرورة عشوائية ولا يتأثر بالشروط الخارجية مثل الحرارة و الضغط . مثال ذلك أن زيادة درجة حرارة عينة مشعة لا يؤثر على معدل التناقص .

- التناقص الإشعاعي سيرورة عشوائية و تلقائية ، هذا يعني أنه لا يمكن معرفة إذا كانت نواة محددة تتناقص أم لا خلال فترة زمنية ، كل ما نستطيع معرفته هو حووظ التناقص الحاصلة في هذه الأونة . حتى إذا كان الأسلوب عشوائياً ، فإن عدداً كبيراً من الذرات المعنية يسمح لنا بإجراء توقعات دقيقة . إذا بدأنا بعدد معين من الذرات $N(t)$ ، يمكن لنا توقع عدد معين من التناقصات في الدقيقة التي تلي .

- إذا وجد عدد أكبر من الذرات في العينة يكون عدد التفككات أكبر . في المتوسط يكون معدل التفككات لعينة متناسبا مع عدد ذرات للعينة . يعبر عن هذا رياضياً بـ :

$$dN(t)/dt \sim -N(t)$$

حيث تبين إشارة الناقص بأن تغير N مع الزمن هو سالب .

2- تطور عدد الأوية المشعة $N(t)$ مع الزمن (التناقص الإشعاعي)

إذا كان N هو عدد الذرات المشعة لعينة ما ، تتفكك هذه الذرات تلقائياً و عليه يكون N دالة تابعة للزمن نرمز لها $N(t)$.

التغير ΔN لعدد الذرات المشعة للعينة يساوي : $N(t + \Delta t) = N(t) + \Delta N$ حيث ΔN سالب : $\Delta N < 0$.

هذا التغير يكون سالباً ؛ لأن عدد الذرات المشعة ينقص مع الزمن . حيث : $N(t + \Delta t) < N(t)$.

التفكك الإشعاعي هي ظاهرة عفوية . العدد المتوسط للتفككات الحادثة في وحدة الزمن $-\Delta N / \Delta t$ أو $|\Delta N / \Delta t|$ يتناسب

طرذا مع $N(t)$ (عدد الأوية المشعة) : $-\Delta N / \Delta t = k \cdot N(t)$ حيث k ثابت التناسب يدعى ثابت النشاط الإشعاعي و يرمز

له بـ λ و وحدته s^{-1} و منه : $\tau = 1/\lambda$ و منه : $-\Delta N / \Delta t = \lambda \cdot N(t)$. عندما تؤول Δt إلى الصفر ، العلاقة

تصبح : $dN(t)/dt = -\lambda \cdot N(t)$ يمكن كتابتها على الشكل : $dN(t)/dt + \lambda \cdot N(t) = 0$ و هي معادلة تفاضلية من الدرجة 1 بالنسبة

لـ $N(t)$ فهي تقبل حل شكله أسّي من الشكل : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و منه : عبارة قانون التناقص الإشعاعي :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

حيث N_0 عدد الأوية المشعة عند اللحظة $t = 0$ و $N(t)$ عدد الأوية المتبقية عند اللحظة t .

مفهوم النشاط الإشعاعي A للعينة

نعرف النشاط الإشعاعي A للعينة بعدد التفككات التي تنتج في وحدة الزمن : $A = -dN(t)/dt = |\Delta N / \Delta t|$

- البكريل (Bq) هي وحدة قياس النشاط الإشعاعي إذا قيس وحدة الزمن بالثانية .

واحد بكريل (1 Bq) يعادل تناقصاً واحداً في ثانية واحدة . النشاط الإشعاعي إذن يجانس عكس الزمن $[A] = T^{-1}$

— النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة t يتناسب طرديا مع عدد الأنوية المشعة عند هذه اللحظة :

$$A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N(t)$$

$$A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

الإشعاعي أسي : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ حيث : $A_0 = \lambda \cdot N_0$ (قيمة النشاط الإشعاعي عند $t = 0$)

— بماذا يتعلق النشاط الإشعاعي للعينة ؟ وجدنا سابقا أن : $t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2 \Rightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) \Rightarrow N(t) = A(t) / \lambda \Rightarrow A(t) = N(t) \cdot \ln 2 / t_{1/2}$$

النشاط الإشعاعي للعينة يتعلق بعدد الأنوية المشعة الحاضرة وكذا نصف عمرها .

الزمن المميزة للتناقص الإشعاعي

1— ثابت الزمن τ : $\tau = 1/\lambda$ حيث λ يسمى ثابت النشاط الإشعاعي .

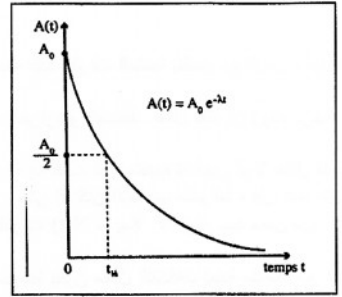
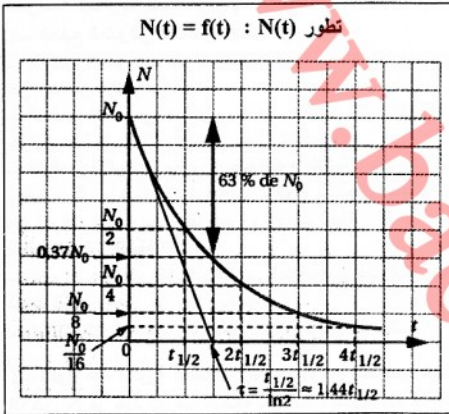
$$N(t) = N_0 \cdot e^{-t/\tau} \Rightarrow N(\tau) = N_0 \cdot e^{-1} = N_0/e = 0,37 N_0$$

— تعريف ثابت الزمن τ : هي المدة الزمنية التي من أجلها تبقى N_0/e من عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة .

2— نصف العمر

يعبر عن احتمال تناقص إشعاعي أو تفكك عينة ، بمقدار يدعى نصف العمر $t_{1/2}$. المادة التي لها نصف عمر كبير تأخذ وقتا طويلا للتناقص . المادة التي لها نصف عمر قصير تتناقص بسرعة أكبر . تتغير أنصاف العمر من أجزاء الثانية إلى ملايين السنوات . يمثل المدة الزمنية التي يتناقص فيها النشاط الإشعاعي إلى النصف :

$$A(t + t_{1/2}) = 1/2 \cdot A(t)$$



— تعريف زمن نصف العمر أو دور النشاط الإشعاعي $t_{1/2}$:

هي المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة

الموجودة في البداية في العينة : $N(t_{1/2}) = N_0/2$

— استخراج العلاقة التالية : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

$$N(t_{1/2}) = N_0/2 \text{ من التعريف : } N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$$

$$N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

— تحديد الزمن المميزة بيانيا :

تعطي الدالة $N(t)$ تطور عدد الذرات غير المفككة خلال الزمن . معدل التناقص لعينة يتناسب طرديا مع عدد الذرات في العينة مما

يعني أن التناقص الإشعاعي يتم بصفة أسية . لأن عدد الذرات لعنصر N يتناقص أسيا مع زمن حسب العلاقة :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \text{ حيث } N_0 \text{ هو عدد الذرات المشعة المتواجدة في اللحظة الابتدائية (} t = 0 \text{)} .$$

— التعبير عن عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n من أنصاف الأعمار بدلالة العدد الابتدائي للأنوية المشعة N_0 :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})^n = N_0 \cdot (1/2)^n$$

$$N(n t_{1/2}) = N_0 / (2)^n \text{ ومنه :}$$

عند $t = 0$ يكون : $N(0) = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot 0) = N_0$: N_0 noyaux .

عند $t = t_{1/2}$ يكون : $N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2) = N_0/2$: $N_0/2$ noyaux .

عند $t = 2 t_{1/2}$ يكون : $N(2 t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-2 \ln 2) = N_0/4$: $N_0/4$ noyaux .

عند $t = n t_{1/2}$ يكون : $N(n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-n \ln 2) = N_0/2^n$: $N_0/2^n$ noyaux .

من تطبيقات النشاط الإشعاعي : التاريخ Datation

— يستعمل الجيولوجيون و علماء الآثار تقنيات مختلفة لتحديد أعمار الحفريات و الصخور . و من بين هذه التقنيات نجد تلك التي تعتمد على النشاط الإشعاعي . تحتوي الصخور و الحفريات على أنوية مشعة حيث يتناقص عددها مع مرور الزمن و بقياس نشاطها و مقارنته مع نشاط عينة أخرى جديدة أو لا زالت حية من نفس المادة و نفس الكتلة تكون مرجعية ، يمكن تأريخها . — كلما كان عمر العينة المراد تأريخها كبير جدا و يجب استعمال طريقة تعتمد على أنوية ذات نصف عمر أكبر .

1- التاريخ بالكربون 14

نعلم أن عنصر الكربون يتوفر أساسا على نظيرين ، الكربون 12 و هو مستقر و الكربون 14 و هو مشع بنمط β^- . في الأجواء العليا توجد بروتونات متمصها أنوية الأزوت 14 لتشكل النظير 14 للكربون . مباشرة بعد تشكيله ، الكربون 14 يتأكسد متحدا مع الأوكسجين ليشكل ثاني أكسيد الكربون الذي يمتزج مع CO_2 الموجود في الجو . أظهر Williard Franck Libby أن تركيز الكربون 14 ثابت في CO_2 الموجود في الجو أو في كل كائن حي و تبقى نسبته ثابتة . ثبات النسبة يرجع إلى التوازن بين التفكك المستمر للكربون 14 إلى أزوت و إنتاج الكربون 14 من خلال التنفس و التركيب الضوئي و التغذية للكائنات الحية . عندما نقطع شجرة مثلا ، نقول عن الخشب أنه مات فلا يعود يمتص CO_2 من الجو ، الكربون 14 حينئذ يتفكك دون أن يعوض أي يتناقص . يمكن إذن تحديد تاريخ موت الجسم بلحظة توقف كل تبادل لـ CO_2 بين الجسم و الجو . يقاس النشاط $A(t)$ لكل كتلة m معروفة من عينة للجسم المراد معرفة عمره ، ثم يقاس النشاط A_0 لنفس الكتلة m من عينة لنفس مادة الجسم و لكن جديدة أي حية . بمقارنة النشاطين نحصل على عمر الجسم : يكون النشاط الإشعاعي في الزمن t : $A = A_0 \exp(-\lambda t)$: التي يمكن كتابتها : $\exp(-\lambda t) = A/A_0$. بأخذ اللوغاريتم للطرفين : $t = t_{1/2} / \ln 2 \cdot \ln(A_0/A)$. و منه : $t = t_{1/2} / \ln 2 \cdot \ln(A_0/A)$ ملاحظة :

تستعمل هذه الطريقة ، التاريخ بالكربون 14 ، فقط بالنسبة لعينات عمرها أقل من 40000 سنة . و هذا راجع لكون العينات الأطول عمرا تحتوي على كمية ضئيلة من الكربون 14 و لا يمكن قياس نشاطها .

التاريخ بطرق أخرى

توجد طرق أخرى للتاريخ تستعمل فيها أنوية مشعة نصف عمرها كبير جدا . و يمكن من تأريخ عينات أكثر قدما . مثلا ، لتأريخ عينات قديمة جدا كالصخور ، يستعمل اليورانيوم 238 . لأن نصف عمره كبير جدا و استعمال هذا النظير قد مكن من تقدير عمر الكرة الأرضية و هو حوالي 4,5 مليار سنة و نصف عمر هذا النظير 4,468 مليار سنة .

تمرين تطبيقي :

اعط قياس النشاط الإشعاعي لعينة من الفحم كتلتها 1 g ، أخذت من موقود نار يرجع إلى ما قبل التاريخ ، القيمة $4,0 \cdot 10^{-2}$ Bq . احسب عمر الموقد ما قبل التاريخ ، علما أن نشاط 1 g من الفحم الموجود في الوقت الحاضر هو 0,23 Bq . يعطى نصف عمر الكربون 14 هو 5600 ans .

الحل : يكون النشاط الإشعاعي في الزمن t : $A = A_0 \exp(-\lambda t)$: التي يمكن كتابتها : $\exp(-\lambda t) = A/A_0$ بأخذ اللوغاريتم للطرفين : $-\lambda t = \ln [A / A_0] \Rightarrow t = 1/\lambda \cdot \ln [A_0 / A] = t_{1/2} / \ln 2 \cdot \ln(A_0/A)$ و منه : $t = t_{1/2} / \ln 2 \cdot \ln(A_0/A) = 5600 / 0,69 \cdot \ln(0,23/0,04) = 14196,4$ ans

4. التفاعلات النووية

التفاعلات التلقائية و التفاعلات المفتعلة

رأينا في السابق أن الجسم المشع يصدر عفويا و تلقائيا إشعاعات مختلفة α ، β^+ ، β^- و γ . لا نستطيع إطلاقا فعل أي شيء ضد هذه التحولات النووية الطبيعية التلقائية و لكن بالمقابل و تحت شروط معينة ، نستطيع إفتعال تفاعلات نووية . يمكن فعل هذا بقتل النواة بجسيم α أو بنواة أخرى . ندعى هذه التفاعلات بالتفاعلات المفتعلة أو بالتحولات الإصطناعية . عموما يتم الإلتقاط القذفية من طرف النواة المستهدفة في مرحلة أولى لتشكل نواة مركبة غير مستقرة و يرافق ذلك إصدار جسيم آخر . — يمكن للإشعاعات المنبعثة من مختلف التفاعلات النووية أن تؤين المادة ، فنستطيع طبع فيلم فوتوغرافي و عليه فإن هذه الإشعاعات تحمل طاقة . ما هو مصدر هذه الطاقة ؟

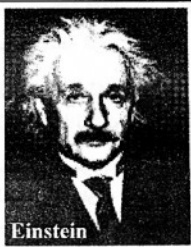
المظهر الطاقي للتفاعلات النووية

علاقة التكافؤ كتلة — طاقة (طاقة الكتلة)

— علاقة أينشتاين Einstein

في إطار النظرية النسبية ، توصل أينشتاين في بداية القرن 20 إلى أن كل كتلة تعادل كمية من الطاقة تسمى طاقة الكتلة يعبر عنها بعلاقة تكافؤ بين الكتلة و الطاقة و عليه :

— نمتلك كل مجموعة كتلتها m في حالة سكون ، طاقة E تسمى طاقة الكتلة عبارتها :



Einstein

$$E = m \cdot c^2 \quad \text{حيث } c \text{ هي سرعة الضوء في الفراغ } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} ; m \text{ (kg) , } E \text{ (J) .}$$

عندما تتغير كتلة جزمة بمقدار Δm خلال تحول ما ، يحدث تغير في الطاقة الكتلية لهذه الجزمة عباره : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$.
 — إذا كانت $\Delta m < 0$ أي حدث نقصان للكتلة فإن طاقة الكتلة تنقص $\Delta E < 0$
 ومنه فالجزمة تحرر طاقة و تمنحها للوسط الخارجي .
 — إذا كانت $\Delta m > 0$ أي حدث زيادة للكتلة فإن طاقة الكتلة تزداد $\Delta E > 0$ و منه فالجزمة تلقى طاقة من الوسط الخارجي

وحدات الكتلة و الطاقة في النووي

وحدة الكتلة الذرية u :

إن كتل الأفراد المستخدمة في الفيزياء النووية صغيرة جدا . لمقارنة الكتل النووية يستخدم الفيزيائيون عادة وحدة تدعى وحدة كتل ذرية (u) . هاته معرفة على أساس النظر الأكثر تواجدا للكربون و هو الكربون 12 .
 و تعرف وحدة الكتلة الذرية على أنها 1/12 من الكتلة الذرية للكربون 12 و عليه :

$$1 u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad 1 u = 1/12 \cdot (12 \cdot 10^{23}) / (6,02 \cdot 10^{23}) = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

وحدات الطاقة في النووي

في السلم الذري توجد وحدات أخرى للطاقة أكثر نفعاً وأكثر تطبيقاً و هي : الإلكترون فولت (eV)

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

أو أكثر إعتاداً في الفيزياء النووية : الميغا إلكترون فولت (MeV) : $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J}$

حسب علاقة أينشتاين ، الطاقة التي تكافئ كتلة قدرها $1 u$ هي : $E = 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2 = 1492 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
 و لدينا : $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J}$ و منه : $E = (1492 \cdot 10^{-13}) / (1,602 \cdot 10^{-13}) = 931,5 \text{ MeV}$

$$E = m \cdot c^2 = 1 u \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV} \Rightarrow 1 u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

$$1 u = 931,5 \text{ MeV}/c^2 \quad \text{و منه :}$$

طاقة الربط Energie de liaison

— النقص الكتلي Δm Defaut de masse

باعتبار كتل البروتونات ، النيوترونات والإلكترونات ، إذا جمعنا كتل 6 بروتونات و 6 نيوترونات و 6 إلكترونات (المشكلة لذرة الكربون) فإننا نحصل على قيمة تكون أكبر من كتلة ذرة الكربون : $m_X = 12 u$ ، ماذا حدث ؟ تكون الإجابة واضحة عندما نبحت عن معرفة الشيء الذي يربط مختلف النوكليونات في النواة .
 إن الفرق بين كتلة النواة m_X و كتلة مجموع نوكليوناتها يدعى نقص الكتلة Δm . و هو مقدار موجب دائماً .

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_X$$

— طاقة الربط $E_l = \Delta m \cdot c^2$

1— إذا تخيلنا إننا بصدد جمع نوكليونات لتشكيل نواة فإن هذه العملية تحتاج إلى طاقة تساعد على التغلب على التنافر الإلكترونيستاتيكي الموجودة بين البروتونات لأنها تمتلك نفس الشحنة الموجبة . هذه الطاقة تدعى طاقة الربط .
 — طاقة الربط إذن هي كمية الطاقة الضرورية لتشكيل نواة انطلاقاً من نوكليوناتها و هي دائماً موجبة .
 2— النواة مكونة من بروتونات ذات شحنة موجبة و نيوترونات عديمة الشحنة . يفسر تماسك النواة بوجود قوى نووية ذات شدة كبيرة تسمى بالقوى النووية القوية .

— طاقة الربط هي كذلك الطاقة الواجب تقديمها للنواة لفصل النوكليونات المكونة لها لتصبح فردية و منعزلة و ساكنة .

العلاقة بين طاقة الربط و النقص الكتلي :

حسب علاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة لأينشتاين ، طاقة الربط هي الطاقة الموافقة للنقص في الكتلة Δm و هي دائماً موجبة .

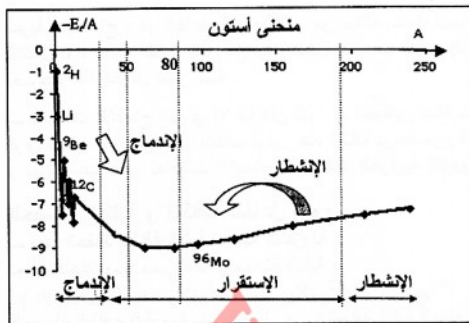
$$E_l = \Delta m \cdot c^2 = [Z m_p + (A - Z) m_n - m_X] \cdot c^2$$

طاقة الربط لكل نوكليون E_l/A

طاقة الربط لكل نوكليون E_l/A هي النسبة بين طاقة الربط و عدد النوكليونات المشكلة للنواة .

منحنى أستون

المنحنى المرفق ، المدعو منحنى أستون يمثل عكس طاقة الربط لكل نوكليون (E/A) بدلالة العدد الكتلي A .
 — نرى أن الذرات الخفيفة جداً $A < 20$ تمتلك طاقة ربط لكل نوكليون E/A ضعيفة فهي أقل استقراراً .



— نرى كذلك أنه من أجل : $50 < A < 80$ ، يظهر في المنحنى جزء يمثل الأنوية الأكثر استقرارا ؛ القيمة الوسطية E_1 / A لها هي $8,7 \text{ MeV}$ أعظمية .
— نرى كذلك أنه من أجل : $20 < A < 190$ ، يظهر في المنحنى جزء يمثل الأنوية المستقرة .
— من أجل $A > 190$ ، يتزايد المنحنى ببطء . كتلة الأنوية الممتلئة له أكبر فهي أقل استقرارا .

طاقة الربط لكل نوكلينوم و استقرار الأنوية

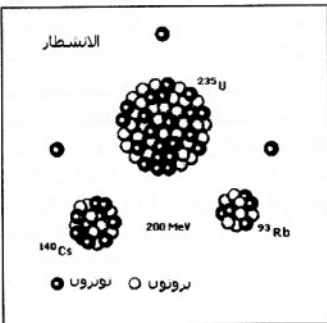
كلما كانت النواة ثقيلة (A عالية) ، كلما كانت طاقة الربط الكلية لها أكبر أهمية ، و هذا لا يؤدي إلى أنها مستقرة . مثال ذلك ، طاقة الربط لليورانيوم 235 تساوي 1800 MeV و للحديد 56

تكون 490 MeV وهو أكثر إستقرارا من اليورانيوم 235 حسب منحنى أستون . إذن لمقارنة إستقرار الأنوية ، يجب اعتبار معيار آخر و هو طاقة الربط لكل نوكلينوم وعليه ، طاقة الربط لكل نوكلينوم لليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$: $E_1 / A = 7,6 \text{ MeV/nuc}$ ، و للحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$: $E_1 / A = 8,75 \text{ MeV/nuc}$. إن طاقة الربط لكل نوكلينوم للحديد هي فعلا أكبر من تلك لليورانيوم 235 . طاقة الربط لكل نوكلينوم E_1 / A هي المسؤولة عن استقرار النواة . عادة ما يعبر عنها بـ MeV/nucleon .
نتيجة : تكون النواة أكثر استقرارا كلما كانت طاقة الربط لكل نوكلينوم لها كبيرة .

الإشطار و الإندماج

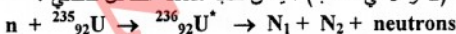
يمكن للذرات قليلة الإستقرار (E_1 / A ضعيف) أن تتحول إلى ذرات أكثر استقرارا و ذلك بتحرير الطاقة . من أجل ذلك توجد آليتان مختلفتان ممكنتان هما : الإشطار و الإندماج .

الإشطار



في 1938 قام العالمان الألمانيان أوتوهان وفريتر ستراسمان باكتشاف غريب ، و جذا أن قذف اليورانيوم بالنيوترونات ينتج أحيانا ذرات أكثر صغرا تساوي تقريبا نصف مقاس النواة الأصلية لليورانيوم : إن نواة اليورانيوم بعد امتصاصها للنيوترون تصبح في حالة مثارة فتتجزأ إلى قطعتين . سميت هذه الظاهرة الجديدة بالإشطار النووي لتشابهها بالإشطار البيولوجي (الانقسام الخلوي) .

إذن نواة اليورانيوم 236 ($^{236}_{92}\text{U}$) المثارة ، الغير مستقرة ، تنقسم إلى نواتين N_1 و N_2 تدعى بشظايا الإشطار ينبعث في هذه الآلية عدد معين من النيوترونات (2 أو 3 في الغالب) . يمكن كتابة معادلة التفاعل كالتالي :



النواة الإنتقالية $^{236}_{92}\text{U}^*$ تتواجد فقط خلال 10^{-12} s ، وعليه تكون الآلية سريعة جدا . من جملة التفاعلات الممكنة :



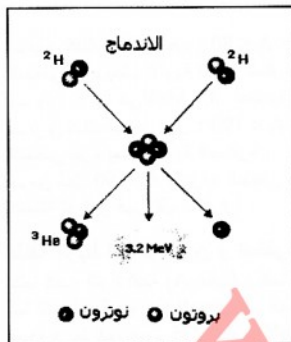
تعريف الإشطار : خلال الإشطار ، نواة ثقيلة غير مستقرة ، تحت تأثير نوترون ، تتحطم أو تنكسر إلى نواتين أصغر منها . هذا التفاعل النووي يصاحبه تحرر طاقة .

التفاعل المتسلسل

يمكن للنيوترونات الناتجة عن الإشطار النووي أن تغتلب من وسط التفاعل أو تلتصقها أنوية أخرى لا تتشطر تلقائيا . ومنه هذه النيوترونات تتسبب في انشطار أنوية أخرى و بالتالي تساهم في حدوث تفاعل متسلسل قد يتم بكيفية تفجيرية إذا لم يتحكم فيه . و هذا ما يحدث في القنبلة النووية . يمكن التحكم فيه وضبطه داخل المفاعلات النووية حيث تنتج الطاقة بكيفية منتظمة . يمكن التحكم في التفاعل المتسلسل في المفاعلات النووية عن طريق امتصاص النيوترونات بواسطة قضبان من الكاديوم .

الإندماج النووي

الطريقة التي تتحد فيها نواتان خفيفتان من الهيدروجين على سبيل المثال لتشكيل نواة أثقل (الهيليوم) تدعى الإندماج النووي . إن التفاعل الأكثر توقعا في مفاعلات الإندماج هو التفاعل التالي : $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$. بالنظر إلى منحنى أستون يظهر أن أنوية صغيرة يمكن لها تكوين أنوية كبيرة بتحرير طاقة . لأن طاقة الربط لكل نواة صغيرة تكون أصغر منها لأنوية ذات الكتلة الأكبر .



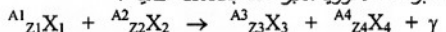
تعريف الإندماج: هو التفاعل النووي الذي من خلاله يحدث اندماج بين نواتين صغيرتين لتتشكل نواة جديدة أثقل وأكبر مع توقع تشكل جسيمات أخرى (نوترونات ، بروتونات) . يصاحب هذا التفاعل فقدان كتلة .

— لا يحدث الإندماج النووي إلا إذا كان للنواتين الخفيفتين طاقة تمكنها من التغلب على قوى التنافر الكولومبية . ويتطلب توفير هذه الطاقة درجة حرارة جد عالية . ولهذا السبب تدعى تفاعلات الإندماج بالتفاعلات الحرارية النووية .

الحصيلة الكتلية و الطاقة لتفاعل نووي

— مبدأ الحفاظ الطاقة الكلية للجملة المعزولة :

نعتبر تفاعلا نوويا معبرا عنه بالمعادلة التالية :



الحصيلة الطاقية المقرونة بهذا التفاعل هي : الطاقة الكلية للجملة الابتدائية تساوي الطاقة الكلية للجملة النهائية .

$$E(X_1) + E_C(X_1) + E(X_2) + E_C(X_2) = E(X_3) + E_C(X_3) + E(X_4) + E_C(X_4) + \gamma$$

حيث $E(X)$ تمثل طاقة الكتلة $E(X) = m(X) \cdot c^2$ للنواة أو الجسيمة X و $E_C(X)$ تمثل الطاقة الحركية للنواة أو الجسيمة .

$$E_C(X_4) + E_C(X_3) + \gamma - E_C(X_1) - E_C(X_2) = E(X_1) + E(X_2) - E(X_3) - E(X_4)$$

و منه : حيث : $E_C(X_4) + E_C(X_3) - E_C(X_1) - E_C(X_2)$ هي طاقة التفاعل و نرمز لها بـ E .

$$E = [E(X_1) + E(X_2)] - [E(X_3) + E(X_4)]$$

$$-E = [E(X_3) + E(X_4)] - [E(X_1) + E(X_2)]$$

$$-E = [m(X_3) \cdot c^2 + m(X_4) \cdot c^2] - [m(X_1) \cdot c^2 + m(X_2) \cdot c^2]$$

$$-E = [(m(X_3) + m(X_4)) - (m(X_1) + m(X_2))] \cdot c^2$$

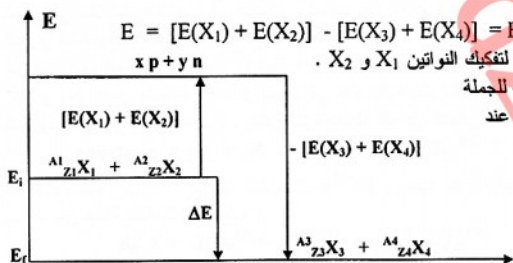
$$-E = [(m(\text{Products}) - m(\text{Reactifs}))] \cdot c^2$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \quad \text{نحصل على :}$$

— بوضع $\Delta E = -E$ فإن التفاعل ماص للحرارة أي يحتاج إلى طاقة لحدوثه .

— إذا كان $\Delta E > 0$ فإن التفاعل ناشر للحرارة أي يعطي طاقة للوسط الخارجي عند حدوثه .

— مخطط الطاقة لتفاعل نووي عام :



لدينا من انحفاظ الطاقة الكلية للجملة المعزولة : $E = [E(X_1) + E(X_2)] - [E(X_3) + E(X_4)] = E_i - E_f$

حيث $[E(X_1) + E(X_2)]$ هي الطاقة التي تكسبها الجملة لتفكك النواتين X_1 و X_2 .

و E_i هي الطاقة الابتدائية للجملة و E_f هي الطاقة النهائية للجملة

و $[E(X_3) + E(X_4)]$ هي الطاقة التي تحررها الجملة عند

تشكيل النواتين X_3 و X_4 .

و منه مخطط الطاقة :

نتيجة :

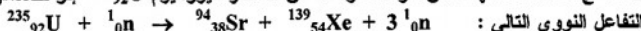
تتحول الطاقة المحررة خلال التفاعلات النووية إلى طاقة حركية للنوية و الجسيمات الناتجة عن هذا التحول و كذلك إلى طاقة كهرومغناطيسية للإشعاعات γ :

$$\Delta E = E_C(X_4) + E_C(X_3) - E_C(X_1) - E_C(X_2) = E_C(n) + \gamma - E_C(n)$$

مثال على حصيللة الطاقة لتفاعل انشطار

يستعمل خليط من اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ و اليورانيوم الخصب $^{238}_{92}\text{U}$ كوقود لمفاعل غواصة نووية .

1— تنتج الطاقة المستهلكة من طرف الغواصة من انشطار اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ إثر تصادمها بنوترونات و ذلك حسب معادلة

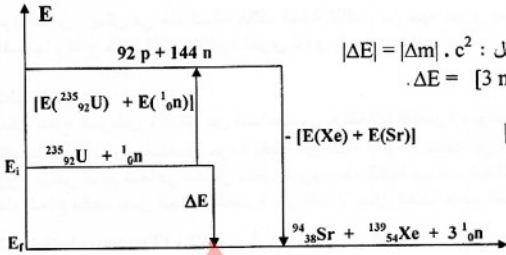


الفاعل النووي التالي :

— احسب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل .

b— مثل الحصيللة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة .

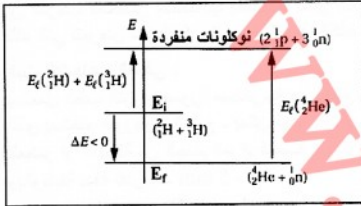
الحل



a- حساب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل : $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$
 $\Delta E = [3 m(n) + m(Xe) + m(Sr) - m(n) - m(U)] \cdot c^2$
 $\Delta E = -180 \text{ MeV} = -2,88 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
 $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = 180 \text{ MeV} = 2,88 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
 b- تمثيل الحصلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة :

مثال على حصلة الطاقة لتفاعل الاندماج

حسب الطاقة المتحررة من اندماج : $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$
 تعطي E طاقات الربط : $E(^2_1\text{H}) = 2,2 \text{ MeV}$, $E(^3_1\text{H}) = 8,4 \text{ MeV}$, $E(\text{He}) = 28,3 \text{ MeV}$
 b- مثل الحصلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة .



حسب الطاقة المتحررة من اندماج : $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$
 $\Delta E = E(^2_1\text{H}) + E(^3_1\text{H}) - E(\text{He})$
 $\Delta E = 2,2 + 8,4 - 28,3 = -17,6 \text{ MeV}$
 b- تمثيل الحصلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة :

من الإشطار إلى الاندماج :

بمقارنة الطاقة المحررة من تفاعل انشطار ومن تفاعل اندماج ، نلاحظ أن طاقة الاندماج أعلى للنوكليون الواحد . زيادة على أن مفاعل الاندماج يمكن أن يستعمل الهيدروجين الموجود في مياه المحيطات . حيث الوفرة الطبيعية للديتريوم ^2_1H هي 0,015% ، بمعنى ذلك أنه يوجد غرام واحد من الديتريوم في كل 60 لتر من الماء .
 - نعتقد أن غالبية العناصر في الكون تشكلت في البداية من خلال تفاعلات الاندماج . يحدث الاندماج باستمرار في النجوم وفي الشمس منتجا كميات هائلة من طاقة الإشعاع .
 - على الرغم من عدم وجود مفاعل اندماج ليومنا هذا إلا أنه تحقق الكثير من التطور لتجاوز الصعوبات . المشكل يكمن في أن الكتلة لها شحنات موجبة و تتنافر . يتطلب ذلك أن تكون للأنوية طاقة حركية كبيرة جدا لكي تندمج و منه درجة حرارة عالية إلى للحصول على تفاعلات الاندماج يتطلب ذلك درجة حرارة عالية .
 - لا تكفي درجة حرارة عالية جدا فقط في مفاعل اندماج ، بل يجب كذلك أن يكون للنواة كثافة كبيرة للحصول على معدل تصادم عال جدا . أحد الصعوبات في الاندماج المراقب هو حصر الأنوية لمدة طويلة بكثافة كبيرة نوعا ما حتى يمكن حدوث تفاعلات اندماج محررة لطاقة كافية ، عند هذه الحرارة المطلوبة للاندماج ، تكون الذرات متأيونة و تشكل مجموعة الإلكترونات والأيونات البلازما .

- تستخدم الحقول المغناطيسية في الإحتواء المغناطيسي ، لمحاولة احتواء البلازما الساخنة . أحسن مفاعل يتميز بشكل حلقي ويدعى « توكاماك » ، تم تطويره لأول مرة في الإتحاد السوفياتي . يستعمل توكاماك تركيب حقلين مغناطيسيين لاحتواء البلازما .

المنافع والمخاطر المطروحة في النووي :

الإشعاع المؤين هو عبارة عن جسيمات مشحونة قادرة على تأيين ذرات أو جزيئات لأي مادة مخرقة . يمكن للإشعاع أن يسبب أضرارا معتبرة للمواد عامة وللأنسجة البيولوجية خاصة . ينتج التآين عن جسيمات مشحونة مثل أشعة α و β والبروتونات ، عند اختراقها للمواد يمكن لها جذب أو إبعاد الإلكترونات لنزعها من ذرات المواد بقوة معتبرة .
 - إذا كان الإشعاع قويا جدا فإن المعادن والمواد الأخرى تصبح واهنة وتتلشى ، تتضرر الخلايا في الأعضاء البيولوجية . إن الأيونات أو الأقطاب الناتجة تكون فعالة جدا وتشارك في تفاعلات كيميائية تتدخل مع العملية الطبيعية للخلية . إذا كانت الأيونات عبارة عن إلكترونات مرتبطة فإن الجزيء يمكن أن ينكسر أو تتلف بنيته . وعلى ذلك فإنه لا يستطيع تأدية وظيفته العادية بل يؤدي وظيفة مضرة .

إن فقدان البروتين لجزيء لا يشكل خطرا إذا وجدت نسخ أخرى منه داخل الخلية ، لأن جزيئات إضافية يمكن تصنيعها من النواة لكن كميات كبيرة من الإشعاع يمكن أن تضر بعدد من الجزيئات لا يمكن تعويضها بالسرعة اللازمة مما يؤدي إلى هلاك الخلية . عادة لا يشكل هلاك خلية واحدة مشكلة لأن الجسم باستطاعته تعويضها (باستثناء الخلايا العصبية الغير قابلة للتعويض مما يشكل خطرا عند فقدانها) . فيما يخص ADN فإن الضرر أكثر خطورة ، لأن الخلية تمتلك نسخة واحدة منه فقط . إن أي تشوه في ADN يؤثر على المورثة و يمكن أن يشوه الجزيء الذي من أجله يعمل مما يؤدي إلى استحالة تركيب البروتينات اللازمة أو

مواد أخرى . يمكن في هذه الحالة هلاك الخلية كذلك . من جهة أخرى يمكن أن تبقى حية ولكنها قاصرة . كما يمكن أن تواصل انقسامها وإنتاج خلايا قاصرة كثيرة أخرى تؤدي إلى السرطان .

الطب الإشعاعي :

يمكن علاج السرطان ، الناتج عن تضاعف سريع للخلايا القاصرة ، بواسطة الطب الإشعاعي . يخص الشكل الأول للتداوي ، عند التحديد الدقيق للورم باستعمال حزمة دقيقة من أشعة γ أو X ناتجة عن منبع إشعاعي مثل ^{60}Co . شكل ثان للتداوي يعتمد على زرع مباشر لمنبع إشعاعي مصغر داخل الورم وهذه التقنية تستخدم النظائر الإشعاعية التي بمجرد حقنها في الدم تقوم بالتمركز و بث إشعاع مكثف يدمر الخلايا القاصرة . ولكنه لا يمكن إتلاف جميع الخلايا السرطانية و يمكن للمرض الظهور مرة أخرى .

الرسامات (Traceurs) والتصوير في البحث و في الطب :

تستخدم النظائر الإشعاعية في البيولوجيا وفي البحث الطبي كرسامات . إنها تبين كيفية تحليل الأحماض الأمينية والمواد المركبة الأخرى عن طريق الأعضاء . إنها تحدد أيضا نفاذية الأغشية الخلوية لمختلف الجزيئات والأيونات . إن المركب المحضر إصطناعيا باستخدام نظير مشع يكون باستطاعته الكشف عن الجزيئات المحددة التي تتحرك داخل العضو أو تلك التي تتعرض لتفاعل كيميائي . يمكن إذا الكشف عن الإشعاعات المنبعثة بواسطة عداد جيجر أو عداد يشتغل بالومضات .

البث الإشعاعي الطبقي :

يستعمل الطب النووي صوراً مستخرجة من منابع رسامات اشعاعية . مثال ذلك تقنية PET التي تعتمد على بث البوزيترون الطبقي الذي يستخدم البوزيترون المشع . يمكن لهذه النظائر المدمجة داخل جزيئات يتم استنشاقها أو حقنها ، تتخزن هذه النظائر داخل العضو أو المنطقة من الجسم المراد فحصه . يمكن للنظام PET إعطاء صور مرتبة بالكيمياء الحيوية ، بالتفاعل الحيوي وبالوظيفة بدقة تقدر بـ 3 - 5 mm .

يستخدم الباحثون تقنية PET لإعطاء صور عن عمل الدماغ اعتماداً عن كشوفات شعاعي γ المنبعثة بسبب تلاقي البوزيترون مع الإلكترون . ينجز للمريض عملية خاصة كالقراءة أو الرسم للسماح للساكنين PET للكشف عن مناطق للدماغ التي تستقبل كمية أكبر من الدم كنتيجة لتنفيذ العملية .

تمارين الكتاب المدرسي

التمرين 1

يوجد في مخبر عينة من الأتوت 13 المشع النقي كتلتها $1,49 \mu\text{g}$ و الذي نصف عمره 10 min (600 s).

a- ما هو عدد الأنوية الموجودة في البداية ؟ b- ما هو النشاط الإشعاعي الابتدائي ؟

c- ما هو النشاط الإشعاعي بعد ساعة ؟ d- ما هو ، تقريبا ، الزمن اللازم لكي ينقص النشاط الإشعاعي لأقل من 1 Bq ؟

الحل 1

a- بما أن العدد الكتلي هو 13 أي أن كل 13 g تحتوي على $6,02 \times 10^{23}$ نواة (عدد أفوغادرو) . بما أنه لدينا $1,49 \times 10^{-6} \text{ g}$ يكون العدد N_0 الذي نمتلكه في البداية هو : $N_0 / (1,49 \times 10^{-6}) = (6,02 \cdot 10^{23} / 13)$ أي : $N_0 = 6,90 \times 10^{16} \text{ atomes}$

b- من المعادلة : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 1,16 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ نحصل على : $\lambda = (0,693) / (600) = 1,16 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

في الزمن $t = 0 \text{ s}$ لدينا : $A = |\Delta N / \Delta t|_{t=0} = \lambda N_0 = (1,16 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}) (6,90 \cdot 10^{16}) = 8 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$

c. بما أن نصف العمر هو 10 mn فإن معدل التناقص ينقص بالنصف كل عشرة دقائق . يمكن لنا استعمال الجدول التالي للنشاط الإشعاعي بعد كل دورة .

زمن (min)	0	10	20	30	40	50	60
النشاط الإشعاعي (Bq)	8×10^{13}	4×10^{13}	2×10^{13}	10^{13}	$0,5 \times 10^{13}$	$0,25 \times 10^{13}$	$0,125 \times 10^{13}$

و عليه يكون النشاط الإشعاعي هو $1,25 \times 10^{12} \text{ Bq}$ بعد ساعة واحدة .

طريقة 2 : توجد طريقة سهلة وذلك بملاحظة أن 60 دقيقة تكافؤ 6 أنصاف عمر :

– التعبير عن النشاط الإشعاعي خلال n من أنصاف الأعمار بدلالة النشاط الإشعاعي الابتدائي A_0 :

$$A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow A(n t_{1/2}) = A_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})^n = A_0 \cdot (1/2)^n$$

و منه : $A(n t_{1/2}) = A_0 / (2)^n = (8 \cdot 10^{13}) / 64 = 1,25 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ ، $n = 6$: لدينا : $A(n t_{1/2}) = A_0 / (2)^n$

طريقة 3 : باستخدام العلاقة : $A(t) = A_0 \exp(-\lambda t) = (8 \cdot 10^{13}) \exp(1,16 \times 10^{-3} \cdot 3600) = 1,25 \times 10^{12} \text{ Bq}$

d. الزمن اللازم لكي ينقص النشاط الإشعاعي لأقل من 1 Bq :

يمكن لنا الحصول على نتيجة أكثر دقة باستخدام خاصيات الدالة الأسية وعكسها ، اللوغاريتم النيبيري .

$$A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow \exp(-\lambda t) = A/A_0 = 1/(8 \cdot 10^{13}) = 1,25 \cdot 10^{-14}$$

نأخذ اللوغاريتم للطرفين و بالقسمة على λ نحصل : $t = -\ln(1,25 \cdot 10^{-14}) / \lambda = 2,76 \cdot 10^4 \text{ s} = 7,66 \text{ h} = 7 \text{ h } 40 \text{ min}$

التمرين 2

كتلة الكربون في شظية من عظم حيوان وجدت في مكان أثري هي 200 g . تم تسجيل النشاط الإشعاعي له بـ 15 Bq . علما

أن الكربون 14 له نصف عمر 5730 ans و أن نسبة الكربون 14 للكربون 12 هي : $1,3 \times 10^{-12}$. ما هو عمر العظم ؟

الحل 2

نبدأ بحساب ثابت الإشعاع λ : $\lambda = 0,693/t_{1/2} = 0,693/(5730 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 3,83 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}$

حيث عدد الثواني في السنة هو : $5730 \text{ ans} = 5730 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}$

عندما كان الحيوان حيا ، كانت النسبة بين الكربون $^{14}_6\text{C}$ على الكربون $^{12}_6\text{C}$ في 200 g من العظام هي $1,3 \cdot 10^{-12}$ ، في هذه

اللحظة كان عدد أنوية الكربون 14 : $N_0 = m/M \cdot N_A \cdot 1,3 \cdot 10^{-12} \text{ atomes}$

$$N_0 = (200)/12 \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) \cdot 1,3 \cdot 10^{-12} = 1,3 \cdot 10^{13} \text{ atomes}$$

كان النشاط الإشعاعي الابتدائي : $A_0 = \lambda \cdot N_0 = 3,83 \times 10^{-12} \cdot 1,3 \cdot 10^{13} = 49,8 \text{ Bq}$

يكون النشاط الإشعاعي في الزمن t : $A(t) = A_0 \exp(-\lambda t) = \lambda \cdot N_0 \exp(-\lambda t)$ التي يمكن كتابتها : $\exp(-\lambda t) = A/A_0$

ياخذ اللوغاريتم للطرفين :

$$-\lambda t = \ln[A/A_0] \Rightarrow t = 1/\lambda \cdot \ln[A_0/A] = 1/(3,83 \cdot 10^{-12}) \cdot \ln[49,8/15] = 3,13 \cdot 10^{11} \text{ s} = 9900 \text{ ans}$$

التمرين 3

عند تفكك اليورانيوم 235 يمكن حدوث عدة تفاعلات إحداها معطاة بالعلاقة : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{139}_{54}\text{X} + ^{94}_{39}\text{Y} + a ^1_0\text{n}$

- عين : a . العدد a للنيوترونات الناتجة عن الانشطار . b . العدد الذري للعنصر المرمز له بـ X .
 c . اسم ورمز هذا العنصر . d . عبر عن فقدان الكتلة (بـ u) أثناء انشطار نواة اليورانيوم و احسبها .
 e . عبر عن حصة الطاقة (بـ MeV) للتفاعل و احسبها .
 f . احسب بالاجول كمية الطاقة المحررة بالانشطار لواحد غرام من اليورانيوم . المعطيات : $m(^{139}\text{X}) = 138,897\ 00\ \text{u}$; $m(^{235}\text{U}) = 234,993\ 42\ \text{u}$, $m(^{94}\text{Y}) = 93,890\ 18\ \text{u}$, $m_n = 1,008\ 66\ \text{u}$, $1\ \text{eV} = 1,66 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$

الحل 3

- a . أثناء التفاعل النووي يتحقق قانون حفظ عدد النوكليونات : مجموع أعداد النوكليونات للأنيوية المشكلة يساوي مجموع أعداد النوكليونات للأنيوية المفقودة : $235 + 1 = 139 + 94 + a \Rightarrow a = 3$
 أثناء التفاعل النووي يكون لدينا قانون حفظ الشحنات : مجموع أعداد الشحنات للأنيوية المشكلة يساوي مجموع أعداد الشحنات للأنيوية المفقودة : $92 + 0 = Z_x + 39 \Rightarrow Z_x = 53$
 c . العدد الذري لـ X هو 53 ، هذا يعني إذا اليود I أي : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{139}_{53}\text{I} + ^{94}_{39}\text{Y} + 3\ ^1_0\text{n}$
 d . يعبر عن حصة الكتلة أثناء التفاعل النووي بـ : $m_i - m_f = (m(^{235}\text{U}) + m_n) - (m(^{139}\text{I}) + m(^{94}\text{Y}) + 3\ m_n)$
 $= (234,993\ 42 + 1,008\ 66) - (138,897\ 00 + 93,890\ 18 + 3 \times 1,008\ 66) = 0,188\ 920\ \text{u}$
 e . يعبر عن حصة الطاقة أثناء التفاعل النووي بـ : $Q = (m_i - m_f) c^2$
 إذا قدر فقدان الكتلة بـ u ، نقدر الطاقة المكافئة للكتلة بـ MeV و تكون : $Q = 931,48 \times 0,188\ 920 = 175,97\ \text{MeV}$
 f . كمية المادة في عينة يورانيوم كتلتها 1 g هي : $n = m/M = 1/235 = 4,26 \cdot 10^{-3}\ \text{mol}$
 عدد الأنوية في 1g من اليورانيوم : $N = N_A \times n = 6,02 \cdot 10^{23} \times 4,26 \cdot 10^{-3} = 2,56 \times 10^{21}\ \text{atomes}$
 $E = Q \times N = 175,97 \times 2,56 \times 10^{21} = 4,50 \times 10^{23}\ \text{MeV}$
 $E = 1,6 \times 10^{-13} \times 4,50 \times 10^{23} = 7,2 \times 10^{10}\ \text{J}$

التمرين 4

- 1- اعط رمز النواة لخمس نظائر ممكنة لليوتاسيوم . 2- هل تمثل النواة $^{40}_{20}\text{X}$ نظيرا لليوتاسيوم ؟ لماذا ؟
 3- إن وفرة النظائر في عينة طبيعية تمثل نسبة كل نظير لنفس العنصر في العينة . نفرض أنه توجد في الطبيعة سوى نظيرين لليوتاسيوم هما النظيران 39 و 41 ، ذات الكتل المولية $38,96\ \text{g.mol}^{-1}$ و $40,96\ \text{g.mol}^{-1}$ على التوالي التي تمتلك وفرة معتبرة . علما أن الكتلة المولية لليوتاسيوم الطبيعي هي $39,10\ \text{g.mol}^{-1}$ ، احسب الوفرة النظرية لليوتاسيوم .

الحل 4

- 1- اعط رمز النواة لخمس نظائر ممكنة لليوتاسيوم : $^{34}_{39}\text{K}$, $^{39}_{39}\text{K}$, $^{40}_{39}\text{K}$, $^{41}_{39}\text{K}$, $^{46}_{39}\text{K}$
 2- لا ، النواة $^{40}_{20}\text{X}$ لا تمثل نظيرا لليوتاسيوم لأن النظائر هي أنوية لها نفس العدد الذري (البروتونات) .
 3- حساب الوفرة النظرية لليوتاسيوم : بفرض أن نسبة $^{39}_{39}\text{K}$ هي x_1 و نسبة $^{41}_{39}\text{K}$ هي x_2 . و أن الكتلة المولية المتوسطة لليوتاسيوم هي : $M_K = 39,10\ \text{g.mol}^{-1}$
 $x_1 + x_2 = 100$ (2) و $39,10 = 38,96 \cdot x_1/100 + 40,96 \cdot x_2/100$ (1)
 من حل جملة المعادلتين (1) و (2) نحصل على نسبة كل نظير : نسبة $^{39}_{39}\text{K}$ هي 93 % و نسبة $^{41}_{39}\text{K}$ هي 7 % .

التمرين 5

يعطي المخطط (N - Z) في الشكل التالي . تعطى معلومات مستخرجة من الجدول الدوري :

كربون	بور	بيريليوم	ليثيوم	هيليوم	الإسم
6	5	4	3	2	Z

- 1- لأي نواة يكون العنصر X نظيرا ؟ 2- هل النواة X غير مستقرة ؟
 3- ماهو نمط التفكير الذي يمكن أن يحدث لها ؟
 4- ما هي النواة التي تشكلها بعد تفككها ؟

الحل 5

- 1- العنصر X يحتوي على 4 بروتون $Z=4$ و على 10 نوكليون أي : $A = Z + N = 4 + 6 = 10$
 العنصر X رمزه $^{10}_4\text{Be}$ و حسب الجدول ، العنصر X هو $^{10}_4\text{Be}$ يكون العنصر X نظيرا لنواة البريليوم .
 2- النواة X غير مستقرة لأنها بعيدة عن وادي الاستقرار : $A < 20$.
 3- نمط التفكير الذي يمكن أن يحدث لها هو التفكير بينا سالبة (β^-) : النواة تقع أعلى وادي الاستقرار و بالتالي تتسحب قطريا نحو الأسفل باتجاه وادي الاستقرار . - في الإشعاع بينا سالبة (β^-) : N تنقص بوحدة و Z تزداد بوحدة .
 4- النواة التي تشكلها بعد تفككها : - في الإشعاع بينا سالبة (β^-) : N تنقص بوحدة و Z تزداد بوحدة فيصبح :

$Z' = Z + 1 = 4 + 1 = 5$ و $N' = N - 1 = 6 - 1 = 5$ و منه $A' = Z' + N' = 5 + 5 = 10$. و منه الفواة التي

تَشْكُلُهَا هِيَ : نَوَاةُ الْبُورِ $^{10}_5\text{B}$.

طريقة 2 : البريليوم $^{10}_4\text{Be}$ يتفكك معطيا النواة ^b_aX و إلكترون : $^{10}_4\text{Be} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$

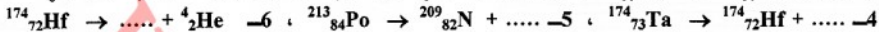
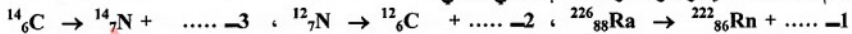
قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $4 = a - 1 \Rightarrow a = 5$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $10 = b + 0 \Rightarrow b = 10$

10 الفواة المتشككة هى اذن فواة العنصر ذو الرقم الذرى $Z = 5$ أى فواة عنصر البور ${}^{10}_5\text{B}$

التمرين 6 –

أتم المعادلات التالية وأذكر ماهو النمط الإشعاعي المعنى .



الحل - 6

3- كتابة معادلة التفكك للكربون 14 : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + {}^b_a\text{X}$

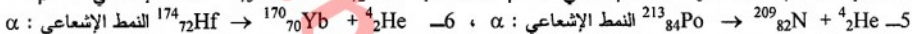
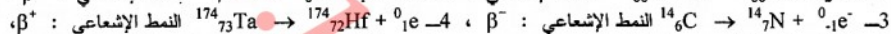
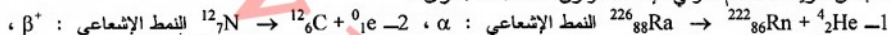
قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $6 = 7 + a \Rightarrow a = -1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 14 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إلكترون e^- . ومنه نوع التفتك هو: تفتك من نوع β^- .

و منه : معادلة التفاعل : : ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$

— بنفس طريقة استخدام قانوني الإنحفاظ نوازن المعادلات الأخرى :



التمرين - 7

إليك المخطط N - Z الموضح في الشكل :

1- بين مع التعليل الأنماط الإشعاعية لـ (1) و (2) و (3) .

2- بالإعتماد على المخطط (N - Z) المعطى في الدرس ، ما هي ميزة الأنوية

المستقرة لـ : $Z < 20$ ؟

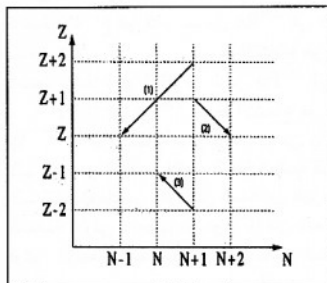
3- الايتربيوم $^{152}_{70}\text{Yb}$ عنصر مشع ، كيف يتفكك ؟

4- هل الفواة الإبن له مشعة ؟ علل .

5- يتواجد بين النفايات الناتجة عن انشطار اليورانيوم 235 في المفاعلات

النوية الإكزيمون ($^{139}_{54}\text{Xe}$) والسترونسيوم ($^{98}_{38}\text{Sr}$). ما هو نمط الإشعاع

الممكن أن يحدث لهما ؟



الحل - 7

ملاحظة : المخطط (N, Z) يعتبر هو الموجود في الدرس : $N = f(Z)$ و ليس : $Z = f(N)$.

1- الأنماط الإشعاعية لـ (1) و (2) و (3) :

— النمط الإشعاعي لـ (1) هو α : عند الإشعاع α : N و Z تتناقص بـ 2 وحدة .

— النمط الإشعاعي لـ (2) هو (β^+) : في الإشعاع بيتا موجب (β^+) : N تزداد بوحدة و Z تنقص بوحدة .

— النمط الإشعاعي لـ (3) هو (β^-) : في الإشعاع بيتا سالبة (β^-) : N تنقص بوحدة و Z تزداد بوحدة .

2- ميزة الأنوية المستقرة لـ : $Z < 20$: المنطقة 4 (انظر الدرس) : تقع بين المنطقتين 2 و 3 . تمثل الأنوية المستقرة . تدعى

ونلاحظ من أجل $Z < 20$ (بعض المصادر $Z < 30$) أن الأنوية المستقرة تقع على الخط المستقيم $N = Z$ أو

بجواره ، حيث يتساوى فيها عدد البروتونات مع عدد النوترونات أو قيمتهما متقاربتين أى لها Z و N متساويين أو متقاربين جداً

3- الايتريوم $^{152}_{70}\text{Yb}$ عنصر مشع : نحسب عدد النيوترونات : $N = A - Z = 152 - 70 = 82$. نلاحظ في المخطط أن

اللايتريوم $^{152}_{70}\text{Yb}$ يقع في المنطقة 2 : تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع (β^+) . أي تقع تحت وادي الاستقرار فهي تتفكك بإشعاع

(β^+) حتى تعطى نواة ابن قريب من وادى الاستقرار . في الإشعاع بيتا موجبة (β^+) :

كتابة معادلة تفكك $^{152}_{70}\text{Yb}$ للابتد بـ $^{152}_{70}\text{Yb}$: $^{152}_{70}\text{Yb} \rightarrow {}^b_a\text{X} + {}^0_0\text{e}^-$

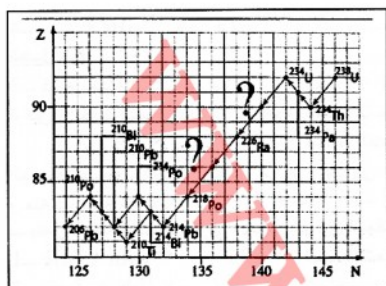
قانون انخفاض الشحنة : $70 = a + 1 \Rightarrow a = 69$

قانون انحفاظ العدد الكتلي : $b' = b + 0 = 152$

النواة المشككة هي نواة عنصر الثوريوم $^{152}_{90}\text{Th}$: $^{152}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{152}_{89}\text{Tm} + ^0_{-1}\text{e}^-$: معادلة التفاعل : منه : $^{152}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{152}_{89}\text{Tm} + ^0_{-1}\text{e}^-$

4- النواة الإبن هي $^{152}_{69}\text{Tm}$ مشعة لأنها : نحسب $N = A - Z = 152 - 69 = 83$. نقابل العدد N مع العدد Z في المخطط (N, Z) فنحصل على موقع النواة . نلاحظ في المخطط أن الايتريوم $^{152}_{70}\text{Yb}$ يقع في المنطقة 2 : تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع (β^-) . أي تقع تحت وادي الإستقرار فهي تتفكك بإشعاع (β^-) حتى تعطي نواة إبن قريب من وادي الإستقرار .

5- النمط الإشعاعي لـ $(^{139}_{54}\text{Xe})$: نحسب عدد النيوترونات : $N = A - Z = 139 - 54 = 85$. نلاحظ في المخطط أن الايتريوم $(^{139}_{54}\text{Xe})$ يقع في المنطقة 3 : تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع (β^-) . أي تقع فوق وادي الإستقرار فهي تتفكك بإشعاع (β^-) حتى تعطي نواة إبن قريب من وادي الإستقرار . N تنقص بوحد و Z تزداد بوحد .
 - النمط الإشعاعي لـ $(^{98}_{38}\text{Sr})$: نحسب عدد النيوترونات : $N = A - Z = 98 - 38 = 60$. نلاحظ في المخطط أن الكزونيوم $(^{139}_{54}\text{Xe})$ يقع في المنطقة 3 : تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع (β^-) . نفس التعليل السابق .



التمرين 8

في العائلة المشعة لليورانيوم 238 الموضحة في المخطط التالي :

- 1- عرف نمط الإشعاع الموافق لكل سهم .
- 2- أعط أعداد العناصر الناقصة لإتمام العائلة المشعة لليورانيوم 238 .
- 3- اكتب المعادلتين النوويتين الممكنتين للبيزموت 214 .
- 4- لماذا يتواجد الرصاص في مؤخرة هذه السلسلة المشعة ؟

الحل 8

1- تعريف نمط الإشعاع الموافق لكل سهم : نبحث على المخطط عدد الوحدات الزائدة أو الناقصة للنواة : للنيوترونات و البروتونات ثم نستنتج

نمط الإشعاع : - من ^{238}U إلى ^{234}Th : نمط الإشعاع هو α .

- من ^{234}Th إلى ^{234}Pa : نمط الإشعاع هو (β^-) .

- من ^{234}Pa إلى ^{234}U : نمط الإشعاع هو (β^-) . - من ^{234}U إلى ^{230}Th : نمط الإشعاع هو α . - من ^{230}Th إلى ^{226}Ra : نمط الإشعاع هو α .

- من ^{226}Ra إلى ^{222}Rn : نمط الإشعاع هو α . - من ^{222}Rn إلى ^{218}Po : نمط الإشعاع هو α . - من ^{218}Po إلى ^{214}Pb : نمط الإشعاع هو α . - من ^{214}Pb إلى ^{214}Bi : نمط الإشعاع هو (β^-) . - من ^{214}Bi إلى ^{214}Po : نمط الإشعاع هو α .

- من ^{214}Po إلى ^{210}Pb : نمط الإشعاع هو (β^-) . - من ^{210}Pb إلى ^{210}Bi : نمط الإشعاع هو α . - من ^{210}Bi إلى ^{210}Po : نمط الإشعاع هو (β^-) . - من ^{210}Po إلى ^{206}Pb : نمط الإشعاع هو α .

2- العناصر الناقصة لإتمام العائلة المشعة لليورانيوم 238 : انظر السؤال 1 .

3- كتابة المعادلتين النوويتين الممكنتين للبيزموت 214 :

المعادلة الأولى : نمطها من نوع β^- إذن انبعاث الإلكترون يوافق هذا التفكك : $^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$.

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $83 = a - 1 \Rightarrow a = 84$.

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $214 = b + 0 \Rightarrow b = 214$.

النواة المشكلة هي نواة عنصر البلونيوم : $^{214}_{84}\text{Po}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{214}_{84}\text{Po} + ^0_{-1}\text{e}^-$.

المعادلة الثانية : نمطها من نوع α إذن انبعاث نواة هيليوم يوافق هذا التفكك : $^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^4_2\text{He}$.

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $83 = a + 2 \Rightarrow a = 81$.

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $214 = b + 4 \Rightarrow b = 210$.

النواة المشكلة هي نواة عنصر الثاليوم 210 : $^{210}_{81}\text{Tl}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{81}\text{Tl} + ^4_2\text{He}$.

4- يتواجد الرصاص في مؤخرة هذه السلسلة المشعة لأن $^{206}_{84}\text{Pb}$ هو الأكبر استقرار حيث يتواجد في منطقة وادي الإستقرار .

التمرين 9

1- عبر عن القانون التناقص الإشعاعي للعدد الوسطي للأنوية المشعة . 2- عبر عن ثابت الزمن بدلالة زمن نصف العمر .

3- الفرتسيون 223 $^{223}_{87}\text{Fr}$ يملك نصف عمر مقداره 22 min . إذا كان لدينا كتلة ابتدائية $m_0 = 1,0 \cdot 10^{-13} \text{ g}$ ، ما هي الكتلة المتبقية m بعد ساعة ؟ 4- احسب عدد الأنوية و النشاط الإشعاعي للكتلة المتبقية .

الحل 9

1- التعبير عن القانون التناقص الإشعاعي للعدد الوسطي للأنوية المشعة : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.

2- التعبير عن ثابت الزمن بدلالة زمن نصف العمر : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$.

من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$ إذن :

$$N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2}$$

ثابت الزمن τ : $\tau = 1/\lambda = t_{1/2} / \ln 2$.

3- الكتلة المتبقية بعد ساعة للفرانسيوم 223 : أولاً نحسب عدد الأنوية N_0 الابتدائية : $N_0 = (m_0/M) \cdot N_A$.
ثانياً نحسب عدد الأنوية N المتبقية : $N = (m/M) \cdot N_A$. نعوض في قانون التناقص الإشعاعي فنجد :

$N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$, $N_0 = (m_0/M) \cdot N_A \Rightarrow (m/M) \cdot N_A = (m_0/M) \cdot N_A \cdot \exp(-\lambda t)$
و منه بعد التبسيط : $m = m_0 \cdot \exp(-\lambda t) = (1,0 \cdot 10^{-13}) \cdot \exp(-(3,1 \cdot 10^{-2}) \cdot 60) = 1,5 \cdot 10^{-14} \text{ g}$
حيث : $t = 60 \text{ min}$ و $\lambda = \ln 2 / 22 = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$.

4- حساب عدد الأنوية المتبقية : $N = (m/M) \cdot N_A = ((1,5 \cdot 10^{-14}) / 223) \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 4 \cdot 10^7 \text{ noyaux}$

— حساب النشاط الإشعاعي للكتلة المتبقية : $A = \lambda \cdot N = (3,1 \cdot 10^{-2} / 60) \cdot 4 \cdot 10^7 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ Bq}$
لا ننسى أن نحول λ إلى s^{-1} بالقسمة على 60 للحصول على النشاط الإشعاعي بـ Bq .

التمرين 10

بمعرفة أن الفوسفور 32 يصدر جسيم β^- : يعطى الجدول التالي :

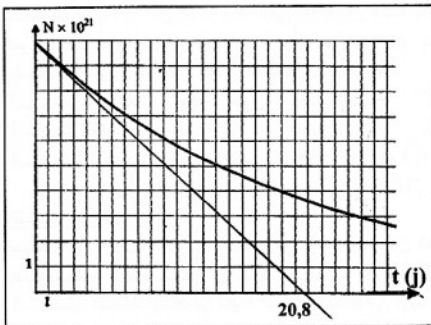
الكلور	الكبريت	الفوسفور	السيليسيوم	الألمنيوم	الإسم
Cl	S	P	Si	Al	الرمز
17	16	15	14	13	الرقم الذري

- 1- اتمم المعادلة التالية : $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow \dots + \beta^-$
- 2- توجد عينة 1g من الفوسفور . بمعرفة أن هذه العينة تحتوي على عدة نظائر للفوسفور وأن الفوسفور 32 لا يشكل سوى 53 % وأن كتلة ذرة الفوسفور 32 هي $m(^{32}_{15}\text{P}) = 5,356 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$. أحسب العدد N_0 لنواة الفوسفور 32 .
- 3- بمعرفة أن نصف عمر الفوسفور 32 هي 14,3 jours . أحسب و مثل ، في جدول ، العدد $N(t)$ لنواة الفوسفور 32 كل 5 jours ، من 0 على 40 jours .
- 4- مثل ببيانيا المنحنى $N(t)$. 5- أوجد ببيانيا ثابت الزمن $\tau = 1/\lambda$.

الحل 10

- 1- اتمام المعادلة : نواة الفوسفور تخضع لتفكك من نوع β^- : $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$.
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $15 = a - 1 \Rightarrow a = 16$
— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $32 = b + 0 \Rightarrow b = 32$.
- 2- النواة المتشكلة هي نواة عنصر الكبريت 32 : $^{32}_{16}\text{S}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^{32}_{16}\text{S} + ^0_{-1}\text{e}^-$.
حساب العدد N_0 لنواة الفوسفور 32 : $N_0 = (0,53 \cdot m) / m_p = (0,53 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}) / (5,35608 \cdot 10^{-26}) = 9,90 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$
- 3- حساب و تمثيل ، في جدول ، العدد $N(t)$ لنواة الفوسفور 32 : بمعرفة نصف عمر الفوسفور 32 نحسب قيمة λ حيث : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = (\ln 2) / (14,3) = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ jours}^{-1}$.
حيث : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$: و من عبارة قانون التناقص الإشعاعي : $N(t) = 9,90 \cdot 10^{21} \cdot \exp[-(4,8 \cdot 10^{-2}) \cdot t]$. نملأ الجدول :

t (j)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
N(t) · 10 ²¹	9,9	7,77	6,11	4,80	3,77	2,96	2,33	1,83	1,43



- 4- تمثيل ببيانيا المنحنى $N(t)$: انظر الشكل .
- 5- إيجاد ببيانيا ثابت الزمن $\tau = 1/\lambda$: نرسم المماس للمنحنى عند $t = 0$ حيث يقطع محور الأزمنة عند $t = \tau = 20,8 \text{ j}$.

التمرين 11

- 1- إن البيزموت $^{212}_{83}\text{Bi}$ يصدر α ، بنصف عمر $t_{1/2} = 60 \text{ min}$.
النواة الناتجة تمثل عنصر التالوم $^{208}_{81}\text{Ti}$.
- 2- أكتب معادلة التفكك .
- 3- أكتب منبع $1,88 \cdot 10^{17}$ من التفككات خلال مدة $\Delta t = 6 \text{ s}$.
- 4- أعط العدد المتوسط N للأنوية المشعة في لحظة القياس .
- 5- حدد كتلة البيزموت الحاضرة في المنبع في هذه اللحظة .
- 6- أحسب حجم غاز الهيليوم الناتج في الشروط العادية في 1 min باعتبار أن النشاط الإشعاعي يبقى ثابت .

7- ما هو النشاط الإشعاعي لهذه العينة بعد 1 h ، 24 h ، 60 h ؟ فسر النتائج . هل العينة ما تزال مشعة ؟
المعطيات : $m(\text{Bi}) = 210 \text{ u}$ ، $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ، $V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

الحل - 11

- 1- كتابة معادلة التفكك : البزموت يخضع لتفكك α إذن انبعاث الهيليوم يوافق هذا التفكك : $^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{208}_{81}\text{Ti} + ^4_2\text{He}$
- 2- حساب ثابت النشاط الإشعاعي λ : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,69 / (60 \cdot 60) = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$
- 3- النشاط الإشعاعي هو عدد التفككات في 1 s ، ومنه : $A(t) = (1,88 \cdot 10^{17}) / 6 = 3,14 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$
- 4- إعطاء العدد المتوسط N للأنوية المشعة في لحظة القياس t :
 $A(t) = \lambda \cdot N \Rightarrow N = A / \lambda = (3,14 \cdot 10^{16}) / (1,9 \cdot 10^{-4}) = 1,61 \cdot 10^{20} \text{ noyaux}$
- 5- تحديد كتلة البزموت الحاضرة في المنبع في هذه اللحظة t : $N = (m/M) \cdot N_A \Rightarrow m = (M/N_A) \cdot N = 5,7 \cdot 10^{-2} \text{ g}$
- 6- حساب حجم غاز الهيليوم الناتج في الشروط العادية خلال 1 min : $n_{\text{He}} = V/V_m \Rightarrow V = n_{\text{He}} \cdot V_m$:
نحسب أولا العدد N_{Bi} للأنوية المتفككة في 1 min = 60 s : خلال 1 s تتفكك $3,14 \cdot 10^{16} \text{ noyaux}$
إذن خلال 60 s تتفكك : $N_{\text{Bi}} = 3,14 \cdot 10^{16} \cdot 60 = 1,9 \cdot 10^{18} \text{ noyaux}$
حسب معادلة التفاعل السابقة : $n_{\text{He}} = n_{\text{Bi}}$ ، $N_{\text{Bi}} = N_{\text{Bi}} / N_A$ ، ومنه : $V = N_{\text{Bi}} / N_A \cdot V_m = [(1,9 \cdot 10^{18}) / (6,023 \cdot 10^{23})] \cdot 22,4 = 7 \cdot 10^{-5} \text{ L}$
- 7- النشاط الإشعاعي لهذه العينة بعد 1 h ، 24 h ، 60 h :
 $A(t + \Delta t) = A_0 \exp[-\lambda(t + \Delta t)] = A_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t) \cdot \exp(-\lambda \cdot \Delta t) = A(t) \cdot \exp(-\lambda \cdot \Delta t)$
و منه : $A(t) = 3,14 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$ هي قيمة النشاط الإشعاعي الابتدائي : $A(t + \Delta t) = A(t) \cdot \exp(-\lambda \cdot \Delta t)$
و منه نملأ الجدول :

$\Delta t \text{ (s)}$	3600	86400	216000
$A \text{ (Bq)}$	$1,57 \cdot 10^{16}$	$2,16 \cdot 10^9$	$4,11 \cdot 10^{-2}$

تفسير النتائج : نشاط العينة في تناقص سريع جدا حيث بعد 60 h أصبح قيمته صغيرة جدا و منه يمكن اعتبار العينة غير مشعة .

التمرين - 12

- تعطى التفاعلات التالية : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^{218}_{84}\text{Po}$ حيث كل سهم يمثل تفكك من نوع α .
- 1- إن زمن نصف العمر للرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ هو 3,825 jours . تعتبر كتلة m_0 للرادون في لحظة مختارة : أحسب المدة اللازمة لتفكك 9/10 من هذه الكتلة m_0 .
 - 2- يحتوي مصباح على $2,0 \text{ cm}^3$ من رادون غازي ، باستعمال قانون الغازات المثالية ، أوجد كمية المادة لأنوية الرادون .
 - 3- أوجد عدد الأنوية المشعة N_0 . 4- حدد النشاط الإشعاعي الابتدائي والنشاط الإشعاعي بعد 100 يوم .
- تعطى : الضغط داخل المصباح : $P = 1,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ؛ درجة الحرارة : $T = 30^\circ \text{C}$ ؛ ثابت الغازات المثالية : $R = 8,32 \text{ SI}$

الحل - 12

- 1- حساب المدة اللازمة لتفكك 9/10 من هذه الكتلة m_0 : من قانون التناص الإشعاعي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$
 $N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0 / 2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,69 / 3,825 = 1,8 \cdot 10^{-1} \text{ j}^{-1}$
لدينا : $N = (m/M) \cdot N_A \Rightarrow N_0 = (m_0/M) \cdot N_A$: نعوض بقيم N و N_0 في قانون التناص الإشعاعي فنجد :
 $(m/M) \cdot N_A = N = (m_0/M) \cdot N_A \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow m = m_0 \cdot \exp(-\lambda t)$
عندما تتفكك 9/10 من الكتلة m_0 تبقى 1/10 من الكتلة m_0 غير متفككة : $m = 1/10 m_0$
نعوض بقيم m و m_0 في العلاقة $m = m_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ نجد : $1/10 = \exp(-\lambda t) \Rightarrow 1/10 m_0 = m_0 \cdot \exp(-\lambda t)$
بإدخال اللوغاريتم للطرفين نجد : $t = 12,7 \text{ jours}$
- 2- إيجاد كمية المادة لأنوية الرادون : $PV = nRT \Rightarrow n = PV/RT = (10^4 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) / (8,3 \cdot 293) = 8 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$
- 3- إيجاد عدد الأنوية المشعة N_0 : $N_0 = n \cdot N_A = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,8 \cdot 10^{18} \text{ noyaux}$
- 4- إيجاد النشاط الإشعاعي الابتدائي : $A_0 = \lambda \cdot N_0 = (1,8 \cdot 10^{-1}) / (24 \cdot 3600) \cdot 4,8 \cdot 10^{18} = 1,0 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$
إيجاد النشاط الإشعاعي بعد 100 يوم : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) = 1,0 \cdot 10^{13} \cdot \exp(-\lambda t) = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Bq}$

التمرين - 13

- يستخدم اليود $^{131}_{53}\text{I}$ أساسا في معالجة سرطان الغدة الدرقية . يسمح بإتلاف خلايا الغدة الدرقية المتبقية بعد بترها و كذلك بمعالجة المضاعفات . إن اليود $^{131}_{53}\text{I}$ مشع من نمط β^- له نصف عمر $t_{1/2} = 8 \text{ jours}$.
- 1- أحسب النشاط الإشعاعي لعينة نشاطها الإشعاعي الابتدائي هو $A_0 = 3,2 \cdot 10^7 \text{ Bq}$ بعد $t_1 = 8 \text{ j}$ ، $t_2 = 16 \text{ j}$ ، $t_3 = 24,0 \text{ j}$ ، $t_4 = 32,0 \text{ j}$ ، $t_5 = 40 \text{ j}$ ثم مثل هذا النشاط الإشعاعي على البيان باستعمال معادلة النشاط الإشعاعي $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

2- ما هي اللحظة التي يصبح فيه هذا النشاط الإشعاعي مساويا لـ : 10^6 Bq ؟

3- ارسم المنحنى $\ln A = f(t)$ لـ : $t_5 \dots t_0$ بالقيم المحصل عليها .

4- استنتج من المنحنى $\ln A = f(t)$ قيمة λ لليود 131 .

الحل - 13 حل مختصر

1- حساب نشاط العينة نشاطها الإشعاعي الابتدائي هو $A_0 = 3,2 \cdot 10^7 \text{ Bq}$: $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,69/8 = 8,6 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$

$$A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) = 3,2 \cdot 10^7 \cdot \exp[-(8,6 \cdot 10^{-2}) \cdot t]$$

نعوض عن قيم t (بعد التحويل إلى s) في هذه العلاقة ثم نلخص النتائج في جدول :

t (s)	691200	1382400	2073600	2764800	3456000
A(t) (Bq)					
ln A(t)					

2- اللحظة التي يصبح فيه هذا النشاط الإشعاعي مساويا لـ : 10^6 Bq :

$$A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow A(t)/A_0 = \exp(-\lambda t) \Rightarrow \ln [A(t)/A_0] = -\lambda t \Rightarrow t = -1/\lambda \cdot \ln [A(t)/A_0]$$

3- رسم المنحنى $\ln A = f(t)$ لـ : $t_5 \dots t_0$ بالقيم المحصل عليها : نحصل على منحنى مستقيم مائل نحو الأسفل أي معامل توجيهه (ميله) مسالب .

4- استنتاج من المنحنى $\ln A = f(t)$ قيمة λ لليود 131 : العلاقة النظرية لـ $\ln A = f(t)$:

حيث A_0 نشاط العينة عند اللحظة $t = 0$ ، من هذه العلاقة يمكن أن نكتب : $\ln A = \ln (A_0 \cdot \exp(-\lambda t)) = \ln (A_0) - \lambda t$:

العلاقة التي توافق المنحنى المرسوم : المنحنى الممثل لـ $\ln A$ بدلالة الزمن هو مستقيم مائل معامل توجيهه هو a و يقطع محور الترتيب عند b . إذن هذه العلاقة توافق : $\ln A = a + b$. نحصل من المنحنى معامل توجيهه a .

بمطابقة العلاقة $\ln A = a + b$ و العلاقة النظرية $\ln A = \ln (A_0) - \lambda t$ نتوصل إلى : $\lambda = -a$:

التمرين - 14

يقوم طالب بإجراء تجربة لتحديد نصف حياة نظير مشع M بحذف الشوائب من العد الذي يقوم به ، يحصل على منحنى النشاط الإشعاعي بدلالة الزمن كما يلي :

1- يستنتج الطالب من هذا المنحنى أن النظير M ليس نقيًا و لكن يحتوي على نسبة صغيرة لنظير آخر C .

بين على المنحنى مؤشر يؤكد هذا الاستنتاج . من أجل t صغيرة أمام ثابت الزمن τ يمكن أن نكتب : $e^{-t/\tau} = 1 - t/\tau$:

2- قدر النشاط الإشعاعي للنظير C . 3- حدد نصف عمر النظير M مبرزا بوضوح كيفية الحصول على الإجابة .

4- يتفكك النظير M بإصدار الجسيمات β^- . اكتب المعادلة النووية المبينة لإنتاج الجسيمات β^- .

5- بين باختصار كيف يمكن للطالب تحديد طبيعة الإشعاع الصادر عن النظير C .

الحل - 14

1- عنصرًا يحتمل هذا الاستنتاج : يبين المنحنى نشاط إشعاعي ثابت بعد 10 min . النشاط الإشعاعي للعينة يتناقص مع مرور الزمن و عند اللحظة $t = 10 \text{ min}$ أصبحت ثابتة . هذا ما يدل على تفكك النظير M تفككا تاما عند اللحظة $t = 10 \text{ min}$ ، و ظهور نظير آخر C . أي لو لم يظهر هذا النظير لتواصل تفكك النظير M .

2- تقدير النشاط الإشعاعي للنظير C : عند اللحظة $t = 10 \text{ min}$ ، يصبح النشاط الإشعاعي للعينة :

$$A = A_{M0} \exp(-t/\tau_M) + A_{C0} \exp(-t/\tau_C)$$

$$A_{M0} \exp(-t/\tau_M) = 0 \text{ و منه : } A = A_{C0} \exp(-t/\tau_C) = A_{C0} \cdot (1 - t/\tau_C) = A_{C0} \cdot 1 - t/\tau_C = 1$$

$$\text{لأن } t/\tau_C \text{ صغيرة جدا أمام 1 و منه : } A = A_{C0} = 100 \text{ cpm}$$

3- تحدد نصف عمر النظير M : يسمح نصف العمر بتصنيف التناقص الإشعاعي في العينة . حيث يمثل المدة الزمنية التي يتناقص فيها النشاط الإشعاعي إلى النصف : A_0 . $A(t_{1/2}) = 1/2 \cdot A_0$. حسب المنحنى المعطى : $A_0 = 1500 \text{ cpm}$. $1/2$ اللحظة المقابلة لهذه القيمة بالتقريب هي : $t = t_{1/2} = 1,3 \text{ min}$.

4- كتابة المعادلة النووية المبينة لإنتاج الجسيمات β^- : الجسيمات β^- هي إلكترونات : $^0_{-1}e$ منبعثة من النواة .

في التناقص الإشعاعي β^- ، ينبعث جزء من النواة و هي إلكترون : $^0_{-1}e$ ، الجزء المتبقى هو نوية مختلفة .

$$^A_ZM \rightarrow ^{(A)}_{(Z+1)}Y + ^0_{-1}e$$

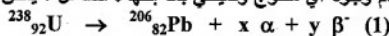
تكون المعادلة النووية على الشكل :

$$^1_0n \rightarrow ^1_1P + ^0_{-1}e$$

5- يمكن للطالب تحديد طبيعة الإشعاع الصادر عن النظير C بوضع حواجز مختلفة لتوقيفها حيث : - يتم توقيف جسيمات α بورقة من الورق ، - يتم توقيف جسيمات β بورقة من الألومنيوم . - يتم توقيف جسيمات γ بواسطة الرصاص .

التمرين - 15

إن النظير 138 لليورانيوم يشكل المنطلق للعائلة الإشعاعية التي تؤدي إلى نظير مستقر من الرصاص $^{206}_{82}\text{Pb}$ ، نلاحظ تفككات متتابعة لـ α و β . بافتراض عدم وجود أي منتوج وسيطي بعد إنتهاء التفاعل . يمكن كتابة الحصيلة :



نفرض أن العينة لا تحتوي في البداية سوى على اليورانيوم . يدعى $Nu(0)$ و $Nu(t)$ العدد المتوسط للأخوية في اللحظة 0 و t . N_{pb} عدد أنوية الرصاص في اللحظة t .

1- عين x و y . 2- إعط العلاقة بين λ ثابت النشاط الإشعاعي و $t_{1/2}$ نصف العمر . 3- عبر عن $N_{pb}(t)$ بدلالة t ، λ و $Nu(0)$.

4- عبر عن العمر t للمعدن بدلالة الدور $t_{1/2}$ لليورانيوم والنسبة $N_{pb}(t)/Nu(0)$. يمكن افتراض $t \ll t_{1/2}$. إذا كان ε صغير أمام 1 يكون لدينا $1 + \varepsilon = e^\varepsilon$. يحتوي المعدن في اللحظة t على 1 g من اليورانيوم 238 و 10 mg من الرصاص . 5- احسب عمر المعدن . تعطى : $M(\text{pb}) = 206 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{U}) = 238 \text{ g/mol}$ ، $t_{1/2}(^{98}_{54}\text{Sr}) = 4,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$ ،

الحل - 15

1- تحديد قيمة x و y في المعادلة (1) : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + x\alpha + y\beta^-$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : $238 = 206 + 4x \Rightarrow x = 8$ قانون انحفاظ الشحنة : $92 = 82 + 2x - y \Rightarrow y = 6$

و منه : معادلة التفاعل : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + 8\alpha + 6\beta^-$: قانون التناقص الإشعاعي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$: العلاقة بين λ ثابت النشاط الإشعاعي و $t_{1/2}$ نصف العمر : من قانون التناقص الإشعاعي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$: $N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2}$

3- التعبير عن $N_{pb}(t)$ بدلالة t ، λ و $Nu(0)$: عندما تتفكك نواة واحدة من اليورانيوم تعطي نواة واحدة من الرصاص : $N_U(t) = N_U(0) \cdot \exp(-\lambda t)$ و لدينا : $N_U(0) = N_U(t) + N_{pb}(t) \Rightarrow N_{pb}(t) = N_U(0) - N_U(t)$ و منه : $N_{pb}(t) = N_U(0) - N_U(t) = N_U(0) - N_U(0) \cdot \exp(-\lambda t) = N_U(0) [1 - \exp(-\lambda t)]$ و منه : $N_{pb}(t) = N_U(0) [1 - \exp(-\lambda t)]$

4- التعبير عن العمر t للمعدن بدلالة الدور $t_{1/2}$ لليورانيوم والنسبة $N_{pb}(t)/Nu(0)$: $N_{pb}(t)/Nu(0) = 1 - \exp(-\lambda t)$: $N_{pb}(t) = N_U(0) [1 - \exp(-\lambda t)] \Rightarrow N_{pb}(t)/Nu(0) = 1 - \exp(-\lambda t)$

التمرين - 16

أثناء كارتته تشير نوبيل تم تحرير السيزيوم 134 والسيزيوم 137 في الهواء .

1- إن السيزيوم 137 مشع بـ β^- ، أكتب معادلة الحصيلة للتفكك . 2- احسب الطاقة المحررة بالنفك لنواة السيزيوم 137 . المعطيات : $m_e = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ u}$ 3- للسيزيوم 134 دور $t_{1/2} = 2 \text{ ans}$. ماهو الزمن اللازم لضياء 99% من السيزيوم المحرر ؟

باريوم	باريوم	باريوم	سيزيوم	سيزيوم	سيزيوم	كزيتون	الإسم
Ba	Ba	Ba	Cs	Cs	Cs	Xe	الرمز
56	56	56	55	55	55	54	Z
138	137	132	134	134	137	132	A
137,905 23	136,905 81	131,905 05	133,906 71	136,907 07	131,904 16		كتلة الذرة بـ(u)

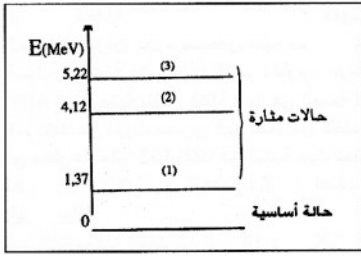
الحل - 16

1- كتابة معادلة الحصيلة للتفكك : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$: قانون انحفاظ الشحنة : $55 = a - 1 \Rightarrow a = 56$ قانون انحفاظ العدد الكتلي : $137 = b + 0 \Rightarrow b = 137$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الباريوم 137 : $^{137}_{56}\text{Ba}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e}^-$: حساب الطاقة المحررة بالنفك لنواة السيزيوم 137 : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [m(\text{Cs}) - (m_e + m(\text{Ba}))] \cdot c^2$: $\Delta E = [136,90707 - (136,90581 + 5,5 \cdot 10^{-4})] \cdot c^2$: $\Delta E = 0,661 \text{ MeV}$ (931,5) : $\Delta E = 0,661 \text{ MeV}$

3- الزمن اللازم لضياء 99% من السيزيوم المحرر للسيزيوم 134 : النسبة المتبقية هي : 1% أي : $N(t)/N_0 \cdot 100 = 1$: $N(t)/N_0 = 0,01$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t)/N_0 = \exp(-\lambda t) = 0,01$: $\exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) = 0,01 \Rightarrow \ln 0,01 = -\ln 2 / t_{1/2} \cdot t \Rightarrow t = -(\ln 0,01) / (-\ln 2 / t_{1/2})$: $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$: $t = -(\ln 0,01) / (-\ln 2 / t_{1/2}) = 13,31 \text{ ans}$: و منه :

التمرين - 17



النوية $^{24}_{11}\text{Na}$ تصدر جسيمات β^- ، هذا التفكك يعطي النواة Mg^* .

1- اكتب المعادلة الحصيلة لهذا التفكك .

2- يمكن للنواة الابن الظهور في عدة حالات مثارة مرافقة للمخطط التالي : للطاقات الممثل لمستوى الطاقة المحتملة للإشعاع غاما الصادر .

تعطي : $m(^{24}\text{Na}) = 23,990\,06\,u$ ، $m(e) = 0,00054858\,u$ ، $m(^{24}\text{Mg}) = 23,950\,05\,u$; عين الطاقة العظمى للإلكترون عندما

يتم إنتاج النواة الابن في حالته الأساسية (يمكن إهمال الطاقة الحركية لارتداد النواة) .

3- ما هي الطاقة الحركية العظمى للإلكترون الصادر عندما تنتج النواة الابن في الحالة المثارة 2 ؟

الحل - 17

1- كتابة المعادلة الحصيلة لهذا التفكك : $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$.

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $11 = a - 1 \Rightarrow a = 12$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $24 = b + 0 \Rightarrow b = 24$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر المغنيزيوم $^{24}_{12}\text{Mg}$. ومنه : $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + ^0_{-1}\text{e}^-$: معادلة التفاعل :

2- تعيين الطاقة العظمى للإلكترون : عندما يتم إنتاج النواة الابن في حالته الأساسية يعني أن الطاقة الكلية للجملة تتحول كلها إلى طاقة حركية للإلكترون الناتج : تحديد الطاقة المحررة بتفكك النواة $^{24}_{11}\text{Na}$: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$:

$$\Delta m = [m(\text{Mg}) + m(e) - m(\text{Na})] = -0,0394614\,u$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -0,0394614 \cdot 931,5 = -36,76\,\text{MeV}$$

و منه :

الإشارة السالبة تدل على أن التفاعل أعطى طاقة للوسط الخارجي ومنه فالطاقة المتحررة هي : $\Delta E = 36,8\,\text{MeV}$.

3- الطاقة الحركية العظمى للإلكترون الصادر عندما تنتج النواة الابن في الحالة المثارة 2 أي $E(\gamma) = 4,12\,\text{MeV}$:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = E_c + E(\gamma) \Rightarrow E_c = 36,76 - 4,12 = 32,64\,\text{MeV}$$

التمرين - 18

إن السيزيوم $^{139}_{55}\text{Cs}$ مشع و يبت β^- ، تحوله يؤدي إلى نظير من الباريوم .

1- اكتب المعادلة الحصيلة للتحويل الإشعاعي .

2- احسب ثابت النشاط الإشعاعي λ للسيزيوم 139 علما أن دوره قريب من 7,2 min .

3- ما هو الزمن اللازم لتتخفض كتلة من السيزيوم إلى 1/10 من قيمتها الأصلية ؟

4- ما هو إذن النشاط الإشعاعي لمنبع من السيزيوم 139 كتلته الأصلية $1\,\mu\text{g}$ ؟

الحل - 18

1- كتابة المعادلة الحصيلة للتحويل الإشعاعي : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e}^-$:

2- حساب ثابت النشاط الإشعاعي λ للسيزيوم 139 : من التعريف : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,69 / 7,2 = 9,6 \cdot 10^{-2}\,\text{min}^{-1}$.

3- الزمن اللازم لتتخفض كتلة من السيزيوم إلى 1/10 من قيمتها الأصلية : قانون التناقص الإشعاعي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$:

لدينا : $N_0 = (m_0/M) \cdot N_A \Rightarrow N = (m/M) \cdot N_A$ نعوض بقيم N و N_0 في قانون التناقص الإشعاعي فنجد :

$$(m/M) \cdot N_A = N = (m_0/M) \cdot N_A \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow m = m_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

لتتخفض كتلة من السيزيوم إلى 1/10 من قيمتها الأصلية أي تبقى 1/10 من الكتلة m_0 غير متفككة : $m = 1/10\,m_0$:

$$1/10\,m_0 = m_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow 1/10 = \exp(-\lambda t)$$

$$\ln 1/10 = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = -\ln 0,1 / (9,6 \cdot 10^{-2}) = 24\,\text{min}$$

4- حساب النشاط الإشعاعي لمنبع من السيزيوم 139 كتلته الأصلية $1\,\mu\text{g}$: $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow A_0 = \lambda \cdot N_0$:

$$N_0 = (m_0/M) \cdot N_A = (1 \cdot 10^{-6}) / (139) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,33 \cdot 10^{15}\,\text{noyaux}$$

نحسب قيمة N_0 :

حساب النشاط الإشعاعي عند $t = 24\,\text{min}$:

$$A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = (9,6 \cdot 10^{-2} / 60) \cdot 4,33 \cdot 10^{15} \cdot \exp[-(1,6 \cdot 10^{-3}) \cdot 1440] = 6,85 \cdot 10^{11}\,\text{Bq}$$

التمرين - 19

يستعمل الكربون 14 لتأريخ قطع من النباتات أو الحيوانات وجدت في أماكن أثرية . إن النباتات والحيوانات تمتص ثاني أكسيد

الكربون الذي يحتوي على نظيرين من الكربون 12 و 14 أثناء حياتها . تبقى النسبة بين النظيرين ثابتة :

$$^{12}_6\text{C} / ^{14}_6\text{C} = 10^{-12} \text{ } r = \% \text{ عند الممات ، تتوقف النباتات والحيوانات عن امتصاص ثاني أكسيد الكربون . يبدأ عندئذ}$$

الكربون 14 المشع المتواجد في أنسجتها بالتفكك إلى أزوت 14 بدون أن يتجدد .

1- اكتب معادلة التفكك للكربون 14 . أذكر قانوني الإحفاظ المستعملة . ما هو نمط التفكك المعني ؟

2- ما هو الزمن اللازم لتتناقص كمية الكربون 14 للنصف بعد ممات النبتة ؟

3- لتأريخ عينة من الخشب القديم ، نقوم بمقارنة النشاط الإشعاعي $A(t')$ لعينة من هذا الخشب القديم بالنشاط الإشعاعي

$A(t)$ لعينة حالية بنفس الكتلة . ما هي العلاقة الموجودة بين $A(t)$ ؛ $A(t')$ ؛ λ و Δt تاريخ قطعة الخشب ؟

4- أخذنا من تابوت مصري قديم قطعة من الخشب فوجدناها تنتج 70 تفككا في الثانية بينما تنتج قطعة من نفس الخشب جديدة أي مقطوعة حاليا 102 تفككا في الثانية حيث تحتوي على نفس الكمية من الكربون . عين تاريخ صنع التابوت .

تعطى : $Z(C) = 6$ ؛ $Z(N) = 7$ ؛ نصف عمر ^{14}C هو $t_{1/2} = 570 \text{ ans}$ ؛ الكتلة المولية للكربون $12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

الحل - 19

أ- كتابة معادلة التفكك للكربون 14 : $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + ^0_{-1}e$

قوانين الإحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $6 = 7 + a \Rightarrow a = -1$

- قانون انحفاظ العدد الكلي : $14 = 14 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إلكترون $^0_{-1}e$. ومنه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^- .

و منه : معادلة التفاعل : $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + ^0_{-1}e$

2- الزمن اللازم لتتناقص كمية الكربون 14 للنصف بعد ممات النبتة : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,69/570 = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$

$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N_0/2 = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow 1/2 = \exp(-\lambda t) \Rightarrow \ln(1/2) = -\lambda \cdot t$

و منه : $\ln(1/2) = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = -(\ln(1/2))/(\lambda) = -(\ln 0,5)/(1,2 \cdot 10^{-4}) = 5595 \text{ ans}$

في الحقيقة نجد : $t = t_{1/2} = 570 \text{ ans}$ لأنه لدينا من التعريف : $N(t = t_{1/2}) = N_0/2$

3- العلاقة الموجودة بين $A(t)$ ؛ $A(t')$ ؛ λ و Δt تاريخ قطعة الخشب : $A(t)$ هو النشاط الإشعاعي عند t تاريخ الممات أي

النشاط الإشعاعي للقطعة الخشبية الجديدة أي المقطوعة حاليا : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$. $A(t')$ هو النشاط الإشعاعي عند t'

تاريخ العثور على القطعة الخشبية القديمة . المدة الزمنية من تاريخ الممات إلى لحظة قياس النشاط الإشعاعي هي Δt .

يكون لدينا إذن : $A(t') = A(t + \Delta t) = A_0 \cdot \exp[-\lambda(t + \Delta t)]$

و منه : $A(t') = A(t) \cdot \exp(-\lambda \cdot \Delta t)$ و $A(t)/A(t') = (A_0 \cdot \exp(-\lambda t))/(A_0 \cdot \exp[-\lambda(t + \Delta t)]) = \exp(\lambda \cdot \Delta t)$

طريقة 2 : A_0 هو النشاط الإشعاعي عند $t = 0$ تاريخ الممات أي النشاط الإشعاعي للقطعة الخشبية الجديدة أي المقطوعة حاليا .

$A(t)$ هو النشاط الإشعاعي عند t تاريخ العثور على القطعة الخشبية القديمة . المدة الزمنية من تاريخ الممات إلى لحظة قياس

النشاط الإشعاعي هي t : يكون لدينا إذن : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و منه : $A(t)/A_0 = \exp(-\lambda t)$

4- تعيين تاريخ صنع التابوت : $A(t') = A(t) \cdot \exp(-\lambda \cdot \Delta t) \Rightarrow A(t')/A(t) = \exp(-\lambda \cdot \Delta t)$

بأخذ اللوغاريتم للطرفين : $\ln(A(t')/A(t)) = -\lambda \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = -1/\lambda \cdot \ln(A(t')/A(t))$

و منه : $\Delta t = -1/\lambda \cdot \ln(A(t')/A(t)) = -1/(1,2 \cdot 10^{-4}) \cdot \ln(70/102) = 3137 \text{ ans}$

- تعيين تاريخ صنع التابوت بالطريقة 2 : $A(t)/A_0 = \exp(-\lambda t)$. بأخذ اللوغاريتم للطرفين : $t = -1/\lambda \cdot \ln(A(t)/A_0)$

التمرين - 20

تم اكتشاف بقايا باخرة في سنة 1983 في وِحل ميناء Roskild (غرب Copenhagen) . للتحقق من الفرضية التي تقول أن

الباهرة تنتمي إلى عهد (Les Vikings) ، استخدمت طريقة التأريخ بالكربون 14 . أخذت عينة من خشب بقايا الباهرة ، وجدت

النشاط الإشعاعي لهذه العينة $A(t)$ هو 12,0 تفككا في الدقيقة لكل غرام من الكربون ، بينما يكون النشاط الإشعاعي لـ 1 g

من الكربون المساهم في دورة ثاني أكسيد الكربون في الجو مساوية إلى : $A_0 = 13,6$ تفككا في كل دقيقة . نصف عمر

الكربون 14 هو 570 ans .

1- ذكر بتعريف نصف العمر . أعط العلاقة بين نصف العمر و ثابت النشاط الإشعاعي λ .

2- برر تغير النشاط الإشعاعي للعينة من الخشب مع مرور الزمن .

3- علما أن قانون التناقص الإشعاعي بدلالة الزمن يكتب على الشكل : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

4- عبر عن الزمن t بدلالة المقادير الأخرى : $A(t)$ ، $A(0)$ و λ .

5- احسب المدة t ، الموافقة للفترة الممضاة بين تاريخ صنع الباهرة و تاريخ اكتشاف بقاياها . حدد سنة صنع الباهرة .

6- تمتد فترة الفايكنغ (Les Vikings) من القرن الثامن إلى القرن الحادي عشر (بين 700 إلى 1000 سنة) .

هل الفرضية السابقة صحيحة ؟

الحل - 20

1- تعريف نصف العمر : المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة .

- العلاقة بين نصف العمر و ثابت النشاط الإشعاعي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$

من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$ إذن :

$$N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2}$$

2- تبرير تغير النشاط الإشعاعي للعينة من الخشب مع مرور الزمن : إن النباتات (الخشب) والحيوانات تمتص ثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي على نظيرين من الكربون 12 و 14 أثناء حياتها . عند الممات ، تتوقف النباتات والحيوانات عن امتصاص ثاني أكسيد الكربون و عن أي تبادل مع الوسط الخارجي . يبدأ عندئذ الكربون 14 المشع المتواجد في أنسجتها بالتفكك بدون أن يتجدد و منه ينقص النشاط الإشعاعي للعينة من الخشب مع مرور الزمن .

3- التعبير عن الزمن t بدلالة المقادير الأخرى : $A(t)$ ، $A(0)$ و λ : A_0 هو النشاط الإشعاعي عند $t=0$ أي النشاط الإشعاعي لـ 1 g من الكربون المساهم في دورة ثاني أكسيد الكربون في الجو الموافق لزمن صنع الباخرة . $A(t)$ هو النشاط الإشعاعي عند t تاريخ العثور على بقايا الباخرة . المدة الزمنية الممتدة من تاريخ صنع الباخرة إلى لحظة قياس النشاط الإشعاعي هي t . يكون لدينا إذن : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ ومنه :

$$A(t)/A_0 = \exp(-\lambda t)$$

$$\ln(A(t)/A_0) = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = -1/\lambda \cdot \ln(A(t)/A_0)$$

$$\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,69/5570 = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1} \quad \text{حساب المدة } t \text{ ، للفترة بين تاريخ صنع الباخرة وتاريخ اكتشاف بقاياها : } t = -1/\lambda \cdot \ln(A(t)/A_0) = -1/(1,2 \cdot 10^{-4}) \cdot \ln(12/13,6) = 1,01 \cdot 10^3 \text{ ans}$$

— تحديد سنة صنع الباخرة : $1983 - 1010 = 973$

5- الفرضية السابقة صحيحة لأن السنة 973 تقع بين 700 إلى 1000 سنة .

التمرين — 21

جسم شخص كتلته 70 kg له نشاط إشعاعي من رتبة 8000 Bq حيث حوالي 5000 Bq ناتج عن حضور البوتاسيوم 40 في العظام هذا النظير المشع يمثل نسبة مئوية قليلة من البوتاسيوم الطبيعي . النظيرين المستقرين للبوتاسيوم المتواجدين بكثرة هما البوتاسيوم 39 و البوتاسيوم 41 . البوتاسيوم 40 يصادف في النجوم الميتة . البوتاسيوم 40 له خاصية التفكك إلى نواتين مختلفتين . في 89 % من الحالات ، يتفكك إلى كالسيوم 40 و في 11 % من الحالات الأخرى يتفكك إلى أرغون 40 . يعطى : $m_{(e)} = m_{(e+)} = 0,548 \text{ } 58 \cdot 10^{-3} \text{ u}$. يعطى الجدول التالي :

النظير	$^{39}_{19}\text{K}$	$^{40}_{19}\text{K}$	$^{41}_{19}\text{K}$	$^{40}_{18}\text{Ar}$	$^{40}_{20}\text{Ca}$
الكتلة الذرية النسبية	38,9637	39,9640	40,9618	39,9624	39,9626
نسبة الوجود	93,2581	0,0117	6,7302		

$M_K = 39,098 \text{ g/mol}$: الكتلة المولية : $1,28 \cdot 10^9 \text{ ans}$: 40 نصف عمر البوتاسيوم $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

الجزء A

أعط تركيب نواة البوتاسيوم 40 . b — أعط تعريف النظائر .

c — اكتب المعادلة التي توضح تفكك البوتاسيوم 40 إلى كالسيوم 40 . ما طبيعة هذا التفكك ؟ نرمز لها بـ التفاعل 1 .

d — اكتب المعادلة التي توضح تفكك البوتاسيوم 40 إلى أرغون 40 . ما طبيعة هذا التفكك ؟ نرمز لها بـ التفاعل 2 .

الجزء B

a — أعط تعريف نصف العمر $t_{1/2}$ لنظير مشع . b — أذكر بدون برهان العلاقة بين نصف العمر $t_{1/2}$ و ثابت النشاط الإشعاعي λ

c — نذكر أن قانون التفكك يكتب على الشكل التالي : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ أين $A(t)$ يمثل النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة t و A_0 يمثل النشاط الإشعاعي عند اللحظة $t=0$. ارسم مظهر المنحنى $A(t)$.

d — لكن N عدد الأنوية المشعة للبوتاسيوم الموجود في جسم الإنسان . عبر عن N بدلالة $t_{1/2}$ و النشاط A للجسم .

الجزء C

a — اكتب العلاقة كتلة — طاقة . b — حدد الطاقة المحررة بـ MeV لتفكك البوتاسيوم 40 إلى كالسيوم 40 .

c — حدد الطاقة المحررة بـ MeV بالتفكك للبوتاسيوم 40 إلى الأرغون 40 .

d — استنتج الطاقة المحررة بتفكك N أنوية من البوتاسيوم 40 الموجودة في جسم الإنسان خلال 1 ثانية .

الحل — 21

الجزء A

a — تركيب نواة البوتاسيوم 40 : رمز نواة البوتاسيوم 40 هو $^{40}_{19}\text{K}$ و رقمه الذري هو : $Z = 19$

النواة تتشكل من 40 نوكليون : 19 بروتون و 21 نوترون .

b — تعريف النظائر : هي جزيئات من نفس العنصر لها نفس عدد البروتونات و تختلف في عدد النوترونات .

c — كتابة المعادلة التي توضح تفكك البوتاسيوم 40 إلى كالسيوم 40 : $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\text{X}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $19 = 20 + a \Rightarrow a = -1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $40 = 40 + b \Rightarrow b = 0$

- الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إلكترون ${}^0_{-1}e$. ومنه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^- .
 ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + {}^0_{-1}e$
 لـ كتابة المعادلة التي توضح تفكك البوتاسيوم 40 إلى أرغون 40 : ${}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^b_aX$:
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $19 = 18 + a \Rightarrow a = 1$
 — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $40 = 40 + b \Rightarrow b = 0$
 الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إلكترون بوزيترون ${}^0_{+1}e$. ومنه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^+ .
 ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^0_{+1}e$.

B الجزء

- أ- تعريف نصف العمر $t_{1/2}$ للنظير مشع : هي المدة الزمنية التي من خلالها النشاط الإشعاعي للعينة ، التي تحتوي على الأنوية المشعة ، تقسم على 2 : $A(t + t_{1/2}) = 1/2 A(t)$.
 ب- العلاقة بين نصف العمر $t_{1/2}$ و ثابت النشاط الإشعاعي λ :
 $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$
 ج- رسم مظهر المنحنى $A(t)$: انظر الشكل المقابل .
 د- عبارة N بدلالة $t_{1/2}$ و النشاط الإشعاعي A للجسم : العدد N للأنوية المشعة عبارته : $A = \lambda \cdot N$.
 ومنه : $N(t) = A(t) / \lambda = (A(t) / \ln 2) \cdot t_{1/2}$.

C الجزء

- أ- كتابة العلاقة كتلة — طاقة : الكتلة m (kg) ، والطاقة الجملة E (ج) لجملة ، تربطهما العلاقة : $E = m \cdot c^2$ حيث c (m/s) هي سرعة الضوء في الخلاء .
 ب- الطاقة المحررة بـ MeV بتفكك البوتاسيوم 40 إلى الكالسيوم 40 :

- خلال التفاعل النووي ، عندما يحدث نقص في الكتلة Δm_1 ، يحدث تغير في طاقة الجملة ΔE_1 بحيث : $\Delta E_1 = |\Delta m_1| \cdot c^2$
 حيث c هي سرعة الضوء في الخلاء : $\Delta m_1 = m(Ca) + m(e) - m(K)$
 ومنه الطاقة المحررة من التفاعل : $|\Delta E_1| = |\Delta m_1| \cdot c^2 = 0,7931 \text{ MeV}$.
 ج- الطاقة المحررة بـ MeV بتفكك البوتاسيوم 40 إلى الأرغون 40 :
 خلال التفاعل النووي ، عندما يحدث نقص في الكتلة Δm_2 ، يحدث تغير في طاقة الجملة ΔE_2 بحيث : $\Delta E_2 = |\Delta m_2| \cdot c^2$
 حيث c هي سرعة الضوء في الخلاء : $\Delta m_2 = m(Ar) + m(e) - m(K)$
 ومنه الطاقة المحررة من التفاعل : $|\Delta E_2| = |\Delta m_2| \cdot c^2 = 0,9794 \text{ MeV}$.
 د- استنتاج الطاقة المحررة بالتفكك لـ N أنوية من البوتاسيوم 40 الموجودة في جسم الإنسان خلال 1 ثانية :
 $E = (89/100 \cdot (E_1) + 11/100 (E_2)) \cdot N$ ، $N = A(t) / \lambda = A(t) / \ln 2 \cdot t_{1/2}$
 ومنه :
 $E = [0,89 \cdot (E_1) + 0,11 (E_2)] \cdot A(t) / \ln 2 \cdot t_{1/2}$
 ومنه : $E = (0,89 \cdot (0,7931) + 0,11 (0,9794)) \cdot 5000 / \ln 2 \cdot (1,28 \cdot 10^9 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600)$
 ومنه : $E = 2,27 \cdot 10^{20} \text{ MeV} = 37,9 \text{ mJ}$

التمرين — 22

إن نواة الثوريوم ${}^{232}_{90}Th$ مشعة لـ α :

- أكتب المعادلة النووية لهذا التفكك محددا في رمز و تركيب النواة الإين . يعطى : ${}^{85}_{21}At$; ${}^{86}_{22}Rn$; ${}^{88}_{26}Ra$; ${}^{89}_{27}Ac$.
- احسب عدد الأنوية المشعة N_0 المحتواة في عينة من الثوريوم كتلتها m_0 .
 للتطبيق العددي : $m_0 = 1,0 \text{ mg}$ ، كتلة البروتون تساوي كتلة النيوترون و تساوي : $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- توجد عينة تحتوي على N_0 نواة من الثوريوم المشع في اللحظة $t = 0$ الذي يمثل مبدأ للأزمنة .
 في اللحظة t ، يتم تحديد عدد N من الأنوية غير المتفككة . نحصل على الجدول التالي :

t (jours)	0	5	10	15	20
N/N_0	1	0,82	0,68	0,56	0,46
$-\ln N/N_0$					

- أ- عرف نصف العمر للثوريوم . ب- أتم الجدول . أرسم البيان $-\ln N/N_0$.
 ج- احسب قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ و نصف العمر $t_{1/2}$ للثوريوم .
 د- إذا كانت العينة تحتوي على N_0 نواة مشعة في التاريخ $t = 0$ ، أحسب بالبكريل (Bq) النشاط الإشعاعي A_0 في التاريخ t

الحل - 22

1- كتابة المعادلة النووية لهذا التفكك : التوريوم $^{232}_{90}\text{Th}$ يتفكك باعثة نواة الهيليوم : $^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^A_Z\text{X}$
قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $90 = 2 + Z \Rightarrow Z = 88$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $232 = 4 + A \Rightarrow A = 228$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الراديوم . ومنه : معادلة التفاعل : $^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{228}_{88}\text{Ra}$

2- حساب عدد الأنوية المشعة N_0 المحتواة في عينة من التوريوم كتلتها m_0 : $N_0 = (m_0/M) \cdot N_A$

التطبيق العددي : $N_0 = (m_0/M) \cdot N_A = (1,0 \cdot 10^{-3}) / (232) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,65 \cdot 10^{18} \text{ noyaux}$

3- a- تعريف نصف العمر لتوريوم : المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية .

b- اتمام الجدول و رسم البيان $-\ln N/N_0 = f(t)$:

$-\ln N/N_0$	0	0,20	0,38	0,58	0,78
--------------	---	------	------	------	------

c- حساب ثابت النشاط الإشعاعي λ و نصف العمر $t_{1/2}$ للتوريوم :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N/N_0 = \exp(-\lambda t)$$

ومنه نستنتج أن : $-\ln(N/N_0) = \lambda \cdot t$

المنحنى : $-\ln(N/N_0) = f(t)$ - خط مستقيم مائل ميله أو معامل

توجيهه يساوي إلى λ : نختار نقطة A من المنحنى إحداثياتها :

$$\lambda = -\ln(N/N_0)_A / t_A = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1} ; A(t_A) ; -\ln(N/N_0)_A$$

ملاحظة : لا تأخذ قيم من الجدول لإيجاد إحداثيات النقطة A .

$$(N/N_0)_A / t_A = (\ln 2 / t_{1/2}) \Rightarrow t_{1/2} = -(\ln 2) / (\ln(N/N_0)_A) \cdot t_A$$

$$\text{ومنّه : } t_{1/2} = -(\ln 2) / (\ln(N/N_0)_A) \cdot t_A = -(\ln 2) / (0,43) \cdot 11 = 17,8 \text{ j}$$

d- حساب بالبكريل (Bq) النشاط الإشعاعي A_0 في التاريخ $t = 0$:

$$A_0 = \lambda \cdot N_0 = (3,9 \cdot 10^{-2}) / (24 \cdot 3600) \cdot 2,65 \cdot 10^{18} = 1,20 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

التمرين - 23

ندرس السلسلة الإشعاعية التالية : β^- : $A^* \rightarrow B^* \rightarrow C$ حيث A^* و B^* مشعة و C مستقرة .

1- بمعرفة الدور الإشعاعي T_A لـ A . أوجد ثابت النشاط الإشعاعي λ_A .

2- بقبول أن العنصر الذي كتلته m_0 لا يحتوي ابتدائياً سوى على العنصر A^* . احسب نشاطه الإشعاعي الابتدائي .

3- عند الإتزان الإشعاعي يتساوى الإشعاعان لـ A^* و B^* وتكون نسبة كتل A^* و B^* تساوي m_A/m_B . $\alpha = m_A/m_B$

أوجد ثابت النشاط الإشعاعي λ_B للعنصر B^* ودوره الإشعاعي T_B (بالأيام) .

4- اكتب المعادلات التفاضلية المبنية لتغيرات dN_A و dN_B ، لأعداد الأنوية المشعة A^* و B^* خلال فترة الزمن dt .

نرمز بـ $N_A(t)$ و $N_B(t)$ لأعداد الأنوية لـ A^* و B^* في اللحظة t .

5- نقبل بأن حل هذه المعادلات يؤدي إلى : $N_B(t) = k(e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t})$

حيث k يمثل ثابت بدلالة T_A و T_B و العدد الأصلي N_{A0} . أثبت أنه في اللحظة t_0 يمر N_B بأعظمي . احسب t_0 بالأيام .

المعطيات : $T_A = 15 \text{ jours}$; $m_0 = 20 \text{ g}$; $\alpha = 3/2$; الكتلة المولية لـ A^* : $M_A = 225 \text{ g/mol}$.

الحل - 23

1- إيجاد ثابت النشاط الإشعاعي λ_A لـ A : $\lambda_A = (\ln 2 / t_{1/2}) = 0,69 / 15 = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ jours}^{-1} = 5,32 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$

2- حساب النشاط الإشعاعي الابتدائي للعنصر الذي كتلته m_0 لا يحتوي ابتدائياً سوى على العنصر A^* :

$$N_0 = (m_0/M) \cdot N_A = (20)/(225) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 5,35 \cdot 10^{22} \text{ noyaux}$$

$$A^* = \lambda_A \cdot N_0 = 5,32 \cdot 10^{-7} \cdot 5,35 \cdot 10^{22} = 2,84 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$$

3- إيجاد ثابت النشاط الإشعاعي λ_B للعنصر B^* : عند الإتزان الإشعاعي يتساوى النشاط الإشعاعي لـ A^* مع النشاط

الإشعاعي لـ B^* وتكون نسبة كتل A^* و B^* تساوي m_A/m_B : علماً أن $M_B = M_A$ لأن التحول β^- من A^* إلى B^* لا

يغير من العدد الكتلي A .

$$\text{أي : } N_B = (m_B/M_B) \cdot N_A = (2/3 \cdot m_A/M) \cdot N_A = (20)/(225) \cdot 2/3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,56 \cdot 10^{22} \text{ noyaux}$$

$$A^* = \lambda_B \cdot N_B \Rightarrow \lambda_B = A^* / N_B = (2,84 \cdot 10^{16}) / (3,56 \cdot 10^{22}) = 8 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

$$T_B = (\ln 2 / \lambda_B) = 0,69 / (8 \cdot 10^{-7}) = 8,6 \cdot 10^5 \text{ s} = 10 \text{ jours} \quad \text{(بالأيام)}$$

4- كتابة المعادلات التفاضلية المبنية لتغيرات dN_B و dN_A ، لأعداد الأنوية المشعة A^* و B^* خلال فترة الزمن dt :

لدينا : $\Delta N / \Delta t = -\lambda \cdot N(t)$. عندما نؤول Δt إلى الصفر ، العلاقة $\Delta N / \Delta t = -\lambda \cdot N(t)$ يمكن كتابتها على الشكل :

$$dN(t)/dt + \lambda \cdot N(t) = 0 \quad \text{وهي معادلة تفاضلية من الدرجة 1 بالنسبة لـ } N(t) \text{ فهي تقبل حل شكله أسي تناقصي من}$$

الشكل : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و هي عبارة قانون التناقص الإشعاعي . ومنه : $dN_A(t)/dt + \lambda \cdot N_A(t) = 0$ ،
 $dN_C(t)/dt = \lambda_B \cdot N_B(t)$ ، $dN_B(t)/dt + \lambda_B \cdot N_B(t) - \lambda_A \cdot N_A(t) = 0$
 5- إثبات أنه في اللحظة t_0 يمر N_B بأعظمي . نقبل بأن حل هذه المعادلات يؤدي إلى : $N_B(t) = k(e^{-\lambda_A \cdot t} - e^{-\lambda_B \cdot t})$
 حيث k يمثل ثابت : $f(t) = N_B(t) = k(\exp(-\lambda_A \cdot t) - \exp(-\lambda_B \cdot t))$ ، حتى تمر هذه الدالة بأعظمي عند t_0 يجب أن ينعدم المشتق لها عند t_0 أي $f'(t_0) = 0$. ومنه : $k(-\lambda_A \exp(-\lambda_A \cdot t_0) + \lambda_B \exp(-\lambda_B \cdot t_0)) = 0 \Rightarrow k(-\lambda_A \exp(-\lambda_A \cdot t_0) + \lambda_B \exp(-\lambda_B \cdot t_0)) = 0$ ، ومنه : $\lambda_A \exp(-\lambda_A \cdot t_0) = \lambda_B \exp(-\lambda_B \cdot t_0)$
 ومنه : $\lambda_B / \lambda_A = (\exp(-\lambda_A \cdot t_0)) / (\exp(-\lambda_B \cdot t_0)) = \exp(-\lambda_A \cdot t_0) \cdot \exp(+\lambda_B \cdot t_0) = \exp[(\lambda_B - \lambda_A) \cdot t_0]$
 $\Rightarrow \ln(\lambda_B / \lambda_A) = (\lambda_B - \lambda_A) \cdot t_0 \Rightarrow t_0 = [\ln(\lambda_B / \lambda_A)] / (\lambda_B - \lambda_A) = 1,5 \cdot 10^{+6} \text{ s}^{-1} = 17,8 \text{ jours}$

التمرين 24

يصدر البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ جسيمات α . يعطي نواة إين من الرصاص $^{206}_{82}\text{Pb}$.
 1- اكتب معادلة هذا التفاعل التلقائي . 2- حدد الطاقة المحررة بتفكك نواة البولونيوم .
 3- بغرض سرعة الأنوية الأب و الإين منعدمة تقريبا . a - احسب الطاقة الحركية للجسيمة α ، إذا لم تصدر اشعاعات γ . b- استنتج سرعة الجسيمة α .
 4- إذا تم إنتاج اشعاع γ بـ $2,20 \text{ MeV}$ في التفاعل ، احسب الطاقة الحركية للجسم α .
 5- إذا سلمنا بأن الآليتين في السؤالين 3 ، 4 لهما نفس الإحتمال للتحقيق و بفرض أن العينة من البولونيوم لها النشاط الإشعاعي $3 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$ ، احسب الطاقة المحولة لورقة الألومنيوم بمعرفه أن الجسيمات α يتم توقيفها بواسطة ورقة الألومنيوم بينما لا يتم امتصاص الجسيمات γ علما أن ثابت النشاط الإشعاعي للبولونيوم هو : $\lambda = 3 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$
 المعطيات : $M(^{210}_{84}\text{Po}) = 209,9369 \text{ u}$; $m(^{206}_{82}\text{Pb}) = 205,9296 \text{ u}$, $m(^4_2\text{He}) = 4,0015$

الحل 24

1- كتابة معادلة هذا التفاعل التلقائي : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb}$
 2- تحديد الطاقة المحررة بتفكك نواة البولونيوم : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
 $\Delta m = [m(\text{Pb}) + m(\text{He}) - m(^{210}_{84}\text{Po})] = -0,0058 \text{ u} = -9,63 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$
 ومنه : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -9,63 \cdot 10^{-30} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = -8,67 \cdot 10^{-13} \text{ J} = -5,42 \text{ MeV}$
 الإشارة السالبة تدل على أن التفاعل اعطى طاقة للوسط الخارجي ومنه فالطاقة المتحررة هي : $\Delta E = 5,42 \text{ MeV}$.
 3- a - حساب الطاقة الحركية للجسيمة α ، إذا لم ينتج اشعاع γ : بما أن سرعة الأنوية الأب و الإين منعدمة تقريبا فإن هذه الطاقة تتحول كلها إلى طاقة حركية E_c للأنوية الهيليوم المشكلة : $E_c = \Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 8,67 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 5,42 \text{ MeV}$
 b- استنتاج سرعة الجسيمة α : $E_c = \Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow 1/2 \cdot m(\text{He}) \cdot v^2 = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow v = 1,62 \cdot 10^7 \text{ m/s}$
 4- حساب الطاقة الحركية للجسيمة α ، إذا تم إنتاج اشعاع γ بـ $2,20 \text{ MeV}$ في التفاعل : الطاقة السابقة هي الطاقة الكلية للجسيمة أي تعادل : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = E_c + E(\gamma) \Rightarrow E_c = 5,42 - 2,20 = 3,22 \text{ MeV}$
 5- حساب الطاقة المحولة لورقة ألومنيوم : الآليتين في السؤالين 3 ، 4 لهما نفس الإحتمال للتحقيق فبهم من ذلك أن 50 % من الطاقة الكلية تتحول إلى طاقة حركية للجسيمة α و 50 % الأخرى تتحول إلى طاقة الإشعاع γ .
 ومنه : الطاقة المحولة لورقة ألومنيوم هي الطاقة الحركية للجسيمة α و تساوي إلى 50 % من الطاقة المتحررة من عينة البولونيوم ذات النشاط الإشعاعي $3 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$ و التي تحتوي على N نواة من البولونيوم المستهلك :
 - حساب الطاقة المتحررة من N نواة من البولونيوم المستهلك : $N = A/\lambda$. الذرة الواحدة تحرر $\Delta E = 8,67 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
 ومنه الطاقة المحولة لورقة ألومنيوم هي :
 $E_{Al} = [(A/\lambda) \cdot \Delta E] / 2 = (3 \cdot 10^{15}) / (3 \cdot 10^{-6}) \cdot (8,67 \cdot 10^{-13} \text{ J}) / 2 = 4,34 \cdot 10^8 \text{ J}$

التمرين 25

يمتلك اليود عدة نظائر منها اليود $^{127}_{53}\text{I}$ و اليود $^{131}_{53}\text{I}$. أحد هذه النظائر مستقر و الآخر يصدر جسيمات β^- .
 1- احسب طاقات الربط بـ MeV لهذين النظيرين . 2- احسب لكل من النواتين طاقة الربط لكل نوكلون .
 3- استنتج النظير المستقر و الذي يشع . المعطيات : $m(^{127}_{53}\text{I}) = 2,106 831 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ ،
 $m_n = 1,008 66 \text{ u}$; $m_p = 1,007 28 \text{ u}$ ، $m(^{131}_{53}\text{I}) = 2,173 29 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$
 $c = 2,997 9 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ، $1 \text{ u} = 1,660 54 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}$

الحل 25

1- حساب طاقات الربط بـ MeV لهذين النظيرين : من التعريف : $E = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2 - m \cdot c^2$
 التطبيق العددي : نحول : $m(^{131}_{53}\text{I}) = 2,173 29 \cdot 10^{-25} \text{ kg} = (2,173 29 \cdot 10^{-25}) / (1,66 \cdot 10^{-27}) = 131 \text{ u}$
 $m(^{127}_{53}\text{I}) = 2,106 831 \cdot 10^{-25} \text{ kg} = (2,106 831 \cdot 10^{-25}) / (1,66 \cdot 10^{-27}) = 127 \text{ u}$ و نحول :

- طاقة الربط في نواة اليود ($^{127}_{53}\text{I}$) : $1387 \text{ MeV} = 931,5 \cdot [1,00866 - 127 + (127 - 53) \cdot 1,00728] = 53 \cdot 1,00728$
- طاقة الربط في نواة اليود ($^{131}_{53}\text{I}$) : $1419 \text{ MeV} = 931,5 \cdot [1,00866 - 131 + (131 - 53) \cdot 1,00728] = 53 \cdot 1,00728$
- 2- حساب لكل من النواتين طاقة الربط لكل نوكلون : $E/A = 1387/127 = 10,92 \text{ MeV/nucleon}$: اليود ($^{127}_{53}\text{I}$)
 $E/A = 1419/131 = 10,83 \text{ MeV/nucleon}$: اليود ($^{131}_{53}\text{I}$)
- 3- استنتاج النظير المستقر والذي يشع : طاقة الربط لكل نوكلون بالنسبة لليود ($^{127}_{53}\text{I}$) أكبر من طاقة الربط لكل نوكلون بالنسبة لليود ($^{131}_{53}\text{I}$) ومنه النظير المستقر هو اليود ($^{127}_{53}\text{I}$) والذي يشع هو اليود ($^{131}_{53}\text{I}$) .

التمرين - 26

- تقذف ^7_3Li ببروتونات طاقتها الحركية 600 keV . نحصل على 2 جسيمات α .
- 1- اكتب معادلة التفاعل . 2- ما هو ضياع الكتلة في التفاعل .
- 3- طبق قانون إتحفاظ الطاقة و احسب مجموع الطاقات الحركية للجسيمات α . نعتبر أن النواة ^7_3Li كانت ساكنة ابتدائياً .
- تعطى : $m(^4_2\text{He}) = 4,00150 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}$, $m(^7_3\text{Li}) = 7,01435 \text{ u}$; $m_p = 1,00728 \text{ u}$

الحل - 26

- 1- كتابة معادلة التفاعل : $^7_3\text{Li} + ^1_1\text{P} \rightarrow 2^4_2\text{He}$
- 2- ضياع الكتلة في التفاعل : $\Delta m = 2m(\text{He}) - m(\text{P}) - m(^7_3\text{Li})$
 $\Delta m = 2 \cdot 4,00150 - 1,00728 - 7,01435 = -0,01863 \text{ u}$
- 3- حساب مجموع الطاقات الحركية $E_c(\text{He})$ للجسيمات α ، من قانون إتحفاظ الطاقة :
- $E_c(\text{He}) = [m(\text{Li}) + m(\text{P}) - 2m(\text{He})] \cdot c^2 + E_c(\text{P})$. $E_c(\text{Li}) = 0$: أي : ومنه : $E_c(\text{P}) = 0$ و منه : $E_c(\text{He}) = [7,01435 + 1,00728 - 2 \cdot 4,00150] \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 + 0,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $E_c(\text{He}) = 2,783 \cdot 10^{-12} + 9,6 \cdot 10^{-20} = 2,783 \cdot 10^{-12} \text{ J}$
- توضيح : حولت الكتل من u إلى kg بضربها في $1,66 \cdot 10^{-27}$. ثم حولت 600 keV إلى الجول بضربها في $1,6 \cdot 10^{-19}$.
- ملاحظة : الطاقة الحركية للجسيمة الواحدة α : $E_{\alpha} = E_c(\text{He})/2 = (2,783 \cdot 10^{-12})/2 = 1,39 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

التمرين - 27

- تقذف الأتوت ($^{14}_7\text{N}$) بجسيمات α أي (^4_2He) للحصول على الأكسجين $^{18}_8\text{O}$ و بروتون .
- 1- اكتب معادلة هذا التفاعل النووي . 2- احسب قيمة تغير الكتلة في هذا التفاعل .
- 3- احسب تغير الطاقة المرتبطة بهذا التفاعل . 4- كيف يمكن لهذا التفاعل أن يحدث ؟ على أي شكل تظهر الطاقة اللازمة ؟
- المعطيات : $m(^{18}_8\text{O}) = 16,9947 \text{ u}$; $m_p = 1,00728 \text{ u}$, $m(^4_2\text{He}) = 4,0015 \text{ u}$; $m(^{14}_7\text{N}) = 13,9992 \text{ u}$

الحل - 27

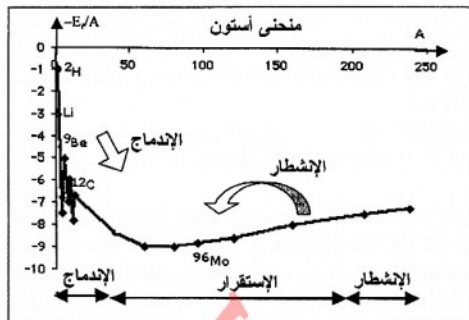
- 1- كتابة معادلة هذا التفاعل النووي : $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{18}_8\text{O} + ^1_1\text{P}$
- 2- حساب قيمة تغير الكتلة في هذا التفاعل : $\Delta m = m(\text{P}) + m(\text{O}) - m(\text{He}) - m(\text{N})$
 $\Delta m = 1,00728 + 16,9947 - 4,0015 - 13,9992 = 0,00128 \text{ u}$
- 3- حساب تغير الطاقة المرتبطة بهذا التفاعل : $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = 0,00128 \cdot 931,5 = 1,20 \text{ MeV}$
- بما أن قيمة تغير الطاقة المرتبطة بهذا التفاعل موجبة فهو يحتاج إلى طاقة لكي يحدث (تفاعل ماص للطاقة) .
- 4- حتى يحدث هذا التفاعل يجب أن نعطيه طاقة قدرها على الأقل $1,20 \text{ MeV}$. الطاقة اللازمة تكون على شكل طاقة حركية .

التمرين - 28

- 1- ماذا يمثل منحنى أستون ؟
- 2- أين تقع الأنوية المستقرة على المنحني ؟ الأنوية التي يمكن أن تحقق الإدماج ؟ والأنوية التي يمكن أن تحقق الانشطار ؟
- 3- عين طاقات الربط لكل نوكلون للأنوية التالية : $^{10}_4\text{Be} (10,01133 \text{ u})$; $^{6}_{3}\text{Li} (6,01347 \text{ u})$; $^{208}_{82}\text{Pb} (207,93162 \text{ u})$; $^{60}_{28}\text{Ni} (59,91547 \text{ u})$; $^{218}_{92}\text{U} (238,00018 \text{ u})$
- 4- رتب هذه الأنوية من الأكثر إلى الأقل استقرار .

الحل - 28 حل مختصر

- 1- منحنى أستون يمثل عكس طاقة الربط لكل نوكلون ($-E/A$) بدلالة العدد الكتلي A . نرى أن الذرات الخفيفة جدا تمتلك طاقة ربط لكل نوكلون ضعيفة . نرى كذلك أنه من أجل $50 < A < 80$ ، يظهر في المنحنى جزء يمثل الأنوية الأكثر استقراراً ؛ القيمة الوسطية لـ E/A هي $8,7 \text{ MeV}$. من أجل $A > 100$ ، يتزايد المنحنى ببطء . كتلة الأنوية الممتلئة له أكبر فهي أقل استقراراً .



- 2- تقع الأنوية المستقرة على المنحنى في المنطقة من أجل $20 < A < 190$. الأنوية التي يمكن أن تحقق الإندماج تقع في المنطقة من أجل $A < 20$. والأنوية التي يمكن أن تحقق الانشطار تقع في المنطقة من أجل $A > 190$.
- 3- تعيين طاقات الربط لكل نوكلليون (نعطي الطريقة فقط) : $E + m \cdot c^2 = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2$ حيث E هي طاقة الربط للنواة . ومنه : $E = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2 - m_X \cdot c^2 = Y \text{ MeV}$ g- استنتاج طاقة الربط لكل نوكلليون : $E/\text{nucleon} = Y/A = Z \text{ MeV}/\text{nucleon}$
- 4- ترتب هذه الأنوية من الأكثر إلى الأقل استقرار :

الأنوية التي لها طاقة ربط لكل نوكلليون (قيمة موجبة + E/A) أكبر هي الأكثر استقرار . الأنوية التي لها طاقة ربط لكل نوكلليون (قيمة سالبة - E/A) أصغر هي الأكثر استقرار .

التمرين - 29

أحد أنماط انشطار اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ هو : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{139}_{53}\text{I} + ^{94}_{39}\text{Y} + 3 ^1_0\text{n}$.

- 1- احسب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل . 2- كيف يؤدي هذا التفاعل إلى تفاعل تسلسلي ؟
 - 3- على أي شكل تظهر الطاقة المحررة ؟ 4- احسب كمية الطاقة الناتجة عن 1 kg من اليورانيوم 235 .
 - 5- احسب كتلة البترول المنتجة لنفس كمية الطاقة بمعرفة أن 1 kg من البترول ينتج 42 MJ من الطاقة .
- نعطي : $m_n = 1,008\ 66\ \text{u}$ ، $m(^{94}\text{Y}) = 93,890\ 14\ \text{u}$ ، $m(^{235}\text{U}) = 234,993\ 32\ \text{u}$ ؛ $m(^{139}\text{I}) = 138,897\ 00\ \text{u}$

الحل - 29

- 1- حساب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل :
حساب النقص في الكتلة في هذا التفاعل : $\Delta E_{\text{reaction}} = \Delta m = [m(\text{Y}) + m(\text{I}) + 3 m(n) - m(n) - m(\text{U})] = -0,216\ \text{u}$
ومنه : $\Delta E_{\text{reaction}} = [93,890\ 14 + 138,897\ 00 + 2 \cdot 1,008\ 66] - 234,993\ 32 = 931,5 - 176\ \text{MeV}$
- 2- يؤدي هذا التفاعل إلى تفاعل تسلسلي حيث : - إن النيوترونات المنبعثة في كل تفاعل انشطار لنواة اليورانيوم ، اثنتين أو ثلاثة ، تحدث تفاعلات انشطار أخرى وهكذا تتضاعف الآلية و يحدث التفاعل المتسلسل .
- 3- شكل ظهور الطاقة المحررة : طاقة حركية تكتسبها على الخصوص الجسيمات المنبعثة خلال التفاعل .
- 4- حساب كمية الطاقة الناتجة عن 1 kg من اليورانيوم 235 : 1 kg من اليورانيوم يحتوي على : $N = 10^{23}/M_U \cdot N_A$ من الذرات و الطاقة المحررة من التفاعل : $\Delta E = N_A \cdot (M_U) \Delta E_{\text{reaction}} = 10^3 \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) / (235) \cdot 176 = 4,51 \cdot 10^{26}\ \text{MeV} = 7,22 \cdot 10^7\ \text{MJ}$
- 5- حساب كتلة البترول المنتجة لنفس كمية الطاقة : 1 kg من البترول ينتج 42 MJ من الطاقة و $7,22 \cdot 10^7\ \text{MJ}$ تتطلب : $m = (7,22 \cdot 10^7) / (42) = 1,72 \cdot 10^6\ \text{kg}$

التمرين - 30

إن تفاعل الإندماج الأكثر توقعاً في المستقبل في المفاعلات هو كالتالي : $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$

- 1- احسب الطاقة المحررة بـ MeV في هذا التفاعل . 2- على أي شكل تظهر الطاقة المحررة ؟
- 3- احسب كمية الطاقة الناتجة عن 1 kg من الهيدروجين $(^2_1\text{H} + ^3_1\text{H})$
- 4- احسب كتلة البترول التي تنتج نفس كمية الطاقة بمعرفة أن كلغ واحد من البترول ينتج 42 MJ من الطاقة .
- 5- قارن بكمية الطاقة الناتجة من انشطار 1 kg من اليورانيوم 235 مع كمية الطاقة الناتجة عن 1 kg من الهيدروجين $(^2_1\text{H} + ^3_1\text{H})$. علماً أن تفاعل الانشطار ينتج بالقيمة المتوسطة 160 MeV .

الحل - 30

- 1- حساب الطاقة المحررة بـ MeV في هذا التفاعل : $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$
 $\Delta m = [m(\text{He}) + m(n) - m(^2_1\text{H}) - m(^3_1\text{H})] = -0,1886\ \text{u} = -0,1886 \cdot 1,6654 \cdot 10^{-27} = -3,1367 \cdot 10^{-29}\ \text{kg}$
تحديد الطاقة الناتجة من هذا التفاعل بـ MeV : $E = \Delta m \cdot c^2 = [-3,1376 \cdot 10^{-27} \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2] / [1,602 \cdot 10^{-13}] = -17,60\ \text{MeV}$
- 2- شكل تظهر الطاقة المحررة : الجملة تعطي طاقة للوسط الخارجي تكتسبها على الخصوص الجسيمات المنبعثة خلال التفاعل على شكل طاقة حركية .
- 3- حساب كمية الطاقة الناتجة عن 1 kg من الهيدروجين $(^2_1\text{H} + ^3_1\text{H})$: حساب كتلة المزيج $m(^2_1\text{H} + ^3_1\text{H}) = m(^2_1\text{H}) + m(^3_1\text{H}) = 2,013\ 55 + 3,015\ 50 = 5,02905\ \text{u} = 8,35 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$

إذا كان $8,35 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ من الميزج ينتج $17,60 \text{ MeV}$ ، فإن 1 kg منه سوف ينتج :

$$E = (17,60) / (8,35 \cdot 10^{-27}) = 2,11 \cdot 10^{27} \text{ MeV} = 3,37 \cdot 10^8 \text{ MJ}$$

4- حساب كتلة البترول التي تنتج نفس كمية الطاقة بمعرفة أن 1 kg من البترول ينتج 42 MJ من الطاقة :

$$1 \text{ kg} \text{ من البترول ينتج } 42 \text{ MJ} \text{ من الطاقة و } 3,37 \cdot 10^8 \text{ MJ} \text{ تتطلب : } m = (3,37 \cdot 10^8) / (42) = 8,02 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

5- المقارنة بكمية الطاقة الناتجة من انشطار 1 kg من اليورانيوم 235 : — حساب الطاقة المتحررة من انشطار 1 kg من اليورانيوم 235 : 10^3 g من اليورانيوم يحتوي على : $N = 10^3 / M_{\text{U}} \cdot N_A$ من الذرات ومنه الطاقة المتحررة من التفاعل :

$$E_{\text{U}} = 10^3 / M_{\text{U}} \cdot N_A \cdot 160 = 10^3 (6,02 \cdot 10^{23}) / 235 \cdot 160 = 4,1 \cdot 10^{26} \text{ MeV} = 6,56 \cdot 10^7 \text{ MJ}$$

— المقارنة : $E / E_{\text{U}} = (3,37 \cdot 10^8) / (6,56 \cdot 10^7) = 5$

طاقة الاندماج أكبر من طاقة الانشطار بـ 5 مرات . هنا تكمن أهمية مشروع ITER .

التمرين — 31

تعتبر الشمس مركزا لتفاعلات اندماج عدة . نجد بها عدة نظائر من الهيدروجين والهيليوم .

1- عين طاقات الربط لكل نوكليون للهيليوم 3 والهيليوم 4 . استنتج النواة الأكثر استقرارا .

2- اكتب معادلة التفاعل الناتج عن اندماج نواتين من الهيليوم 3 لتشكيل نواة الهيليوم 4 و الهيدروجين .

3- اوجد بـ MeV الطاقة المحررة من التفاعل . 4- ما هي الطاقة المسترجعة (بالجول) عند تفاعل طن واحد من الهيليوم 3 ؟

$$\text{تعطى : } m(^1_1\text{H}) = 1,00728 \text{ u} ; m(^3_2\text{He}) = 3,00728 \text{ u} ; m(^4_2\text{He}) = 4,00151 \text{ u}$$

الحل — 31

انظر التمارين السابقة ، نفس الطريقة.

$$1- E_{\text{I}} / \text{nucléon } (^4_2\text{He}) = 7,07 \text{ MeV/nucléon} , E_{\text{I}} / \text{nucléon } (^3_2\text{He}) = 1,50 \text{ MeV/nucléon}$$

$$2- 2 ^3_2\text{He} \rightarrow ^4_2\text{He} + 2 ^1_1\text{H} \quad E_{\text{lib}} = 19,31 \text{ MeV} \quad 4- E_{\text{tot}} = 3,1 \times 10^7 \text{ J}$$

التمرين — 32

$$\text{تعتبر تفاعل الإندماج : } ^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$$

1- احسب الطاقة المحررة بالتفاعل . 2- احسب الطاقة المحررة أثناء تشكل غرام واحد من الهيليوم .

3- احسب الطاقة المحررة أثناء تشكل 1 mole من الهيليوم . 4- مثل الحصلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة .

5- استطاعة اشعاع الشمس هي $P = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ Watt}$ ، بفرض أن هذه الإستطاعة راجعة فقط للتفاعل السابق ، احسب

عدد أنوية الهيليوم المتشكلة في كل ثانية ثم في كل سنة . 6- احسب ضياع الكتلة للشمس في في كل ثانية ثم في كل سنة .

7- تقدر كتلة الشمس حاليا بـ $1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$ وعمرها 4,6 مليار سنة . بافتراض أن الطاقة المحررة ثابتة منذ نشأتها .

احسب الكتلة التي فقدتها حتى اليوم . 8- ما هي النسبة المئوية لهذه الكتلة المفقودة بالنسبة إلى الكتلة الكلية للشمس ؟

$$\text{تعطى : } m(^2_1\text{H}) = 2,01355 \text{ u} ; m(^3_1\text{H}) = 3,01550 \text{ u} ; m(^4_2\text{He}) = 4,00150 \text{ u} ; m(^1_0\text{n}) = 1,00866 \text{ u}$$

الحل — 32

$$1- \text{حساب الطاقة المحررة بالتفاعل : } ^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$$

2- حساب التغير في الكتلة خلال تفاعل اندماج نواة الدوتريوم و نواة التريسيوم :

$$\Delta m = [m(\text{He}) + m(\text{n}) - m(^2_1\text{H}) - m(^3_1\text{H})] = -0,1886 \text{ u} = -0,1886 \cdot 1,6654 \cdot 10^{-27} = -3,1367 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

3- تحديد الطاقة الناتجة من هذا التفاعل بـ MeV :

$$E = \Delta m \cdot c^2 = [3,1376 \cdot 10^{-27} \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2] / [1,602 \cdot 10^{-13}] = -17,60 \text{ MeV} = -2,8 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

أي الطاقة الناتجة من خلال تشكل نواة واحدة للهيليوم هي : $17,60 \text{ MeV}$.

2- حساب الطاقة المحررة أثناء تشكل غرام واحد من الهيليوم : حساب كتلة نواة واحدة بالغرام :

$$m(^4_2\text{He}) = 4,00150 \text{ u} = 6,64 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \quad m(^2_1\text{H}) = 2,01355 \text{ u} = 3,34 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

الطاقة الناتجة من خلال تشكل نواة واحدة للهيليوم هي $17,60 \text{ MeV}$ إذن الطاقة المحررة أثناء

$$\text{تشكل غرام واحد من الهيليوم هي : } E_{\text{I}} = (17,60) / (6,64 \cdot 10^{-30}) = 2,65 \cdot 10^{30} \text{ MeV}$$

3- حساب الطاقة المحررة أثناء تشكل 1 mole من الهيليوم :

$$E_{\text{I}} \text{ mole} = N_A \cdot E = 1,06 \cdot 10^{25} \text{ MeV} = 1,7 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

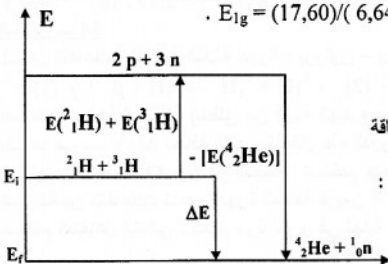
4- تمثيل الحصلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة :

5- حساب عدد أنوية الهيليوم المتشكلة في كل ثانية : الإستطاعة تمثل الطاقة

خلال 1 s ومنه عدد أنوية الهيليوم n المتشكلة في كل ثانية يساوي إلى

عدد التفاعلات التي تحدث في كل ثانية حيث كل تفاعل يصدر طاقة قيمتها :

$$2,8 \cdot 10^{12} \text{ J}$$



و منه : $n = P/E = (3,9 \cdot 10^{26}) / (2,8 \cdot 10^{-12}) = 1,39 \cdot 10^{38}$ noyaux

— في كل سنة : $n = 1,39 \cdot 10^{38} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 4,38 \cdot 10^{45}$ noyaux

6— حساب الضياع في كتلة الشمس في 1 s : الطاقة المحررة E تعادلها الكتلة الضائعة للشمس M و منه :

$$E = P \cdot t = M \cdot c^2 \Rightarrow M = (P \cdot t) / (c^2) = (3,9 \cdot 10^{26} \cdot 1) / (3 \cdot 10^8)^2 = 4,3 \cdot 10^9 \text{ kg}$$

— ثم في كل سنة : $M' = 4,3 \cdot 10^9 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 1,37 \cdot 10^{17} \text{ kg}$

7— حساب الكتلة التي فقدتها الشمس حتى اليوم أي $t = 4,6 \cdot 10^9 \text{ ans}$: $M'' = 1,37 \cdot 10^{17} \cdot 4,6 \cdot 10^9 = 6,3 \cdot 10^{26} \text{ kg}$

8— النسبة المئوية لهذه الكتلة المفقودة سنويا بالنسبة إلى الكتلة الكلية للشمس :

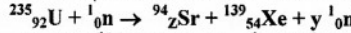
$$\eta = (1,37 \cdot 10^{17}) / (1,99 \cdot 10^{30}) = 6,8 \cdot 10^{-14} = 6,8 \cdot 10^{-12} \%$$

— النسبة المئوية لهذه الكتلة المفقودة للشمس منذ نشأتها بالنسبة إلى الكتلة الكلية للشمس :

$$\eta' = (6,3 \cdot 10^{26}) / (1,99 \cdot 10^{30}) = 6,8 \cdot 10^{-4} = 3,15 \cdot 10^{-2} \%$$

33 — التمرين

يُعمل مفاعل نووي باليورانيوم المخصب بـ 3,7% من اليورانيوم 235 . أحد التفاعلات الممكنة بالانشطار هي التالية :



1— اوجد Z و y في هذه المعادلة النووية . 2— احسب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل .

3— اعط الطاقة المحررة من 1 g يورانيوم مخصب بافتراض أن جميع تفاعلات الانشطار تحرر الطاقة المحسوبة سابقا .

4— بمعرفة أن جزءا من الطاقة تضيع داخل المفاعل ولا يتم تحويلها إلى كهرباء وأن المفاعل يستهلك 27 tonnes من اليورانيوم المخصب سنويا وأنه ينتج 900 MW ، ما هو مردوده η إذا كان هذا يعرف بأنه النسبة بين الطاقة المشعة من المفاعل والطاقة المنتجة من تفاعلات الانشطار .

تعطي : $m(^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,894 \text{ 51 u}$ ، $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,993 \text{ 45 u}$ ؛ $m(^{139}_{54}\text{Xe}) = 138,889 \text{ 17 u}$

الحل 33

1— إيجاد Z و y في هذه المعادلة النووية : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{94}_{38}\text{Sr} + ^{139}_{54}\text{Xe} + y \cdot ^1_0\text{n}$: قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $92 = Z + 54 \Rightarrow Z = 38$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $236 = 94 + 139 + y \Rightarrow y = 3$

و منه : معادلة التفاعل : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{94}_{38}\text{Sr} + ^{139}_{54}\text{Xe} + 3 \cdot ^1_0\text{n}$

2— حساب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل : $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$

$$\Delta E = [3 m(\text{n}) + m(\text{Xe}) + m(\text{Sr}) - m(\text{n}) - m(\text{U})] \cdot c^2$$

الطريقة 1 : إذا حولت الكتل إلى kg بضربها في العدد $1,66054 \cdot 10^{-27}$ نحصل على الطاقة بـ J و يتم تحويلها من J إلى MeV بقسمتها على : $1,60 \cdot 10^{-13}$ فنحصل على : $\Delta E = -1,80 \cdot 10^2 \text{ MeV}$

الطريقة 2 : إذا أخذت الكتل بـ u بضربها في العدد : طاقة كتلة وحدة الذرة 931,5 نحصل على الطاقة بـ MeV : $\Delta E = -180,0 \text{ MeV}$. الطاقة سالبة إذن الجملة (نواة U + نوترون) تفقد طاقة و يستقبلها الوسط الخارجي .

3— اعطاء الطاقة المحررة من 1 g يورانيوم مخصب : 1 g من اليورانيوم المخصب يحتوي على 3,7% من اليورانيوم 235 أي يحتوي على : $N = (3,7/100 \cdot 1) / (M_{\text{U}}) \cdot N_A$ من الذرات و منه الطاقة المتحررة من التفاعل :

$$E = 0,037 \cdot N_A / (M_{\text{U}}) \cdot \Delta E = 0,037 \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) / (235) \cdot 180 = 1,52 \cdot 10^{22} \text{ MeV}$$

4— حساب مردوده η : (الطاقة المنتجة من تفاعلات الانشطار) / (الطاقة المشعة)

— حساب الطاقة المشعة E : $P = E/\Delta t \Rightarrow E = P \cdot \Delta t = 900 \cdot 10^6 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 2,84 \cdot 10^{16} \text{ J}$

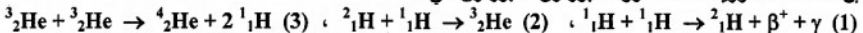
— حساب الطاقة المنتجة من 27 tonnes من اليورانيوم بتفاعلات الانشطار E' : $N = (27 \cdot 10^6) / (M_{\text{U}}) \cdot N_A$

$$E' = (27 \cdot 10^6) \cdot N_A / (M_{\text{U}}) \cdot \Delta E = (27 \cdot 10^6) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) / (235) \cdot 180 = 1,24 \cdot 10^{31} \text{ MeV} = 1,98 \cdot 10^{18} \text{ J}$$

و منه : $\eta = (1,24 \cdot 10^{18}) / (2,84 \cdot 10^{16}) = 2,29 \cdot 10^{-2}$ (الطاقة المنتجة من تفاعلات الانشطار) / (الطاقة المشعة)

34 — التمرين

1— إن التفاعلات النووية الثلاثة لدورة : بروتون - بروتون هي :



— اكتب معادلة الحصيلة (تنتج من أنوية الهيدروجين لتنتهي بنواة الهيليوم 4) للتفاعلات الثلاث لهذه الدورة

ب— ما هي بـ MeV الطاقة المحررة خلال هذه الدورة ؟

2— نجد كذلك أنوية الكربون في النجمة . تستخدم هذه الأنوية كنقطة انطلاق لسلسلة أخرى من التفاعلات النووية . هذه

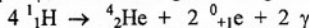
السلسلة من التفاعلات تدعى الدورة المغلقة كربون - كربون وهي تتشكل من ستة تفاعلات نووية . إن الكربون $^{12}_6\text{C}$ الذي

يستخدم كمفاعل ابتدائي ، يظهر مرة أخرى في نهاية الدورة ، عندما تتشكل نواة الهيليوم (He) .

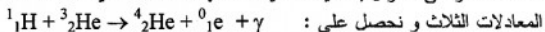
هـ اتمت حصيللة التفاعلات النووية الستة التالية التي تحدث في الدورة : $^{13}_7\text{N} \rightarrow ^{13}_6\text{C} + \dots$ ، $^{12}_6\text{C} + \dots \rightarrow ^{13}_7\text{N}$ ، $^{15}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + \dots$ ، $^{15}_8\text{O} \rightarrow \dots + ^0_{+1}\text{e}$ ، $^{14}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow \dots$ ، $^{13}_6\text{C} + \dots \rightarrow ^{14}_7\text{N}$.
 بـ اثبت أن الحصيللة الكلية لهذه الدورة مساوية لحصيللة دورة بروتون - بروتون المذكورة في السؤال الأول .
 تعطى : كتل الأنوية : $^1_1\text{H} = 1,0073 \text{ u}$; $^2_1\text{H} = 2,0134 \text{ u}$; $^4_2\text{He} = 4,00150 \text{ u}$; $5,486 \times 10^{-4} \text{ u}$ كتلة الإلكترون

الحل - 34

1ـ هـ كتابة معادلة حصيللة التفاعلات الثلاث لهذه الدورة : نضرب المعادلة (1) في 2 حتى نحصل على نواتين من الدوتريوم ونضرب المعادلة (2) في 2 حتى نحصل على نواتين من الهيليوم 3 ثم نجمع المعادلات الثلاث طرفا لطرف فنحصل على :



ملاحظة : لو اتى السؤال بالصيغة التالية : "اكتب معادلة الحصيللة للتفاعلات الثلاث" لكنت هناك إجابة أخرى و هي أن نجمع المعادلات الثلاث ونحصل على :



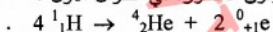
بـ حساب الطاقة المحررة بـ MeV : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [2m(e) + m(\text{He}) - 4m(^1_1\text{H})] \cdot c^2$:

$$\Delta E = [2 \cdot 0,0005486 + 4,00150 - 4 \cdot 1,0073] \cdot 931,5 = -24,8 \text{ MeV}$$

الطاقة سالبة إذن الجملة تفقد طاقة و يستقبلها الوسط الخارجي و منه : $\Delta E = 24,8 \text{ MeV}$

2ـ هـ اتمت حصيللة التفاعلات النووية الستة : $^{13}_7\text{N} \rightarrow ^{13}_6\text{C} + ^0_{+1}\text{e}$ ، $^{12}_6\text{C} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{13}_7\text{N}$ ، $^{15}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^4_2\text{He}$ ، $^{15}_8\text{O} \rightarrow ^{15}_7\text{N} + ^0_{+1}\text{e}$ ، $^{14}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{15}_8\text{O}$

بـ اثبات أن الحصيللة الكلية لهذه الدورة مساوية لحصيللة دورة بروتون - بروتون المذكورة في السؤال الأول :
 الحصيللة الكلية لهذه الدورة : نجمع المعادلات طرفا لطرف نحصل على :



التمرين - 35 بكالوريا جزائرية 2008

يستجوب استعمال الأديوم 192 أو السيزيوم 137 في الطب ، وضعها في أنابيب بلاستيكية قبل أن توضع على ورم المريض

قصد العلاج . 1ـ نواة السيزيوم $^{137}_{55}\text{Cs}$ مشعة ، تصدر جسيمات β^- و إشعاعات γ .

هـ ما المقصود من العبارة : (تصدر جسيمات β^- و إشعاعات γ) . ما سبب إصدار النواة لإشعاعات γ ؟

بـ اكتب معادلة التفاعل المتمذج للتحول النووي الذي يحدث للنواة (الأب) مستنتجا رمز النواة (الابن) ^A_ZY من بين الأنوية

التالية : $^{137}_{56}\text{Ba}$ ، $^{138}_{57}\text{La}$. 2ـ يحتوي أنبوب على عينة من السيزيوم $^{137}_{55}\text{Cs}$ كتلتها $m = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ g}$

عند اللحظة $t = 0$. احسب : هـ عدد الأنوية N_0 الموجودة في العينة . بـ قيمة النشاط الإشعاعي لهذه العينة .

تمارين نماذج للبكالوريا

مراقبات مستمرة ، فروض و اختبارات

BAC

التمرين 1-

اليود 131 هو نظير مشع بـ β^- . يستعمل في الطب لإجراء الفحوصات الطبية . نصف عمره 194 h . نحضر محلول لليود 131 نشاطه الإشعاعي 40 MBq . في 30 أوت في حدود منتصف النهار، أصبحت نشاطه الإشعاعي 4,0 MBq . ما هو تاريخ تحضير هذا المحلول ؟

الحل 1-

تاريخ تحضير المحلول : $A_0 = 40 \text{ MBq}$ و $A(t) = 4,0 \text{ MBq}$. نستنتج أن النشاط الإشعاعي قسم على 10 .
لدينا : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,693/194 = 3,57 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$ و $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$
و منه : $A(t)/A_0 = \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$ و منه : $t = -\ln (A(t)/A_0) \cdot t_{1/2} / \ln 2 = 645 \text{ h} = 27 \text{ jours}$
ومنه عمر القطعة الخشبية :

التمرين 2-

السييزيوم 137 هو نظير مشع بـ β^- . له نصف العمر $t_{1/2} = 30 \text{ ans}$.
1- احسب ثابت الزمن τ لسييزيوم 137 .

2- هل ثابت الزمن أكبر أم أصغر من نصف عمره ؟ هل يتطابق ذلك مع تعريف ثابت الزمن و نصف العمر .

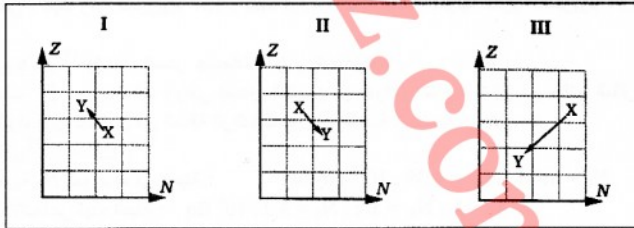
الحل 2-

1- حساب ثابت الزمن τ لسييزيوم 137 : $\tau = 1/\lambda = t_{1/2} / \ln 2 = 30/0,693 = 43 \text{ ans}$
2- ثابت الزمن أكبر من نصف عمره و هذا يتطابق مع تعريف ثابت الزمن الذي يوافق تناقص قيمته 63 % بالنسبة للعدد الأصلي N_0 للأنوية . أما نصف عمره فهو يوافق تناقص قيمته 50 % فقط بالنسبة للعدد الأصلي N_0 للأنوية .

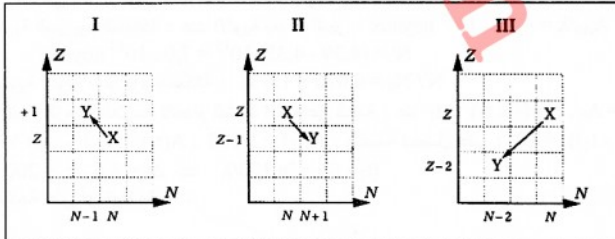
التمرين 3-

على المنحنيات (N ; Z) المرفقة ، توجد مخططات التفككات الإشعاعية لنواة الأب X إلى نواة الابن Y .

- 1- ما هو نوع النشاط الإشعاعي الموافق لكل مخطط ؟ برر إجابتك باستخدام معادلة التفكك الإشعاعي .
- 2- ما هو نوع النشاط الإشعاعي الذي يحقق التصريح (1) : خلال التفكك الإشعاعي ، هناك بروتون يتحول إلى نوترون (1).
- 3- ما هو نوع النشاط الإشعاعي الذي يحقق التصريح (2) : خلال التفكك الإشعاعي ، هناك نوترون يتحول إلى بروتون (2).



الحل 3-



1- نوع النشاط الإشعاعي الموافق لكل مخطط :

— المنحني I : — في الإشعاع بيتا سالبة (β^-) : N تنقص بوحدة و Z تزداد بوحدة . في التناقص الإشعاعي β^- ، ينبعث جزء

من النواة و هي إلكترون : ${}^0_{-1}e$ ، الجزء المتبقى هو نوية مختلفة .

تكون المعادلة النووية على الشكل : ${}_Z^AX \rightarrow ({}_Z^{(A)}Y + {}^0_{-1}e$

— المنحنى II : — في الإشعاع بيتا موجبة (β^+) : N تزداد بوحدة و Z تنقص بوحدة . في التناقص الإشعاعي β^+ ، ينبعث جزء من النواة و هي بوزيتون : ${}^0_{+1}e$ ، الجزء المتبقى هو نوية مختلفة .

تكون المعادلة النووية على الشكل : ${}_Z^AX \rightarrow ({}_Z^{(A)}Y + {}^0_{+1}e$

هذا البوزيتون المدعو (β^+) هو جزء المادة العكسية ${}^0_{+1}e$. له نفس كتلة الإلكترون و لكن شحنته موجبة .

في الإشعاع (β^+) يبقى النيوترون داخل النواة و يدفع بسرعة فائقة . في هذا التفاعل ، يبقى عدد النوكليونات ثابتا . عدد النيوترونات يكبر بوحدة و ينبعث بوزيتون ${}^0_{+1}e$.

— المنحنى III : — عند الإشعاع α : N و Z تنقص بـ 2 ، مما يؤدي بالنواة بالإسحاب قطريا نحو الأسفل ، نحو وادي الاستقرار . . في التناقص الإشعاعي α ، ينبعث جزء من النواة و هي الجسيمة α

الجزء المتبقى هو نوية مختلفة . تكون المعادلة النووية على الشكل : ${}_Z^AX \rightarrow ({}_Z^{(A-4)}Y + {}^4_2He$

2— خلال التفكك الإشعاعي ، هناك بروتون يتحول إلى نوترون : في التفكك β^+ ، يحدث و كأنه ينقسم البروتون في النواة إلى نيترون و بوزيتون : ${}_1^1P \rightarrow {}_0^1n + {}^0_{+1}e$

3— خلال التفكك الإشعاعي ، هناك نوترون يتحول إلى بروتون : في التفكك β^- ، يحدث و كأن النيترون يتحول إلى بروتون : ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1P + {}^0_{-1}e$

التمرين 4

عدد الأنوية المشعة المحتواة في عينة عند التاريخ t يتبع قانون التناقص الإشعاعي $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ هذا القانون

أشتق من نسبة عدد التفككات الإشعاعية في وحدة الزمن $|dN/dt|$ و العدد $N(t)$ ، أي $\Delta N/\Delta t = \lambda \cdot N(t)$.

1— ما هي الخاصية التي تسمح بالتصريح أن $|dN/dt|$ يتناسب طرديا مع $N(t)$ ؟ بماذا تسمى λ ؟

2— ما هي وحدة λ ؟ برر إجابتك . 3— المقدار τ يدعى ثابت الزمن . لماذا ؟

4— عبر عن ، ثم احسب $N(\tau)/N_0$. ما هي نسبة الأنوية المتفككة خلال المدة الزمنية τ ؟

5— ما هي نسبة الأنوية المتفككة خلال مدة زمنية 3τ ؟

الحل 4

1— الخاصية التي تسمح بالتصريح أن $|dN/dt|$ يتناسب طرديا مع $N(t)$: النشاط الإشعاعي هو ظاهرة عفوية و منه العدد المتوسط للتفككات في وحدة الزمن $|dN/dt|$ يتناسب طرديا مع العدد $N(t)$ للأنوية المشعة .

تسمى λ ثابت التناسب يدعى ثابت النشاط الإشعاعي و يرمز له بـ λ و وحدته s^{-1} .

2— وحدة λ : علما أن $t_{1/2}$ تقدر بـ s تحليل الأبعاد لـ λ : $[\lambda] = [\ln 2 / t_{1/2}] = 1/[t_{1/2}] = 1/T = T^{-1}$.

3— المقدار τ يدعى ثابت الزمن لأن : $\tau = 1/\lambda$ حيث λ ثابت . و وحدته s .

4— التعبير عن $N(\tau)/N_0 = \exp(-1) = 0,37$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow$ مما يدل على أن خلال τ من الزمن تبقى 37 % من الأنوية الغير متفككة أي خلال مدة زمنية قدرها τ تتفكك 63 % من الأنوية المشعة .

— نسبة الأنوية المتفككة خلال المدة الزمنية τ : خلال مدة زمنية قدرها τ تتفكك 63 % من الأنوية المشعة .

5— نسبة الأنوية المتفككة خلال مدة زمنية 3τ : $N(3\tau)/N_0 = \exp(-3) = 0,05$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow$

مما يدل على أن خلال τ من الزمن تبقى 5 % من الأنوية غير متفككة أي خلال مدة زمنية قدرها 3τ تتفكك 95 % من الأنوية المشعة .

التمرين 5

الكبريت 30 مشع بـ β^+ . نصف عمره 180 s . لدينا عينة تحتوي على $2,0 \mu\text{mol}$ من الكبريت 30 في التاريخ $t = 0$.

1— اعط الرمز و مكونات نواة الكبريت 30 .

2— ما هي طبيعة الجسيمة β^+ ؟ 3— اكتب معادلة التفكك الإشعاعي β^+ ما هي نواة الإين ؟

4— ما هو اسم و طبيعة الإشعاع الذي يصاحب النشاط الإشعاعي β^+ ؟

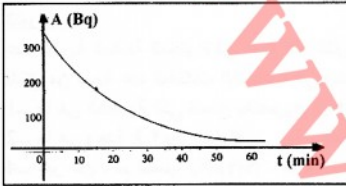
5— احسب ثابت التفكك الإشعاعي للكبريت 30 . احسب النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة .

6— ما هي المدة الزمنية التي تصبح فيها العينة تحتوي على $0,10 \mu\text{mol}$ من الكبريت 30 ؟ قارن النشاط الإشعاعي عند هذا التاريخ مع النشاط الإشعاعي الابتدائي . تعطى : ثابت أفوقادرو : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

الأرغون	الكلور	الكبريت	الفوسفور	السليسيوم	العنصر
Ar	Cl	S	P	Si	الرمز
18	17	16	15	14	الرقم الذري

الحل - 5

- 1- الرمز و مكونات نواة الكبريت 30 : رمز نواة الكبريت 30 هو : $^{30}_{16}\text{S}$ و رقمه الذري هو : $Z = 16$.
النواة تتشكل من 30 نوكليون : 16 بروتون و 14 نوترون .
- 2- طبيعة الجسيمة $\beta^+ : \beta^+$ ، ينبعث من النواة و هي بوزيترون : $^0_1e^+$
- 3- كتابة معادلة التفكك الإشعاعي $\beta^+ : ^{30}_{16}\text{S} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_1e^+ + \gamma$.
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $16 = 1 + a \Rightarrow a = 15$:
- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $30 = 0 + b \Rightarrow b = 30$:
الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن الفوسفور $^{30}_{15}\text{P}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{30}_{16}\text{S} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^0_1e^+ + \gamma$.
- 4- اسم و طبيعة الإشعاع الذي يصاحب النشاط الإشعاعي β^+ : هو إشعاع γ و هو كهرومغناطيسي من أجل استقرار النواة .
- 5- حساب ثابت التفكك الإشعاعي للكبريت 30 : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,693/180 = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. حساب النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة : لدينا عدد الأنوي الابتدائية : $N_0 = n_0 \cdot N_A = 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,2 \cdot 10^{18}$.
ومنه نحسب النشاط الإشعاعي الابتدائي : $A_0 = \lambda \cdot N_0 = 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 10^{18} = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$.
- 6- المدة الزمنية التي تصبح فيها العينة تحتوي على $0,10 \mu\text{mol}$ من الكبريت 30 : لدينا : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$:
و $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$. ومنه : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$ ومنه : $N(t)/N_0 = \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$:
ومنه : $t = -\ln(N(t)/N_0) \cdot t_{1/2} / \ln 2 = -\ln(n(t)/n_0) \cdot t_{1/2} / \ln 2 = 780 \text{ s}$.



التمرين - 6

- 13- المنحنى في الشكل المقابل يمثل تغير النشاط الإشعاعي لعينة بدلالة الزمن .
- حدد زمن نصف العمر للعنصر الموجود في العينة .
- استنتج ثابت النشاط الإشعاعي له .

الحل - 6

- النشاط الإشعاعي الابتدائي يحدد من البيان عند $t = 0$: $A_0 = 350 \text{ Bq}$.
زمن نصف العمر يمثل المدة الزمنية التي يتناقص فيها النشاط الإشعاعي إلى النصف : $A(t_{1/2}) = A_0/2 = 175 \text{ Bq}$.
بيانياً نقرأ : $t_{1/2} = 15 \text{ min}$.
ومنه : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = \ln 2 / (15 \cdot 60) = 7,7 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

التمرين - 7

- هـ- الثاليوم 208 هو ناتج التفكك بالإشعاع α . اكتب معادلة هذا التفكك .

الحل - 7

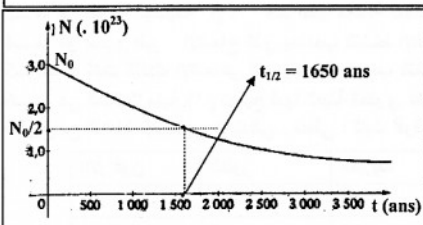
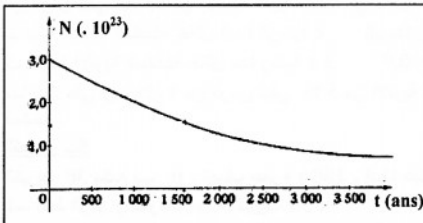
- هـ- الثاليوم 208 هو ناتج التفكك بالإشعاع α . كتابة معادلة هذا التفكك : $^{208}_b\text{X} \rightarrow ^{208}_{81}\text{Tl} + ^4_2\text{He}$.
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $a = 81 + 2 \Rightarrow a = 83$:
- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $b = 208 + 4 \Rightarrow b = 212$:
النواة المتفككة هي نواة عنصر البزموت : $^{212}_{83}\text{Bi}$.
ومنه : معادلة التفاعل : $^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{208}_{81}\text{Tl}$.

التمرين - 8

- هـ- مستعينا بالبيان المرفق ، حدد زمن نصف العمر للراديوم .
- ب- الراديوم 226 يتفكك باعثاً جسيمة α .
اكتب معادلة تفكك الراديوم .
- ج- حدد النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة $t = 0$.

الحل - 8

- هـ- تحديد زمن نصف العمر للراديوم : بيانياً نقرأ : عند $t = 0$: $N_0 = 3,0 \cdot 10^{23}$ ذرة مشعة . زمن نصف العمر يمثل المدة الزمنية التي يتناقص هذا العدد إلى النصف :
بيانياً نقرأ : $N(t_{1/2}) = N_0/2 = 1,5 \cdot 10^{23}$.
الراديوم 226 يتفكك باعثاً جسيمة α .
كتابة معادلة تفكك الراديوم : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^b_a\text{X}$:
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة :
- قانون انحفاظ الشحنة : $88 = 2 + a \Rightarrow a = 86$:
- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $226 = 4 + b \Rightarrow b = 222$:
النواة المتفككة هي نواة عنصر الراديوم 222 : $^{222}_{86}\text{Rn}$.
ومنه : معادلة التفاعل : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$.



— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $226 = 4 + b \Rightarrow b = 222$

النواة المشكلية هي إذن نواة العنصر ذو الرقم الذري $Z = 86$

أي نواة عنصر الرادون : $^{222}_{86}\text{Rn}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$

— تحديد النشاط الإشعاعي للعينه عند اللحظة $t = 0$: — النشاط الإشعاعي للعينه عند اللحظة t تتناسب طرديا مع عدد الأنوية

المشعة عند هذه اللحظة : $A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N(t)$

$$A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

ومنه : $A_0 = \lambda \cdot N_0$ (قيمة النشاط الإشعاعي عند $t = 0$) . من التعريف : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$: إذن :

$$A_0 = (\ln 2 \cdot N_0) / t_{1/2} = (\ln 2 \cdot 3,0 \cdot 10^{23}) / (1650 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 4,0 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

إذن يحدث : $4,0 \cdot 10^{12}$ تفكك خلال كل ثانية عند اللحظة $t = 0$.

التمرين — 9

1 g من الراديوم 226 يبعث $3,62 \cdot 10^{10}$ جسيمة α في الثانية .

— اكتب معادلة التفكك . — b احسب نصف العمر للراديو . تعطى : $M_{\text{Ra}} = 226 \text{ g/mol}$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$

الحل — 9

— الراديوم 226 يتفكك باعثة جسيمة α . كتابة معادلة تفكك الراديوم : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^b_a\text{X}$

قوانين الإحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $88 = 2 + a \Rightarrow a = 86$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $226 = 4 + b \Rightarrow b = 222$

النواة المشكلية هي نواة عنصر الرادون : $^{222}_{86}\text{Rn}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$

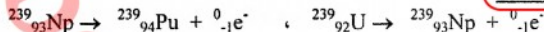
— b حساب نصف العمر للراديو : 1 g من الراديوم يحتوي على $N = n \cdot N_A = (m \cdot N_A) / M$ (بفرض أنها كلها راديوم 226) . من التعريف : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$ ولدينا : $A = \lambda N$ إذن $t_{1/2} = \ln 2 / A \cdot N$ ومنه :

$$t_{1/2} = \ln 2 / A \cdot (m \cdot N_A) / M = \ln 2 / (3,62 \cdot 10^{10}) \cdot (1,0 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) / 226 = 5,10 \cdot 10^{10} \text{ s} = 1617 \text{ ans}$$

التمرين — 10

اليورانيوم 239 يتفكك بالإشعاع β^- . الذرة الناتجة تتفكك بعدها بالإشعاع β^- . اكتب المعادلات التي توضح هاذين التفككين .

الحل — 10



التمرين — 11

السييزيوم 137 هو نواة مشعة ، نصف عمره 30 سنة ، تتفكك بالإشعاع β^- .

عينة تحتوي على $N_0 = 2,0 \cdot 10^{22}$ من ذرات السييزيوم 137 .

1— احسب عدد الأنوية المشعة في العينة خلال : a — 2 h (ساعة) ، b — 5 سنوات

2— ناقش النتائج . علما أن السييزيوم يستعمل كثيرا كمصدر إشعاعي في الثالوثيات .

الحل — 11

1— حساب عدد الأنوية المشعة في العينة خلال : a — 2 h (ساعة) : السييزيوم 137 هو نواة مشعة ، تتفكك بالإشعاع β^- .

كتابة معادلة تفكك التفكك : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e}^-$ من التعريف : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ و $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

ومنه : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) = 2,0 \cdot 10^{22} \text{ atomes}$

— b 5 سنوات : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) = 1,78 \cdot 10^{22} \text{ atomes}$

2— مناقشة النتائج : النتيجة تقريباً متساويتين ومنه يمكن اعتبار عدد الأنوية المشعة ثابت في العينة خلال مدة اجراء التجارب

على مستوى مخبر الثانوية التي لا تستغرق 5 سنوات كما يمكن تخزين السييزيوم 137 في الثانوية لمدة طويلة .

التمرين — 12

نواة البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ تتفكك باعثة جسيمة α .

— اكتب معادلة التفكك . — b اكتب عبارة ثابت الزمن τ مع تحديد وحدته ، باستعمال طريقة التحليل البعدي .

الحل — 12

— a البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ يتفكك باعثة جسيمة α . كتابة معادلة التفكك : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb}$

— b كتابة عبارة ثابت الزمن τ مع تحديد وحدته ، باستعمال طريقة التحليل البعدي :

$$[\tau] = 1[\tau] = [1/\lambda] = [t_{1/2} / \ln 2] \Rightarrow [\tau] = [t_{1/2}] = T$$

التمرين — 13

الروبيديوم الطبيعي يتكون من مزيج من نظيرين : $^{85}_{37}\text{Rb}$ و $^{87}_{37}\text{Rb}$.

— a النظير المستقر 87 ، مشع ، دوره طويل (50 مليار سنة) و تفككه يؤدي إلى تشكل سترونتيوم . اكتب معادلة التفكك

لروبيديوم . ما نوع هذا التفكك ؟

ب- علما أن الروبيديوم الطبيعي يحتوي على 72 % من $^{85}_{37}\text{Rb}$ ، احسب عدد ذرات $^{87}_{37}\text{Rb}$ التي نجدها في 1 g من الروبيديوم الطبيعي .

ج- احسب النشاط الإشعاعي لـ 1 g من الروبيديوم الطبيعي و هذا يفرض أن الروبيديوم 87 هو الذي يتفكك فقط .
تعطى : $M_{\text{Rb}} = 85,47 \text{ g/mol}$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$

الحل - 13

أ- كتابة معادلة التفكك للروبيديوم 87 : $^{87}_{37}\text{Rb} \rightarrow ^{87}_{38}\text{Sr} + ^0_{-1}\text{e}$: قانون انحفاظ الشحنة : $37 = 38 + a \Rightarrow a = -1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $87 = 87 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن إلكترون $^0_{-1}\text{e}$. ومنه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^- .
و منه : معادلة التفاعل : $^{87}_{37}\text{Rb} \rightarrow ^{87}_{38}\text{Sr} + ^0_{-1}\text{e}$

ب- حساب عدد ذرات $^{87}_{37}\text{Rb}$ التي نجدها في 1 g من الروبيديوم الطبيعي : 1 g من الروبيديوم الطبيعي يحتوي على $N(^{87}_{37}\text{Rb}) = 28/100 \cdot (m \cdot N_A)/M = 1,97 \cdot 10^{21} \text{ atomes}$. ومنه : $N = n \cdot N_A = (m \cdot N_A)/M$

ج- حساب النشاط الإشعاعي لـ 1 g من الروبيديوم الطبيعي و هذا يفرض أن الروبيديوم 87 هو الذي يتفكك فقط :
لدينا : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ و $A = \lambda N$ و منه : $A = \ln 2 / t_{1/2} \cdot N(^{87}_{37}\text{Rb}) = 867 \text{ Bq}$

التمرين - 14

الكاليفورنيوم 252 يتفكك بالإشعاع α ، نصف عمره 2,65 ans .

أ- اكتب معادلة التفكك . ب- اكتب قانون التناقص الإشعاعي للأنوية المشعة بدلالة الزمن .

ج- عرف النشاط الإشعاعي A للينة .

د- علما أن اللحظة $t = 0$ عينة تحتوي على $N_0 = 6,0 \cdot 10^{22}$ نواة مشعة ، احسب النشاط الإشعاعي لهذه العينة عند اللحظة $t = 0$ ثم عند اللحظة $t = 5 \text{ ans}$.

الحل - 14

أ- الكاليفورنيوم 252 يتفكك باعثة جسيمة α . كتابة معادلة التفكك : $^{252}_{98}\text{Cf} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{248}_{96}\text{Cm}$: قانون انحفاظ الشحنة : $98 = 2 + a \Rightarrow a = 96$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $252 = 4 + b \Rightarrow b = 248$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر كوريوم : $^{248}_{96}\text{Cm}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{252}_{98}\text{Cf} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{248}_{96}\text{Cm}$
ب- كتابة قانون التناقص الإشعاعي للأنوية المشعة بدلالة الزمن : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$

و منه : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$

ج- تعريف النشاط الإشعاعي للينة : $A(t) = |dN(t)/dt| = |N_0 \cdot (-\ln 2 / t_{1/2}) \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)| = \ln 2 / t_{1/2} \cdot N(t)$

د- حساب النشاط الإشعاعي لهذه العينة عند اللحظة $t = 0$: $A(0) = \ln 2 / t_{1/2} \cdot N(0) = 4,98 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$

— عند اللحظة $t = 5 \text{ ans}$: $A(5 \text{ ans}) = \ln 2 / t_{1/2} \cdot N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) = 1,35 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$

التمرين - 15

الراديوم له 3 نظائر كلها مشعة : $^{228}_{88}\text{Ra}$ ، $^{224}_{88}\text{Ra}$ ، $^{223}_{88}\text{Ra}$. الراديوم 223 له دور قيمته 11,41 hours يتفكك بالإشعاع α . الراديوم 224 له دور قيمته 3,64 hours يتفكك بالإشعاع α .

الراديوم 228 له دور قيمته 6,7 ans يتفكك بالإشعاع β^- .

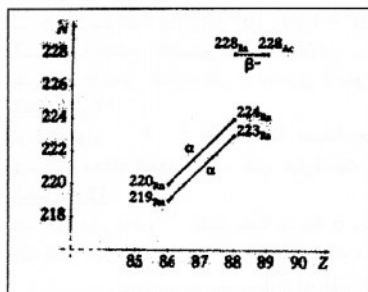
أ- اكتب معادلات التفكك للراديوم .

ب- مثل هذه التحولات على مخطط : $N = f(Z)$

الحل - 15

أ- كتابة معادلات التفكك للراديوم : $^{223}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{219}_{86}\text{Rn}$ ، $^{224}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{220}_{86}\text{Rn}$ ، $^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{228}_{89}\text{Ac} + ^0_{-1}\text{e}$

ب- تمثيل هذه التحولات على مخطط : $N = f(Z)$



التمرين - 16

في الأجواء العليا ، الأشعة الفضائية (rayons cosmiques) تسبب التفاعلات النووية التي من خلالها تتحرر النيوترونات . هذه الأخيرة عندما تكون بطيئة ، تمتصها أنوية الأتوت $^{14}_7\text{N}$ لينتج من خلال التفاعل الكربون $^{14}_6\text{C}$ و جسيمة أخرى . الكربون 14 مشع بـ β^- . يستعمل عادة لتأريخ قطع نباتية أو حيوانية عثر عليها في مناطق أثرية .

بالفعل قبل الوفاة (موتها) ، النباتات و الحيوانات تمتص ثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي على نظيري الكربون : الكربون 12

و الكربون 14 الذي تبقى نسبته r ثابتة : $r = ({}^{14}\text{C}) / ({}^{12}\text{C}) = 1,0 \cdot 10^{-12}$ عند موتها . الكائنات الحية تتوقف عن إستيعاب ثاني أكسيد الكربون . إذن يكفي قياس نسبة الكربون 14 المتبقية في العينة المدروسة لتحديد تاريخ موتها .
 -b- اكتب معادلة التفاعل التي تسمح بإنتاج ${}^{14}\text{C}$.
 -c- نصف عمر الكربون 14 هو 5700 ans . ارسم المنحنى الممثل لتطور عدد الأنوية المشعة N في العينة بدلالة الزمن .
 -d- في عينة من قطعة خشب حي نجد $5,0 \cdot 10^{10}$ ذرة من كربون 14 في كل 1 g من الكربون . عند موت قطعة الخشب نجد في العينة $1,6 \cdot 10^9$ ذرة من كربون 14 في كل 1 g من الكربون . ما هو عمر قطعة الخشب ؟

الحل - 16

-a- كتابة معادلة التفاعل : ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $7 = a + 6 \Rightarrow a = 1$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $15 = 14 + b \Rightarrow b = 1$

الجسيمة الناتجة من خلال هذا التفاعل هي إذن بروتون ${}^1_1\text{H}$. ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$

-b- كتابة معادلة التفاعل للكربون 14 : ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $6 = a - 1 \Rightarrow a = 7$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 0 + b \Rightarrow b = 14$

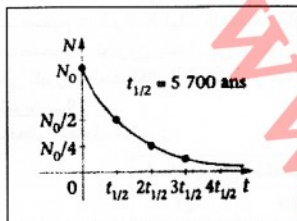
الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن ${}^{14}_7\text{N}$ ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$

-c- رسم المنحنى الممثل لتطور عدد الأنوية المشعة N في العينة بدلالة الزمن :
 -d- عمر قطعة الخشب : نعتبر $N_0 = 5,0 \cdot 10^{10}$ عدد ذرات الكربون 14 عند اللحظة $t = 0$ وهي لحظة موت الخشب ونعتبر $N(t) = 1,6 \cdot 10^9$ عدد ذرات الكربون 14 عند اللحظة t لدينا : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$

و $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ ومنه : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$

ومنه : $N(t) / N_0 = \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$

ومنه عمر القطعة الخشبية : $t = -\ln N / N_0 \cdot t_{1/2} / \ln 2 = 2,83 \cdot 10^4$ ans



التصمين - 17

البوتاسيوم الطبيعي يتكون من 93,26 % من ${}^{39}_{19}\text{K}$ و 0,01 % من ${}^{40}_{19}\text{K}$ و 6,73 % من ${}^{41}_{19}\text{K}$. النظر 40 هو

المشع فقط . البوتاسيوم الموجود في جسم الإنسان مع الكربون 14 نشاطه الإشعاعي من رتبة 10000 Bq .

-a- اكتب معادلات التفكك علما أن البوتاسيوم 40 يمكن أن يشكل الكالسيوم 40 أو الأرجون 40 .

-b- اذكر نوع التفكك الإشعاعي الحادث .

-c- علما أن جسم الإنسان يحتوي على 121 g من البوتاسيوم ، احسب عدد أنوية البوتاسيوم المشعة .

-d- علما أن النشاط الإشعاعي الناتج عن البوتاسيوم من رتبة 3150 Bq ، استنتج نصف عمر البوتاسيوم 40 .

الحل - 17

-a- كتابة المعادلة التي توضح تفكك البوتاسيوم 40 إلى كالسيوم 40 : ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{20}\text{Ca} + {}^0_{-1}\text{e}$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $19 = 20 + a \Rightarrow a = -1$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $40 = 40 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن إلكترون ${}^0_{-1}\text{e}$. ومنه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^- .

ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{20}\text{Ca} + {}^0_{-1}\text{e}$

-b- كتابة المعادلة التي توضح تفكك البوتاسيوم 40 إلى أرجون 40 : ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar} + {}^1_1\text{H}$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $19 = 18 + a \Rightarrow a = 1$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $40 = 40 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن بوزيترون ${}^0_1\text{e}$. ومنه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^+ .

ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar} + {}^0_1\text{e}$

-c- حساب عدد أنوية البوتاسيوم المشعة في جسم الإنسان :

$N({}^{40}_{19}\text{K}) = 0,01/100 \cdot n \cdot N_A = 0,01/100 \cdot (m_K \cdot N_A) / M_K = 1,9 \cdot 10^{20}$ atomes

-d- استنتج نصف عمر البوتاسيوم 40 : $A = \lambda \cdot N$ و $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ ومنه : $\lambda = A / N$

ومنه : $t_{1/2} = \ln 2 / A \cdot N = \ln 2 / 3150 \cdot 1,9 \cdot 10^{20} = 4,1 \cdot 10^{16} \text{ s} = 1,3 \cdot 10^9 \text{ ans}$

التمرين 18

- يعطى منحنى الإستقرار (N ; Z) لمختلف النوكليدات كالتالي :
- هل التصريحات التالية صحيحة أو خاطئة ؟ برر إجابتك .
- النواة X هي نظير للبريليوم . b – النواة X غير مستقرة
- النواة X عددها الكتلي A = 6 . d – النواة X تتفكك معطية β^-
- النواة X تتفكك لتشكل نواة البور 10

– يعطى الجدول التالي :

الاسم	الهيوليوم	الليثيوم	البريليوم	البور	الكربون
الرقم الذري	2	3	4	5	6

الحل 18

- a – صحيح : النواة X تحتوي على أربع بروتونات ، الرقم الذري إذن لها هو $Z = 4$. إذن X هي نظير للبريليوم .
- b – صحيح : النواة X غير مستقرة لأنها تتواجد في أعلى وادي الإستقرار المتواجد عند $Z = N$. لأنوية التي لها $Z < 20$.
- c – خطأ : العدد الكتلي لنواة يساوي إلى : $A = Z + N = 10$.
- d – صحيح : النواة X لها نوترونات بزيادة ، ومنه نوترون يتحول إلى بروتون .
- e – صحيح : نوترون يتحول إلى بروتون ، ومنه عدد البروتونات يزداد بـ 1 أي $Z' = Z + 1 = 5$ ومنه النواة المتشكلة هي نظير للبور . العدد الكتلي يبقى ثابت ومنه فإن النواة X ينقصها نوترون ويضاف لها بروتون فهي إذن نواة البور 10 .

التمرين 19

– يعطى الجدول التالي :

الاسم	الكلور	الأرغون	البوتاسيوم	الكالسيوم	السكانديوم
الرقم الذري	17	18	19	20	21

- البوتاسيوم 40 يمكن أن يتفكك معطيا الأرغون 40 أو مشكلا الكالسيوم 40 . نصف العمر للبوتاسيوم 40 هو $1,28 \cdot 10^9$ سنة .
- أملأ الفراغات التالية :
- نواة البوتاسيوم 40 مؤلفة من ... بروتون و ... نوترون ، رقمه الكتلي ... ، هو إذن يساوي ... رمز نواته هو ...
- b – عندما يتفكك لبعتي الأرغون 40 يحدث له التفكك ... معادلة هذا التفاعل تكتب على الشكل : $^{40}_{18}\text{Ar} \rightarrow \dots$.
- c – عندما يعطي الكالسيوم 40 يحدث له التفكك ... مع معادلة هذا التفاعل تكتب على الشكل : $^{40}_{20}\text{Ca} \rightarrow \dots$.
- d – هاذين التفككين الإشعاعيين يصبحهما ...
- e – ثابت النشاط الإشعاعي λ للبوتاسيوم 40 يساوي إلى ...
- f – النشاط الإشعاعي لعينة من البوتاسيوم 40 يتناسب طرذا مع ... الغير مستقرة $N(t)$. فهو ... مع مرور الزمن .

الحل 19

- a – نواة البوتاسيوم 40 مؤلفة من 19 بروتون و 21 نوترون ، رقمه الكتلي A ، هو إذن يساوي 40 رمز نواته هو $^{40}_{19}\text{K}$.
- b – عندما يتفكك لبعتي الأرغون 40 يحدث له تفكك β^+ . معادلة هذا التفاعل تكتب على الشكل : $^{40}_{18}\text{Ar} \rightarrow ^{40}_{19}\text{K} + e^+$.
- c – عندما يعطي الكالسيوم 40 يحدث له التفكك β^- . معادلة هذا التفاعل تكتب على الشكل : $^{40}_{20}\text{Ca} \rightarrow ^{40}_{19}\text{K} + e^-$.
- d – هاذين التفككين الإشعاعيين يصبحهما الإستقرار العكسي (إشعاع γ) ..
- e – ثابت النشاط الإشعاعي λ للبوتاسيوم 40 يساوي إلى $5,42 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$.
- f – النشاط الإشعاعي لعينة من البوتاسيوم 40 يتناسب طرذا مع عدد الأنوية الغير مستقرة $N(t)$. فهو يتناقص مع مرور الزمن .

التمرين 20

- السيزيوم 137 عادة ما يستخدم كمئبع إشعاعي في الثاينويات فهو يسمح بدراسة الخاصية العشوائية للتفككات الإشعاعية النووية
- السيزيوم 137 يتفكك حسب المعادلة التالية : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + e^-$. نصف عمره في حدود 30 سنة .
- هل التصريحات التالية صحيحة أم خاطئة ؟
- السيزيوم يحدث له تفكك إشعاعي α .
- b – ثابت النشاط الإشعاعي للسيزيوم هو $\lambda = 7,3 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$. c – التفكك الإشعاعي يصحبه إشعاع γ .
- d – خلال مدة زمنية 2 ساعة ، يمكن أن نعتبر أن النشاط الإشعاعي المتوسط لعينة من السيزيوم ثابت .

الحل 20

- a – خطأ : الجسيمة المنبعثة خلال تفكك السيزيوم هي إلكترون . إذن السيزيوم يحدث له تفكك إشعاعي β^- .
- b – صحيح : ثابت النشاط الإشعاعي للسيزيوم هو $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = (\ln 2) / (30 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 7,3 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$.

- c- صحيح : كل التفككات الإشعاعية يصحبها الأستقرار العكسي (إشعاع γ) .
d- صحيح : نصف العمر هو 30 سنة و منه ، يمكن اعتبار النشاط الإشعاعي المتوسط لعينة من الميزيوم ثابت خلال 2 ساعة

التمرين 21-

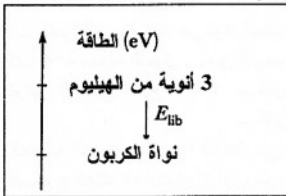
- تعتبر نواة الهيليوم 4 كتلتها $4,00151 \text{ u}$ رقمها الذري 2 . هل التصريحات التالية صحيحة أم خاطئة ؟ برر إجابتك .
a- رمز الهيليوم 4 هو : ${}^4\text{He}$. b- النواة تتشكل من 4 نوكليونات . c- كتلة نواة الهيليوم أكبر من كتلة نوكليوناته
d- نقص الكتلة لنواة الهيليوم يكتب على الشكل : $\Delta m = 2 m(p) + 2 m(n) - m(\text{He})$
e- يجب توفير $28,3 \text{ MeV}$ لفصل كل النوكليونات عن النواة .
f- نواة الهيليوم جد مستقرة لأن طاقة الربط لكل نوكليون من رتبة 7 MeV/nucleon

الحل 21-

- a- خطأ : رمز نواة الهيليوم 4 هو : ${}^4_2\text{He}$ و رقمه الذري هو : $Z = 2$.
b- صحيح : النواة تتشكل من 4 نوكليونات : 2 بروتون و 2 نوترون .
c- خطأ : كتلة النواة تكون دائما أصغر من كتلة نوكليوناته .
d- صحيح : نقص الكتلة لنواة الهيليوم يكتب على الشكل : $\Delta m = 2 m(p) + 2 m(n) - m(\text{He})$
e- صحيح : $E = \Delta m \cdot c^2$. و منه : $E = 2 m(p) + 2 m(n) - m(\text{He})$
 $E = 2 (938,28) + 2 (939,27) - (4,00151 \cdot 931,50) = 28,3 \text{ MeV}$
f- صحيح : طاقة الربط لكل نوكليون لنواة الهيليوم هي : $E/A = 28,3/4 = 7,1 \text{ MeV/nucleon}$. و هذا يوافق طاقة الربط لكل نوكليون من أجل نواة جد مستقرة .

التمرين 22-

- تتفاعل ثلاث أنوية للهيليوم لتشكل نواة الكربون محررة $4,21 \text{ MeV}$. هل التصريحات التالية صحيحة أم خاطئة ؟ برر إجابتك
a- التفاعل الحادث هو تفاعل اندماج . b- نواة الكربون أكثر إستقرار من نواة الهيليوم
c- معادلة التفاعل تكتب على الشكل : $3 {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C}$. d- خلال التفاعل هناك إتفاظ للكتلة الكلية
e- طاقة الكتلة للكربون أقل من طاقة الكتلة لأنوية الهيليوم . f- خلال التفاعل ، النقص في الكتلة قيمته $0,0045 \text{ u}$
g- نواة الكربون كتلتها $12,0000 \text{ u}$. h- كتلة أنوية الهيليوم هي $12,0045 \text{ u}$
i- يمكن تمثيل التفاعل السابق بالمخطط الموضح في الشكل المقابل :



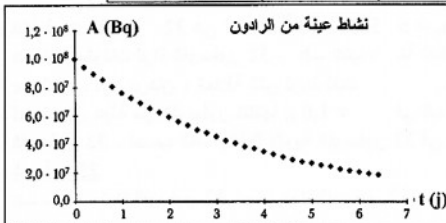
الحل 22-

- a- صحيح : خلال تفاعل الاندماج ، تندمج الأنوية الخفيفة لتشكل أنوية أثقل .
b- صحيح : إذا حرر التفاعل طاقة ، فهذا يدل على أن النواة الأب أكثر استقرار من النواة الابن . c- صحيح : لأن قانوني إتفاظ الكتلة و الشحنة محققين .
d- خطأ : إذا حرر التفاعل طاقة ، فهذا يدل على أنه هناك نقصان في الكتلة الكلية .
e- خطأ : طاقة الكتلة لنواة تتناسب طرديا مع كتلتها $E = m \cdot c^2$. كتلة نواة الكربون أكبر من كتلة نواة الهيليوم . إذن طاقة الكتلة للكربون أكبر من طاقة الكتلة لأنوية الهيليوم . f- صحيح : $E = m \cdot c^2 = 4,21/931,5 = 0,0045 \text{ u}$
g- صحيح : نواة الكربون كتلتها $12,0000 \text{ u}$. h- صحيح : بما أن النقص في الكتلة خلال التفاعل هو $0,0045 \text{ u}$ إذن كتلة أنوية الهيليوم تساوي إلى مجموع كتلة نواة الكربون و $0,0045 \text{ u}$. i- صحيح : نواة الكربون تكون في الأسفل (طاقويا) . نواة الهيليوم تكون في الأعلى (طاقويا) . الفرق بين المستويين يوافق الطاقة المحررة خلال التفاعل .

التمرين 23-

- الراديون 222 يتفكك مبعثا جسيمة α . ندرس عينة من الراديون 222 كتلته m . تعطى : $M_{\text{Ra}} = 222 \text{ g/mol}$.

الراديوم	فرانسيوم	الراديون	الأستات	البولونيوم	الإسم
Ra	Fr	Rn	At	Po	الرمز
88	87	86	85	84	الرقم الذري



- المخطط التالي يمثل تطور النشاط الإشعاعي للعينة مع مرور الزمن هل التصريحات التالية صحيحة أم خاطئة ؟ برر إجابتك .
a- نصف عمر الراديون هو $t_{1/2} = 3,8 \text{ jours}$
b- الراديون يتفكك ليشكل نواة الأستات
c- العينة لها نشاط إشعاعي ابتدائي قيمته $1,0 \text{ MBq}$
d- ثابت النشاط الإشعاعي للراديون هو $0,26 \text{ jours}^{-1}$
e- ثابت الزمن للراديون هو $5,5 \text{ jours}$

f- كتلة العينة هي $m = 0,0120 \text{ mg}$

الحل-23

- هـ- خطأ : من التعريف ، نصف عمر $t_{1/2}$ هي المدة الزمنية التي من خلالها النشاط الإشعاعي يقسم على 2 . أي : $A(t + t_{1/2}) = A(t)$ حسب البيان ، عند اللحظة $t = 0$ ، $A(t = 0) = 1,0 \cdot 10^8 \text{ Bq}$ = النشاط الإشعاعي قسم إلى 2 أي : $A(t = t_{1/2}) = 0,5 \cdot 10^8 \text{ Bq}$ عند اللحظة $t = t_{1/2} = 2,6 \text{ jours}$.
 ب- خطأ : الرادون يتفكك باعثة نواة الهيليوم . فهو يخضع لتفكك من نوع α حسب المعادلة : ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$
 قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $86 = 2 + Z \Rightarrow Z = 84$
 - قانون انحفاظ العدد الكتلي : $222 = 4 + A \Rightarrow A = 218$
 النواة المتشكلة هي نواة عنصر البولونيوم . ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{218}_{84}\text{Po}$
 ج- خطأ : حسب البيان ، العينة لها نشاط إشعاعي ابتدائي قيمته $A(t = 0) = 1,0 \cdot 10^8 \text{ Bq}$
 د- صحيح : من البيان : $t_{1/2} = 2,6 \text{ jours}$. ثابت النشاط الإشعاعي : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = (\ln 2) / (2,6) = 0,27 \text{ jours}^{-1}$
 هـ- خطأ : ثابت الزمن للرادون هو : $\tau = t_{1/2} / \ln 2 = 1 / \lambda = 3,8 \text{ jours}$
 ف- خطأ : كتلة العينة هي : $m = n \cdot M = N / N_A \cdot M$ لدينا $A = \lambda N$ يكون إذن : $N(t = 0) = A(t = 0) / \lambda$
 ومنه : $m = (A(t = 0) \cdot M) / (N_A \cdot \lambda) = [1,0 \cdot 10^8 \cdot 222] / [6,02 \cdot 10^{23} \cdot (0,27) / (24 \cdot 3600)] = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ g}$

التمرين-24

- عندما نقذف البور 10 بجسيمات α يمكن أن يتحول إلى أزوت 13 الذي نصف عمره حوالي 10 min .
 هـ- ما هو التمثيل الرمزي للنواة X ؟ ب- ما هي مكونات نواة البور 10 ؟ ج- ما معنى الجسيمة α ؟ اعط مكوناتها .
 د- اكتب معادلة التحول النووي الموصوف سابقا . ما هي الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل ؟
 هـ- الأزوت 13 يتفكك آنيا مشكلا بوزيتون . ما نوع التفكك الحادث لنواة الأزوت ؟ ف- اعط معادلة تفكك الأزوت 13 .

الحل-24

- أ- التمثيل الرمزي للنواة X هو : ${}^A_Z\text{X}$ حيث A يمثل العدد الكتلي أو عدد النوكليونات و Z يمثل عدد البروتونات
 ب- مكونات نواة البور 10 : ${}^{10}_5\text{B}$ حيث 10 يمثل العدد الكتلي أو عدد النوكليونات و 5 يمثل عدد البروتونات
 ج- معنى الجسيمة α : هي نواة الهيليوم ، تتكون من 2 بروتون و 2 نوترون . تمثيلها الرمزي : ${}^4_2\text{He}$.
 د- كتابة معادلة التحول النووي الموصوف سابقا : ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}$
 قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $7 = 7 + a \Rightarrow a = 0$
 - قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 13 + b \Rightarrow b = 1$
 الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن نوترون ${}^1_0\text{n}$. ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}$
 هـ- نوع التفكك الحادث لنواة الأزوت 13 : نواة الأزوت تخضع لتفكك من نوع β^+ إذن انبعاث البوزيتون يوافق هذا النوع من التفكك
 ف- معادلة تفكك الأزوت 13 : ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^0_1\text{e}^+$
 قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $7 = a + 1 \Rightarrow a = 6$
 - قانون انحفاظ العدد الكتلي : $13 = b + 0 \Rightarrow b = 13$
 النواة المتشكلة هي إذن نواة العنصر ذو الرقم الذري $Z = 6$ أي نواة عنصر الكربون 13 : ${}^{13}_6\text{C}$.
 ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^0_1\text{e}^+$

التمرين-25

الفوسفور ${}^{32}_{15}\text{P}$ عنصر مشع بـ β^- . زمن نصف عمره هو 14,3 jours . يعطى الجدول التالي :

الكور	الكبريت	الفوسفور	السيليسيوم	الألومنيوم	الإسم
Cl	S	P	Si	Al	الرمز
17	16	15	14	13	الرقم الذري

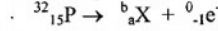
- كتلة ذرات الفوسفور 32 هي : $m_p = 5,35631 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
 هـ- اعط مكونات نواة الفوسفور 32 . ب- اكتب معادلة تفكك الفوسفور . اذكر قوانين الانحفاظ المستعملة للتوصل للمعادلة .
 ج- اكتب ، دون برهان ، العلاقة التي تربط ثابت النشاط الإشعاعي λ و زمن نصف العمر $t_{1/2}$. احسب λ .
 د- ندرس عينة من الفوسفور كتلتها $m = 1,0 \text{ g}$. في البداية من أجل $t = 0$ تعتبر أن العينة تحتوي على 53 % من أنوية الفوسفور 32 . احسب العدد $N(0)$ لأنوية الفوسفور 32 في العينة عند هذه اللحظة .

الحل-25

- هـ- مكونات نواة الفوسفور 32 : رمز نواة الفوسفور 32 هو ${}^{32}_{15}\text{P}$ و رقمه الذري هو : $Z = 15$.

النواة تتشكل من 32 نوكليونات : 15 بروتون و 17 نوترون .

b- كتابة معادلة تفكك الفوسفور 32 : نواة الفوسفور تخضع لتفكك من نوع β^- إذن فعلا انبعاث الإلكترون يوافق هذا التفكك .



قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $15 = a - 1 \Rightarrow a = 16$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $32 = b + 0 \Rightarrow b = 32$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الكبريت 32 : $^{32}_{16}\text{S}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^{32}_{16}\text{S} + ^0_{-1}\text{e}^-$.

c- العلاقة بين ثابت النشاط الإشعاعي λ و زمن نصف العمر $t_{1/2}$: $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = (\ln 2) / (4,3) = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ jours}^{-1}$

d- حساب العدد $N(0)$ لأنوية الفوسفور 32 في العينة عند هذه اللحظة :

$$N(0) = (0,53 \cdot \text{m}) / m_p = (0,53 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}) / (5,35608 \cdot 10^{-26}) = 9,90 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$$

التمرين 26—

الكربون 14 يستعمل عادة لتأريخ قطع نباتية أو حيوانية عثر عليها في مناطق أثرية . بالفعل قبل الوفاة (موتها) ، النباتات و الحيوانات تمتص ثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي على نظيري الكربون : الكربون 12 و الكربون 14 الذي تبقى نسبته r ثابتة و تساوي $r = 1,0 \cdot 10^{-12} (\% ^{14}\text{C}) / (\% ^{12}\text{C})$. عند موتها، الكائنات الحية تتوقف عن إستيعاب ثاني أكسيد الكربون . الكربون 14 عنصر مشع موجود في الأنسجة ، يتفكك إلى أزوت 14 و لا يتجدد .

في قطعة خشبية استخرجت من قبر قديم وجدنا في المتوسط 8,3 تفكك في كل دقيقة من أجل 1,0 g من الكربون .

a- اكتب معادلة التفكك للكربون 14 . اذكر قوانين الانحفاظ المستعملة . ما هو نوع التفكك الحادث ؟

b- حدد N ، عدد أنوية الكربون 12 ثم N' ، عدد أنوية الكربون 14 الموجودة في 1,0 g من الكربون الطبيعي الحي .

c- عرف ثم احسب ثابت النشاط الإشعاعي λ للكربون 14 . عبر عن النتيجة بـ min^{-1} .

d- عبر عن النشاط الإشعاعي ثم احسب قيمته لعينة كتلتها 1,0 g من الكربون الطبيعي .

e- حدد عمر القطعة الخشبية المستخرجة من القبر . أعطى : نصف عمر الكربون 14 : 5570 سنة ،

الحل 26—

a- كتابة معادلة التفكك للكربون 14 : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}^-$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $6 = 7 + a \Rightarrow a = -1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 14 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إلكترون $^0_{-1}\text{e}^-$. و منه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^- .

و منه : معادلة التفاعل : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}^-$.

b- تحديد N ، عدد أنوية الكربون 12 ثم N' ، عدد أنوية الكربون 14 الموجودة في 1,0 g من الكربون الطبيعي الحي : في

الكتلة m من الكربون الطبيعي المتكون أغلبية من الكربون 12 نجد N نواة من الكربون 12 :

$$N = n \cdot N_A = m / M \cdot N_A = 5,02 \cdot 10^{22} \text{ noyaux}$$

$$N' = r \cdot N = 1,0 \cdot 10^{-12} \cdot N \text{ noyaux}$$

$$N' = r \cdot m / M \cdot N_A = 5,02 \cdot 10^{10} \text{ noyaux}$$

و هي عدد أنوية الكربون 14 الموجودة في 1 g من الكربون الطبيعي الحي .

c- حساب ثابت النشاط الإشعاعي للكربون 14 : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = (\ln 2) / (5570 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 60) = 2,37 \cdot 10^{-10} \text{ min}^{-1}$

d — إيجاد عبارة النشاط الإشعاعي ثم حساب قيمته لعينة كتلتها 1,0 g من الكربون الطبيعي : النشاط الإشعاعي لعينة من

الكربون الطبيعي يتعلق بالعدد N' من أنوية الكربون 14 الموجودة بالعلاقة التالية :

$$A = \lambda \cdot N' = 2,37 \cdot 10^{-10} \cdot 5,02 \cdot 10^{10} = 11,9$$

e- تحديد عمر القطعة الخشبية المستخرجة من القبر : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) = 11,9$

$$A(t') = A(t + \Delta t) = A_0 \cdot \exp[-\lambda(t + \Delta t)] = 8,3$$

$$\text{و } A(t) / A(t') = 11,9 / 8,3 = (A_0 \cdot \exp(-\lambda t)) / (A_0 \cdot \exp[-\lambda(t + \Delta t)]) = \exp(\lambda \cdot \Delta t)$$

$$\Delta t = \ln(1,43) / \lambda = 1,52 \cdot 10^9 \text{ min} = 2892 \text{ ans}$$

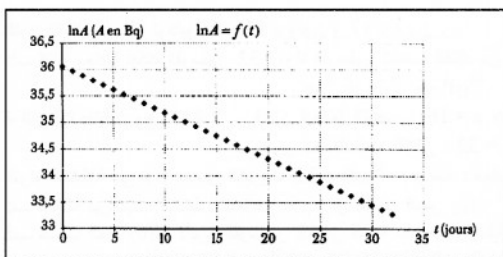
التمرين 27—

نستعمل عادة اليود 131 الباعث (γ ; β^-) نصف عمرها $t_{1/2}$ لبعض العمليات الطبية . حيث نحقق كمية من اليود المشع في

الجسم ثم نحصل على الذرات الثابتة (على الغدة الدرقية مثلا) بقياس تدفق الإشعاع γ الصادر .

إليك الجدول التالي :

الاسم	الأنثيموان	التيلور	اليود	الكزنيون	السييزيوم
الرمز	Sb	Te	I	Xe	Cs
الرقم الذري	51	52	53	54	55



تعطى : الكتلة المولية لليود : $M_I = 131 \text{ g/mol}$.
 المنحنى $\ln A = f(t)$ الممثل في الشكل المقابل حيث
 A النشاط الإشعاعي للعينة المحققة عند اللحظة t .
 - اعط التركيب و التمثيل الرمزي لنواة اليود 131 .
 - ما هي الجسيمة المنبعثة خلال تفكك اليود 131 ؟
 اكتب معادلة التفكك لليود ، محددا قوانين الإحفاظ .
 - حدد النشاط الإشعاعي A_0 للعينة عند اللحظة $t = 0$.
 - تذكر أن النشاط الإشعاعي $A(t)$ للعينة تحتوي
 على N أنوية مشعة عند اللحظة t يكتب :

أ- حدد النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة $t = 0$ و ثابت النشاط الإشعاعي للنواة المشعة .
 $\ln A = f(t)$. باستعمال المنحنى البياني توصل لمعادلة المنحنى :
 - حدد ثابت النشاط الإشعاعي λ لليود 131 . استنتج نصف العمر $t_{1/2}$. - حدد كتلة اليود المحققة .

الحل - 27

- التركيب و التمثيل الرمزي لنواة اليود 131 : رمز نواة اليود 131 هو : $^{131}_{53}\text{I}$ و رقمه الذري هو : $Z = 53$.
 النواة تتشكل من 131 نوكلونات : 53 بروتون و 78 نوترون .

- الجسيمة المنبعثة خلال تفكك اليود 131 : اليود يتفكك معطيا نواة إين و إلكترون : $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$.
 قوانين الإحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $53 = a - 1 \Rightarrow a = 54$
 - قانون انحفاظ العدد الكتلي : $131 = b + 0 \Rightarrow b = 131$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الكزيتون 54 : $^{131}_{54}\text{Xe}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}^-$.
 - تحديد النشاط الإشعاعي A_0 للعينة عند اللحظة $t = 0$: من المنحنى نقرأ عند $t = 0$: $\ln(A_0) = 36,1$
 و منه : $A_0 = \exp(36,1) = 4,75 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$

- التحقق أن هذه العلاقة توافق المنحنى المقترح : حيث $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ حيث A_0 النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة t
 $= 0$ ، من هذه العلاقة يمكن أن نكتب : $\ln A = \ln(A_0 \cdot \exp(-\lambda t)) = \ln(A_0) - \lambda t$.
 المنحنى الممثل لـ $\ln A$ بدلالة الزمن هو مستقيم مائل معامل توجيهه هو $-\lambda$ و يقطع محور الترتيب عند $\ln(A_0) = 36,1$.
 إذن هذه العلاقة توافق المنحنى المقترح سابقا .

- باستعمال المنحنى البياني نتوصل لمعادلة المنحنى : $\ln A = f(t)$: ميل المستقيم هو $-\lambda$. نحصل عليه بيانيا :

أ- $\ln A = 36,1 - 0,090 t$ و منه : $-\lambda = (36,1 - 33,4)/(0 - 30) = -0,090 \text{ jours}^{-1}$

ب- تحديد ثابت النشاط الإشعاعي λ لليود 131 : $\lambda = 0,090 \text{ jours}^{-1}$

ج- استنتاج نصف العمر $t_{1/2}$: $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / 0,09 = 7,70 \text{ jours}$

د- تحديد كتلة اليود المحققة :

$$m = n \cdot m = N_0 / N_A \cdot M = A_0 / \lambda \cdot M / N_A = (4,76 \cdot 10^{15} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 131) / (0,09 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) = 0,994 \text{ g}$$

التمرين - 28

1- من أجل تركيب معين لنواة ، النشاط الإشعاعي للعينة : - مستقل عن كتلتها . - يتناسب طرديا مع كتلتها
 2- عينتين 1 و 2 تحويان على نفس العدد من الأنوية . أنوية العينة 1 لها نصف عمر أصغر من نصف عمر أنوية العينة 2 .
 النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة 1 : - أكبر من النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة 2 . - أصغر من النشاط الإشعاعي
 الابتدائي للعينة 2
 ج- يساوي إلى النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة 2 .

3- $^{14}_6\text{C}$ و $^{14}_7\text{N}$ ، هل هي نظائر ؟ - دون الرجوع إلى الجدول الدوري ، عين الخطأ . علما أن يوجد خطأ واحد فقط :
 $^{18}_6\text{C}$ ، $^{225}_{88}\text{Ra}$ ، $^{226}_{88}\text{Rn}$ ، $^{226}_{88}\text{Ra}$ ، $^{14}_7\text{N}$ ، $^{14}_6\text{C}$

الحل - 28

1- ب- يتناسب طرديا مع كتلتها ، 2- أ- أكبر من النشاط الإشعاعي الابتدائي للعينة 2 ، 3- $^{14}_6\text{C}$ و $^{14}_7\text{N}$ ، ليست نظائر
 4- الخطأ هو $^{226}_{88}\text{Rn}$. الرادون $^{226}_{88}\text{Rn}$ ، العدد الذري له : 86 .

التمرين - 29

ما هو الوقت الأزم إنتظاره حتى تختفي % 99,9 من كتلة معطاة من السترونتيوم 90 : $^{90}_{38}\text{Sr}$ ؟ يعطى زمن نصف العمر
 لـ السترونتيوم 90 : $^{90}_{38}\text{Sr}$ هو 28 ans .

الحل - 29

الوقت الأزم إنتظاره حتى تختفي % 99,9 من كتلة معطاة من السترونتيوم 90 : لدينا : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.

حتى تختفي % 99,9 من كتلة معطاة من السترونشيوم 90 يجب أن تكون : $N(t) = 1/1000 \cdot N_0$
 ومنه : $1/1000 = \exp(-\lambda t)$ ومنه : $t = 1/\lambda \cdot \ln 1000$ ولدينا : $t_{1/2} = \ln 2/\lambda$ و $\ln 1000 = 3 \ln 10$
 ومنه : $t = 3 \cdot t_{1/2} \cdot (\ln 10/\ln 2) = 28 \cdot 3 \cdot (\ln 10/\ln 2) = 280 \text{ ans}$

التمرين 30-

عينة من الراديوم ^{223}Ra لها نشاط إشعاعي ابتدائي قيمته 5000 Bq . نقيس هذا النشاط الإشعاعي عند أزمنة متتالية :

t (jours)	0	10	20	30	40	50	60	70
(Bq) النشاط الإشعاعي	5000	2800	1500	800	500	260	140	80

1- حدد زمن نصف العمر للنظير ^{223}Ra . 2- ما هو الوقت اللازم حتى يصبح النشاط الإشعاعي للعينة قيمتها 1 Bq ؟

الحل 30-

1- تحديد زمن نصف العمر للنظير ^{223}Ra :

استخراج العلاقة التالية : $t_{1/2} = \ln 2/\lambda$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$

من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$ إذن :

$$N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2/\lambda$$

من جهة أخرى لدينا : $A(t) = -dN/dt$ و $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

نستنتج أن : $A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

و حيث : $A_0 = \lambda \cdot N_0$ ومنه : $\ln [A(t)] = \ln (A_0) - \lambda t$

نرسم منحني الدالة $\ln [A(t)]$ بدلالة الزمن t فنحصل على المنحني في الشكل المرفق :

- باستعمال المنحني البياني نتوصل لميل المستقيم هو $-\lambda$

نحصل عليه بيانيا : $-\lambda = -0,059 \text{ jours}^{-1}$

ومنه : $\ln [A(t)] = 8,5 - 0,059 t$

- تحديد ثابت النشاط الإشعاع λ : $\lambda = 0,059 \text{ jours}^{-1}$

- استنتاج نصف العمر $t_{1/2}$:

$$t_{1/2} = \ln 2/\lambda = \ln 2/0,059 = 11,7 \text{ jours}$$

2- الوقت اللازم حتى يصبح النشاط الإشعاعي للعينة قيمتها 1 Bq :

$$A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow t = 1/\lambda \cdot (\ln A_0/A(t))$$

$$t = t_{1/2}/\ln 2 \cdot (\ln A_0/A(t)) = 11,7/\ln 2 \cdot \ln 5000 = 144 \text{ jours}$$

التمرين 31-

1 g من اليورانيوم ^{238}U له نشاط إشعاعي قيمته 12200 Bq . ما هو زمن نصف العمر لهذا النظير .

الحل 31-

- تحديد زمن نصف العمر للنظير ^{238}U :

استخراج العلاقة التالية : $t_{1/2} = \ln 2/\lambda$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$

من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$ إذن :

$$N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2/\lambda$$

من جهة أخرى لدينا : $A(t) = -dN/dt$ و $A(t) = \lambda \cdot N(t)$. نستنتج أن : $A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

و حيث : $A_0 = \lambda \cdot N_0$ ومنه : $t_{1/2} = N_0 \cdot \ln (2) / A_0$

$$N_0 = m/M \cdot N_A = 1/238 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2,53 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$$

$$t_{1/2} = N_0 \cdot \ln (2) / A_0 = (2,53 \cdot 10^{21} \cdot \ln 2)/12200 = 1,44 \cdot 10^{17} \text{ s} = 4,56 \cdot 10^9 \text{ ans}$$

التمرين 32-

يعطى الجدول التالي :

19K	20Ca	21Se	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn
-----	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------

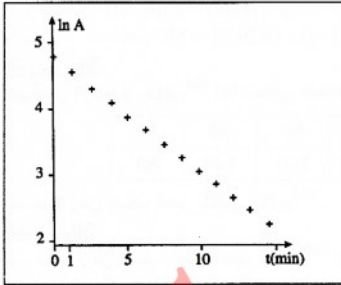
النظير 52 من الفناديوم $^{52}_{23}\text{V}$ هو مشع بـ β^- وتفككه يصاحبه انبعاث إشعاع γ .

1- اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق لتفكك الأتي للفناديوم 52 .

2- لدينا عينة تحتوي على $N(t)$ من أنوية الفناديوم 52 عند اللحظة t .

3- اكتب عبارة $N(t)$ بدلالة الزمن ، N_0 (قيمة N عند اللحظة $t = 0$) و ثابت النشاط الإشعاعي λ ؟

ب- نفرض أن الفناديوم 52 هو العنصر الوحيد المشع الموجود في العينة و نعرف النشاط الإشعاعي $A(t)$ له على أنه نسبة التفكك : $A(t) = -dN/dt$.



عبر عن $\ln [A(t)]$ بدلالة t و الثوابت N_0 و λ .

3- نريد أن نتحقق تجريبيا من نتائج التجربة السابقة بواسطة عداد . نحدد عدد التفككات ΔN - الحادثة في مدة زمنية قصيرة Δt و نقبل أن القيمة التقريبية لـ $A(t)$ ناتجة من : $A(t) = -\Delta N/\Delta t$. نحصل على النقاط التي احداثياتها : $(t ; \ln [A(t)])$ الموضحة في الشكل المقابل .

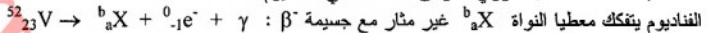
هـ- بين أن شكل المنحنى الناتج ، يمكن من خلاله التحقق تجريبيا من العبارة السابقة $N(t)$.

ب- استنتج من المنحنى قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ للفناديوم 52 .

ج- عرف زمن نصف العمر لعنصر مشع ثم احسبه للفناديوم 52 .

الحل -32

أ- كتابة معادلة التفاعل النووي الموافق للتفكك الأني للفناديوم 52 :



قوانين الإحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $23 = a - 1 \Rightarrow a = 24$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $52 = b + 0 \Rightarrow b = 52$

النواة المشككة هي نواة عنصر الكروم 24 : $^{52}_{24}\text{Cr}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{52}_{23}\text{V} \rightarrow ^{52}_{24}\text{Cr} + ^0_{-1}\text{e}^- + \gamma$

2- هـ كتابة عبارة $N(t)$ بدلالة الزمن t ، N_0 و ثابت النشاط الإشعاعي λ : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

ب- عبارة $\ln [A(t)]$ بدلالة t و الثوابت N_0 و λ :

استخراج العلاقة التالية : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$

من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$ إذن :

$N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

من جهة أخرى لدينا : $A(t) = -dN/dt$ و $A(t) = \lambda \cdot N(t)$. نستنتج أن : $A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

و منه : $\ln [A(t)] = \ln (\lambda \cdot N_0) - \lambda t$

3- هـ تبيان أن شكل المنحنى الناتج ، يمكن من خلاله التحقق تجريبيا من العبارة $N(t)$ السابقة :

نرسم منحنى الدالة $\ln [A(t)]$ بدلالة الزمن t فنحصل على خط مستقيم يقطع محور الترتيب في نقطة ترتيبها : $\ln (\lambda \cdot N_0)$ كما أن هذا المستقيم ميله سالب يمثل $-\lambda$.

3- ب- استنتاج من المنحنى قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ للفناديوم 52 : — باستعمال المنحنى البياني :

$\ln [A(t)] = \ln (\lambda \cdot N_0) - \lambda t$ نتوصل لميل المستقيم هو $-\lambda$ - نحصل عليه بيانيا : $-\lambda = -0,18 \text{ jours}^{-1}$

و منه : $\ln [A(t)] = \ln (\lambda \cdot N_0) - 0,18 t$. — تحديد ثابت النشاط الإشعاع λ : $\lambda = 0,18 \text{ jours}^{-1}$

ج- تعريف زمن نصف العمر : العدد N للأتوية الغير متفككة الموجودة في العينة عند اللحظة t هي : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

$t_{1/2}$ هي المدة الزمنية التي من أجلها : $N = N_0/2$ و منه : $N_0/2 = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و منه : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

— استنتاج نصف العمر $t_{1/2}$ للفناديوم 52 : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / 0,18 = 3,9 \text{ min}$

التمرين -33

نعتبر نظيرين مشعين لليود ، يستعملان في القطاع الصحي : اليود $^{131}_{53}\text{I}$ نصف عمره 8,1 jours و اليود $^{123}_{53}\text{I}$ نصف عمره 13 h .

1- لدينا عينتين من هاذين النظيرين ، كتلة كل واحدة $m = 10 \text{ g}$. ما هو النشاط الإشعاعي الابتدائي لهما ؟

2- ما هي المدة الزمنية التي من خلالها يتساوى نشاطهما الإشعاعي ؟

الحل -33

أ- النشاط الإشعاعي الابتدائي لهما :

استخراج العلاقة التالية : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$

من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$ إذن :

$N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2}$

من جهة أخرى لدينا : $A(t) = -dN/dt = \lambda \cdot N(t)$. نستنتج أن : $A_0 = \lambda \cdot N_0$ و لدينا : $N_0 = m/M \cdot N_A$

و منه : $A_0 = \ln 2 / t_{1/2} \cdot m/M \cdot N_A$

- النشاط الإشعاعي الابتدائي لـ $^{131}_{53}\text{I}$:
 $A_0 = \ln 2 / t_{1/2} \cdot m/M \cdot N_A = \ln 2 / (8,1 \cdot 24 \cdot 3600) \cdot 10/131 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,6 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$
- النشاط الإشعاعي الابتدائي لـ $^{123}_{53}\text{I}$:
 $A'_0 = \ln 2 / t'_{1/2} \cdot m/M' \cdot N_A = \ln 2 / (13 \cdot 3600) \cdot 10/123 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,2 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$
- 2— المدة الزمنية التي من خلالها يتساوى نشاطهما الإشعاعي : $A'(t) = A(t)$ أي : $A'_0 \cdot \exp(-\lambda't) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$
 و منه : $t = 1/(\lambda' - \lambda) \cdot \ln(A'_0/A_0) = (t_{1/2} \cdot t'_{1/2}) / (t_{1/2} - t'_{1/2}) \cdot 1/\ln 2 \cdot \ln(A'_0/A_0) = 55 \text{ h}$

التمرين 34—

- النظير ^{14}C للكربون مشع بنوع β^- . نصف عمره 5568 ans . نسبة الكربون 14 في وسط الكائنات الحية تبقى ثابتة و هذا نتيجة التفاعل بين النوترونات الناتجة من الأشعة الفضائية مع الأزوت $^{14}_7\text{N}$ في الأجواء العليا للأرض . خلال حياته ، الكائن الحي (شجرة ، حيوان ...) تتبادل باستمرار الكربون مع المحيط عن طريق (CO_2 ، التغذية ...) حيث نسبة الكربون 14 تبقى ثابتة و التي نعتبرها نفسها بالنسبة لجميع الكائنات الحية . هذه النسبة تقارب $f = 1,2 \cdot 10^{-12}$ ذرة من الكربون 14 من أجل كل ذرة كربون 12 . نهمل وجود نظائر أخرى للكربون .
- 1— اكتب معادلة التفاعل النووي لتشكل نواة الكربون 14 . 2— اكتب معادلة التفاعل النووي لتفكك الكربون 14 .
- 3— ما هو النشاط الإشعاعي الابتدائي لـ 1 g من الكربون ؟ اعط النتيجة بـ Bq ثم بسعدد التفككات في الدقيقة DPM . هذه القيمة تدعى النشاط الإشعاعي الطبيعي القياسي للكربون 14 .
- 4— قطعة خشبية عثر عليها في إحدى القبور القديمة بجوار بيت قديم . النشاط الإشعاعي المتبقي للكربون فيها 6,7 DPM/g . ما هو عمر القطعة الخشبية ؟
- طرق التأريخ غير صالحة إلا بعد سنة 1960 . في بداية الستينات ، التجارب الجوية للقطب النرويجي زادت من وجود الكربون 14 في الجو بالنسبة 90 % .
- 5— تعتبر قطعة خشبية ماتت سنة 1963 . نفرض أن نسبة الكربون 14 عند موتها هي نسبة الكربون 14 الجوية . أوجد اللحظة أين النشاط الإشعاعي للكربون المتبقية للقطعة الخشبية يساوي إلى النشاط الإشعاعي الطبيعي القياسي للكربون 14 .

الحل 34—

- 1— كتابة معادلة التفاعل النووي لتشكل نواة الكربون 14 : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{p}$:
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $7 = a + 6 \Rightarrow a = 1$
 — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $15 = 14 + b \Rightarrow b = 1$
- الجسيمة الناتجة من خلال هذا التفاعل هي إذن بروتون ^1_1p . و منه : معادلة التفاعل : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{p}$
- 2— كتابة معادلة التفكك للكربون 14 : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$:
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $6 = a - 1 \Rightarrow a = 7$
 — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 0 + b \Rightarrow b = 14$
- النواة الناتجة من خلال هذا التفاعل هي إذن نواة الأزوت $^{14}_7\text{N}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$
- 3— النشاط الإشعاعي الابتدائي لـ 1 g من الكربون : لدينا $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و $A(t) = -dN/dt = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ عند $t = 0$: $A_0 = \lambda \cdot N_0$
 و منه : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ إذن : $A_0 = N_0 \cdot \ln 2 / t_{1/2}$
- عدد N_0 أنوية الكربون 14 الموجودة ابتداء في 1 g من الكربون : $N_0 = 1/12 \cdot N_A \cdot f = 6,0 \cdot 10^{10}$
 و منه : $A_0 = N_0 \cdot \ln 2 / t_{1/2} = 0,24 \text{ Bq} = 0,24 \cdot 60 = 14,4 \text{ DPM}$
- 4— عمر القطعة الخشبية : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow t = 1/\lambda \cdot (\ln A_0/A(t)) = t_{1/2} / \ln 2 \cdot (\ln A_0/A(t)) = 5920 \text{ ans}$ و منه :
- 5— إيجاد اللحظة أين النشاط الإشعاعي للكربون المتبقي للقطعة الخشبية تساوي إلى النشاط الإشعاعي الطبيعي القياسي للكربون 14 : النشاط الإشعاعي للكربون في القطعة الخشبية عند موتها : $A'_0 = 1,9 A_0$. نريد أن يكون : $A(t) = A_0$
 لدينا : $A(t) = A'_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ نبحث عن t بحيث : $A'_0 \cdot \exp(-\lambda t) = A_0$
 و منه : $t = 1/\lambda \cdot (\ln A'_0/A_0) = t_{1/2} / \ln 2 \cdot (\ln A'_0/A_0) = 5160 \text{ ans}$
- الخشب يصبح يساوي النشاط الإشعاعي القياسي الابتدائي لـ 1 g من الكربون في حدود سنة 7160 .

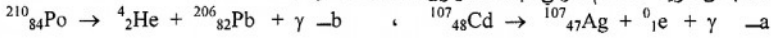
التمرين 35—

- 1— النوكليد $^{14}_6\text{C}$ (كربون 14) مشع . يتفكك باعًا جسيمة β^- (في الجدول الدوري البور يقع بين الكربون و الأزوت) اعط تركيب هذه النواة و اكتب معادلة تفككها . 2— اكمل معادلات التفاعلات النووية التالية محددًا نوع النشاط الإشعاعي :
- $^{107}_{48}\text{Cd} \rightarrow ^{107}_{47}\text{Ag} + \dots$ ، $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + \dots + \gamma$ ، $^{107}_{48}\text{Cd} \rightarrow ^{107}_{47}\text{Ag} + \dots$ ، $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + \dots + \gamma$

الحل -35

1- كتابة معادلة التفكك للكاربون 14 : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^b_a\text{X}$: قانون انحفاظ الشحنة : $6 = a - 1 \Rightarrow a = 7$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 0 + b \Rightarrow b = 14$: النواة الناتجة من خلال هذا التفاعل هي إذن نواة الأزوت $^{14}_7\text{N}$ ومنه : معادلة التفاعل : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$.

2- بنفس طريقة استخدام قانوني الانحفاظ نوازن المعادلات التالية :



التمرين -36

صحيح أم خطأ (يمكن أن تستعين بمنحني (N ; Z) .

- 1- دائما عدد البروتونات يساوي عدد النوترونات في نواة مستقرة . 2- نواتين نظيرتين تختلفان فقط في عدد النوترونات .
- 3- استقرار النواة الذرية يرجع أساسا إلى قوة الجذب العام لنيتون . 4- الإشعاع β^+ يوافق انبعاث بروتون .
- 5- النواة الإبن التي تتشكل و هي مثارة ، تبعث إشعاع إلكترومغناطيسي .
- 6- خلال التفاعل النووي كل العناصر الكيميائية محفوظة . 7- منحني التناقص الإشعاعي لمجموع أنوية مشعة يكون خطي .
- 8- النشاط الإشعاعي لعينة عند اللحظة t يتناسب طرذا مع كمية الأنوية المشعة الموجودة في العينة عند هذه اللحظة و عكسا مع الدور .
- 9- النشاط الإشعاعي هو ظاهرة طبيعية . 10- حسب الشكل المرفق يمكن أن نقول أن النواة $^{230}_{90}\text{X}$ مستقرة .

الحل -36

- 1- خطأ : حسب منحني الاستقرار (N ; Z) ، هناك أنوية لا تقع على هذا المنحني أي المستقيم N = Z و هي مستقرة . 2- صحيح : من التعريف . 3- خطأ : استقرار النواة الذرية يرجع أساسا إلى القوة الكبيرة بين النوكليونات و القوى الكهروإتية . 4- خطأ : الإشعاع β^+ يوافق انبعاث بوزيتون . 5- صحيح : النواة الإبن التي تتشكل تبعث إشعاع إلكترومغناطيسي طاقي خطير على الصحة . 6- خطأ : خلال التفاعل النووي يمكن أن يحدث تغير في العدد الذري الذي يميز العنصر . 7- خطأ : منحني التناقص الإشعاعي لمجموع أنوية مشعة يكون أسي . 8- صحيح : النشاط الإشعاعي لعينة عند اللحظة t : $A(t) = \ln 2 \cdot N(t) / t_{1/2}$. 9- صحيح : النشاط الإشعاعي هو ظاهرة مستقلة عن نشاط الإنسان . 10- خطأ : النواة كبيرة ، قوى التناثر الكهربائي بين البروتونات فيه تغلب القوة الكبيرة لتجاذب النوكليونات .

التمرين -37

الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ هو نوكلد مشع يخضع بالتتالي لعدة تفككات من نوع α و β^- (كل تفكك يصاحبه انبعاث إلكترومغناطيسي من أجل الاستقرار) في النهاية يولد نواة مستقرة من الرصاص $^{206}_{82}\text{Pb}$.

- 1- اعط تركيب النواتين $^{226}_{88}\text{Ra}$ و $^{206}_{82}\text{Pb}$. 2- إلى ماذا يرجع الانبعاث من نوع α و β^- ؟
- 3- كم عدد التفككات ، من النوع α من جهة و من النوع β^- من جهة أخرى ، التي تسمح بهذا التحول .

الحل -37

- 1- تركيب النواة $^{226}_{88}\text{Ra}$: رمز نواة $^{226}_{88}\text{Ra}$ هو 226 و رقمه الذري هو : $Z = 88$. النواة تتشكل من 226 نوكليونات : 88 بروتون و 138 نوترون .
- 1- تركيب النواة $^{206}_{82}\text{Pb}$: رمز نواة الرصاص 206 هو : $^{206}_{82}\text{Pb}$ و رقمه الذري هو : $Z = 82$. النواة تتشكل من 206 نوكليونات : 82 بروتون و 124 نوترون .
- 2- يرجع الانبعاث من نوع α إلى الانبعاث الأني لنواة الهيليوم ^4_2He : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + \gamma$. إذن من أجل تفاعل من نوع α ، النواة الأب تفقد 4 نوكليونات أي 2 بروتون و 2 نوترون .
- يرجع الانبعاث من نوع β^- إلى الانبعاث الأني للإلكترون $^0_{-1}\text{e}$: $^A_Z\text{X} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{A+1}_{Z+1}\text{Y} + \gamma$. إذن من أجل تفاعل من نوع α ، النواة الأب تفقد 1 نوترون و تكسب 1 بروتون .
- 3- عدد التفككات ، من النوع α التي تسمح بهذا التحول : نفرض أنه توجد a تفككات من نوع α و توجد b تفككات من نوع β^- قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : $a = 5$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : $206 = 226 - 4a$ $\Rightarrow a = 5$: قانون انحفاظ الشحنة : $82 = 88 - 2a + b \Rightarrow b = 4$.
- إذن لتحول $^{226}_{88}\text{Ra}$ إلى $^{206}_{82}\text{Pb}$ تتطلب 5 تفككات من نوع α و 4 تفككات من نوع β^- .

التمرين -38

البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ يتفكك ليعطي الرصاص $^{206}_{82}\text{Pb}$.

- 1- اكتب معادلة التفاعل النووي لهذا التفكك الذي يعطي رصاص غير مثار . حدد ما نوع الإشعاع الحادث .
- 2- عند اللحظة $t_0 = 0$ ، عينة من البولونيوم تحتوي على العدد N_0 من الأنوية الأب . عند اللحظة t كفية ، نحدد عدد N من الأنوية غير المتفككة . القياسات دوت في الجدول التالي :

t (jours)	0	30	60	90	120	150	180
N/N ₀	1	0,86	0,74	0,64	0,55	0,47	0,4

أ- ارسم منحنى الدالة $f(t) = -\ln(N/N_0)$. ب- استنتج قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ و زمن نصف العمر $t_{1/2}$.

الحل -38

1- كتابة معادلة التفاعل النووي لهذا التفكك : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^{206}_{82}\text{Pb} + \gamma$: قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة :

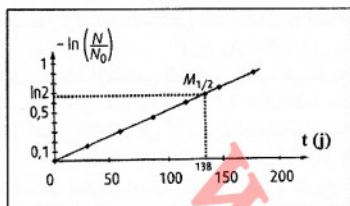
— قانون انحفاظ الشحنة : $84 = a + 82 \Rightarrow a = 2$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $210 = 206 + b \Rightarrow b = 4$

النواة الناتجة من خلال هذا التفاعل هي إذن نواة الهيليوم ^4_2He ومنه نوع التفكك هو : تفكك من نوع α .

و منه : معادلة التفاعل : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb} + \gamma$

2- رسم منحنى الدالة $f(t) = -\ln(N/N_0)$: نكمل الجدول بإضافة السطر $-\ln(N/N_0)$. انظر الشكل المرفق .



t (jours)	0	30	60	90	120	150	180
N/N ₀	1	0,86	0,74	0,64	0,55	0,47	0,4
$-\ln(N/N_0)$	0	0,15	0,30	0,45	0,60	0,76	0,92

2- ب- استنتاج قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ و زمن نصف العمر $t_{1/2}$: حسب قانون التناقص الإشعاعي : العدد المتوسط N للأنوية الغير متفككة الموجودة في العينة عند اللحظة t هي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N/N_0 = \exp(-\lambda t)$ و منه نستنتج أن : $-\ln(N/N_0) = \lambda \cdot t$. حيث : λ تمثل ميل المنحنى المستقيم المائل : $\lambda = 0,92/180 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ jours}^{-1}$. $t_{1/2}$ هي المدة الزمنية التي من أجلها : $N = N_0/2$ إذن $t_{1/2}$ هي فاصلة النقطة من المنحنى $M_{1/2}$ التي ترتيها : $t_{1/2} = 138 \text{ jours}$. بياننا نحصل على : $-\ln(N_0/2)/(N_0) = -\ln(1/2) = \ln 2 = 0,69$

التمرين -39

خبر صحفي مفاده ما يلي :

- طرده من البود المشع 131 مبعوث إلى المركز الصحي في مدينة بني شبانة بولاية سطيف حيث وضع في مركز البريد يوم 2 أوت 1999 لم يظهر له أثر إلى تاريخ 1 أكتوبر 1999 . قيمة النشاط الإشعاعي للطرد يوم 2 أوت 1999 هي $2,6 \cdot 10^9 \text{ Bq}$
- 1- اليود $^{131}_{53}\text{I}$ يتفكك إلى Xe غير متار مع انبعاث جسيمة β^- . اكتب معادلة التفكك الحادث .
- 2- أذكر قانون التناقص الإشعاعي لعدد الأنوية الغير المتفككة لعينة تحتوي ابتدائيا على N_0 نواة .
- 3- عرف زمن نصف العمر أو دور نشاط الإشعاعي $t_{1/2}$. عبر عن عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n من أنصاف الأعمار بدلالة العدد الابتدائي للأنوية المشعة N_0 .
- 4- النشاط الإشعاعي $A(t)$ عند اللحظة t لعينة معرف بالعلاقة التالية : $A(t) = -dN/dt$. أوجد العلاقة بين النشاط الإشعاعي للعينة و مجموع الأنوية المشعة الحاضرة في العينة عند اللحظة t . عبر عن النشاط الإشعاعي للعينة خلال n أنصاف الأعمار بدلالة النشاط الإشعاعي الابتدائي .
- 5- علما أن دور اليود 131 هو 8,1 jours . ما هو النشاط الإشعاعي للعينة من الطرد في تاريخ 1 أكتوبر 1999 أي 60 يوما بعدها ؟
- 6- علما أن خلال الفحص الطبي ، نحقق للمريض كمية تقارب $4 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ ، هل يمكن إستعمال العينة من الطرد لتاريخ 1 أكتوبر 1999 لإجراء هذا الفحص الطبي ؟
- 7- احسب كتلة اليود المشع الموجودة في العينة من الطرد بتاريخ 2 أوت 1999 . تعطى : $M_1 = 131 \text{ g/mol}$.

الحل -39

1- كتابة معادلة التفكك الحادث : اليود يتفكك معطيا النواة Xe غير متار مع جسيمة β^- : $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^b_a\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e} + \gamma$: قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة :

— قانون انحفاظ الشحنة : $53 = a - 1 \Rightarrow a = 54$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $131 = b + 0 \Rightarrow b = 131$

النواة المتشكلة هي إذن نواة العنصر ذو الرقم الذري $Z = 54$ أي نواة عنصر الكزيتون $^{131}_{54}\text{Xe}$.

و منه : معادلة التفاعل : $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e} + \gamma$.

2- قانون التناقص الإشعاعي لعدد الأنوية الغير المتفككة لعينة تحتوي ابتدائيا على N_0 نواة : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.

3- تعريف زمن نصف العمر أو دور نشاط الإشعاعي $t_{1/2}$: هي المدة الزمنية التي من أجلها تنفك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة .

— التعبير عن عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n من أنصاف الأعمار بدلالة العدد الابتدائي للأنوية المشعة N_0 :
 $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})^n = N_0 \cdot (1/2)^n$
 و منه : $N(n t_{1/2}) = N_0 / (2)^n$

4- العلاقة بين النشاط الإشعاعي للعينة و مجموع الأنوية المشعة الحاضرة في العينة عند اللحظة t :

$$A(t) = -dN/dt = -d(N_0 \cdot \exp(-\lambda t))/dt = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = \lambda \cdot N(t)$$

— عبارة النشاط الإشعاعي للعينة خلال n أنصاف الأعمار بدلالة النشاط الإشعاعي الابتدائي :

$$A(n t_{1/2}) = \lambda \cdot N(n t_{1/2}) = \lambda \cdot N_0 \cdot (1/2)^n = A_0 / (2)^n$$

5- النشاط الإشعاعي للعينة من الطرد في تاريخ 1 أكتوبر 1999 : النشاط الإشعاعي للمنبع تقسم على 2 خلا كل دور من زمن نصف العمر. 60 يوم تمثل $7,4$ ، $60/8,1 = 7,4$ عدد الدورات في زمن نصف العمر لليود 131 . إذن النشاط الإشعاعي للمنبع بتاريخ 1 أكتوبر 1999 . هي $2^{7,4}$ مرة أضعف من النشاط الإشعاعي بتاريخ 2 أوت 1999 .

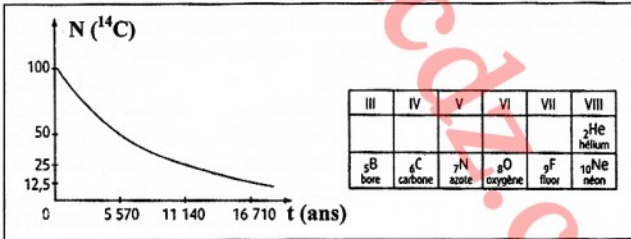
$$A(\text{octobre}) = (A(\text{Aout})) / (2^{7,4}) = (2,6 \cdot 10^9) / (2^{7,4}) = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Bq}$$

6- هل يمكن إستعمال العينة من الطرد لتاريخ 1 أكتوبر 1999 لإجراء هذا الفحص الطبي ؟ هذا النشاط الإشعاعي لا زال أكبر من $4 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ اللازمة للفحص الطبي : إذن الإجابة هي : نعم يمكن .

7- حساب كتلة اليود المشع الموجودة في العينة من الطرد بتاريخ 2 أوت 1999 : $A(t) = \lambda \cdot N(t) \Rightarrow N(t) = A(t) / \lambda$:
 من التعريف : $\exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Rightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Rightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ أي :
 وأخيرا : $n(t) = N(t) / N_A$. عند اللحظة t ، كمية المادة للأنوية المشعة هي :
 و منه كتلة اليود : $m = n \cdot M_I = (A(t) \cdot t_{1/2} \cdot M_I) / (N_A \cdot \ln 2)$
 وأخيرا : $m(\text{Aout}) = (A(\text{Aout}) \cdot t_{1/2} \cdot M_I) / (N_A \cdot \ln 2) = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ g}$

التمرين 40

في الأجواء العليا ، الأشعة الفضائية (rayons cosmiques) تسبب التفاعلات النووية التي من خلالها تتحدر النوترونات . هذه الأخيرة عندما تكون بطيئة ، تمتصها أنوية الآزوت $^{14}_7\text{N}$ لينتج من خلال التفاعل كربون $^{14}_6\text{C}$ و جسيمة أخرى . الكربون 14 الناتج إذن هو كربون مشع . الكربون 14 يمتص مثل الكربون 12 المستقر من طرف النباتات خلال عملية التركيب اليخضوري خلال كل عمرها . نسبة الكربون 14 تبقى مستقرة في النباتات . عند موتها ، كمية الكربون 14 تتناقص بالنشاط الإشعاعي . إذن يكفي قياس نسبة الكربون 14 المتبقية في العينة المدروسة لتحديد تاريخ موتها .



1- اعط تركيب الأنوية $^{14}_6\text{C}$ و $^{12}_6\text{C}$ ؟
 كيف تدعى هذه الأنوية ؟
 2- اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق للفقرة الثانية من النص
 الموافق لتفاعل نوترون مع ذرة الآزوت
 ما هي الجسيمة التي تظهر مع الكربون 14 ؟
 3- الكربون 14 مشع بـ β^- .
 ما هو طبيعة هذا الإشعاع ؟

ب- اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق لتفكك الكربون 14 إلى آزوت 14 الغير مثار .

4- ما المقصود بـ دور النشاط الإشعاعي أو زمن نصف العمر للنوكليد المشع ؟ ما هو زمن نصف العمر للكربون 14 ؟
 5- في عينة من قطعة خشب حية ، تحصل على ذرة من كربون 14 في كل 10^{12} من ذرات الكربون 12 . في قطعة الخشب و هي ميتة نلاحظ أنها لا تحتوي على ذرة كربون 14 في $8 \cdot 10^{12}$ من ذرات الكربون 12 . ما هو عمر قطعة الخشب الميتة ؟

الحل 40

1- تركيب الأنوية $^{12}_6\text{C}$ و $^{14}_6\text{C}$: رمز نواة الكربون 12 هو : $^{12}_6\text{C}$ و رقمه الذري هو : $Z = 6$.
 النواة تتشكل من 12 نوكليونات : 6 بروتون و 6 نوترون .

1- تركيب النواة $^{14}_6\text{C}$: رمز نواة الكربون 14 هو : $^{14}_6\text{C}$ و رقمه الذري هو : $Z = 6$.
 النواة تتشكل من 14 نوكليونات : 6 بروتون و 8 نوترون .

2- كتابة معادلة التفاعل : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{H}$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $7 = a + 6 \Rightarrow a = 1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $15 = 14 + b \Rightarrow b = 1$

الجسيمة الناتجة هي إذن بروتون ${}^1_1\text{P}$. و منه : معادلة التفاعل : ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{P}$

3- a- طبيعة هذا الإشعاع : إذا كان الكربون 14 مشع بـ β^- فإنه ينبعث إلكترون ${}^0_{-1}\text{e}$ خلال تفككه .

3- b- كتابة معادلة التفاعل النووي الموافق لتفكك الكربون 14 إلى الكربون 12 الغير مشع :

— كتابة معادلة التفاعل : ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^b_a\text{X} + \gamma$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $6 = a + 7 \Rightarrow a = -1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 14 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة الناتجة هي إذن إلكترون ${}^0_{-1}\text{e}$. و منه : معادلة التفاعل : ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e} + \gamma$

4- المقصود بـ دور النشاط الإشعاعي أو زمن نصف العمر لنوكليد المشع هو المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة المتفككة .

— زمن نصف العمر للكربون 14 :

العدد المتوسط N للأنوية الغير متفككة الموجودة في العينة عند اللحظة t هي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.

في $t_{1/2}$ هي المدة الزمنية التي من أجلها : $N = N_0/2$ إذن $t_{1/2}$ هي فاصلة النقطة من المنحنى $M_{1/2}$ التي ترتيبها : $N_0/2 = 50$.
بيانيا نحصل على : $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$.

5- عمر قطعة الخشب الميتة : نسبة تواجد الكربون 14 في قطعة خشب الحية أكبر بـ 8 مرات من نسبة تواجد الكربون 14 في

قطعة الخشب و هي ميتة . إذن عدد ذرات الكربون 14 الموجود في الخشب منذ بداية موتها يقسم على 8 . من التعريف : عدد

الأنوية المشعة التي لا زالت موجودة في العينة عبارته : $N = N_0 \cdot (1/2)^n$. لنحسب n من أجل : $N = N_0 / 8$

لدينا : $2^n = 8 \Rightarrow n = 3$

إذن عمر قطعة الخشب يساوي إلى 3 أنصاف العمر أي : 16710 ans .

التمرين 41-

النواة ${}^{16}_8\text{O}$ كتلتها $m = 2,656 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$. علما أن $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ و $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. احسب :

1- نقص الكتلة Δm .

2- طاقة الربط E لهذه النواة بالجول ثم بـ MeV . 3- طاقة الربط لكل نوكليون E/A بـ MeV/nucleon .

الحل 41-

1- نقص الكتلة Δm : نقص الكتلة لنواة الأكسجين يكتب على الشكل : $\Delta m = 8 m(p) + 8 m(n) - m(O)$

و منه : $\Delta m = 8 (1,673 \cdot 10^{-27}) + 8 (1,675 \cdot 10^{-27}) - (2,656 \cdot 10^{-26}) = 2,240 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$

2- طاقة الربط E لهذه النواة بالجول ثم بـ MeV : $E = \Delta m \cdot c^2 = 2,240 \cdot 10^{-28} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 = 2,016 \cdot 10^{-11} \text{ J}$: MeV

بالقسمة على : $1,6 \cdot 10^{-19}$: نحصل على : $E = 126 \text{ MeV}$ أي : $E = 1,260 \cdot 10^8 \text{ eV}$

3- طاقة الربط لكل نوكليون E/A بـ MeV/nucleon : $E/A = 126/16 = 7,88 \text{ MeV / nucleon}$

التمرين 42-

النواة ${}^{235}_{92}\text{U}$ كتلتها $m = 3,902 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$. علما أن $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ و $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. احسب :

1- احسب طاقة الربط لكل نوكليون E/A بـ MeV لنواة اليورانيوم 235 . الرقم الذري لليورانيوم 92 .

2- ما هي الملاحظة التي نستنتجها من النتيجة ؟

الحل 42-

1- نقص الكتلة Δm : نقص الكتلة لنواة اليورانيوم يكتب على الشكل : $\Delta m = 92 m_p + 143 m_n - m(U)$

و منه : $\Delta m = 92 (1,673 \cdot 10^{-27}) + 143 (1,675 \cdot 10^{-27}) - (3,902 \cdot 10^{-25})$

— طاقة الربط E لهذه النواة بالجول ثم بـ MeV : $E = \Delta m \cdot c^2 = \Delta m \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 \text{ J}$: MeV

بالقسمة على : $1,6 \cdot 10^{-19}$: نحصل على : $E = x \text{ MeV}$ أي : $E = \Delta m \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 / 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$

— طاقة الربط لكل نوكليون E/A بـ MeV/nucleon : $E/A = x/235 = 7,76 \text{ MeV / nucleon}$

نواة اليورانيوم هي النواة الطبيعية الوحيدة القابلة للإشطار .

2- الملاحظة التي نستنتجها من النتيجة : صغر النتيجة يدل على عدم استقرار النواة .

التمرين 43-

صحيح أم خطأ

1- الإلكترون — فولط eV وحدة قياس الكتلة . 2- طاقة الربط لكل نوكليون هي كتلة النواة مقسومة على عدد النوكليونات .

3- طاقة الربط لكل نوكليون للأنوية المستقرة تقارب 8 MeV / nucleon . 4- الأنوية الصغيرة تميل إلى الإشطار النووي .

5- الأنوية الخصبية هي بضرورة طبيعية . 6- خلال التفاعل النووي ، الطاقة المحررة ، تتواجد كليا على شكل إشعاع و حرارة

7- طاقة الربط يمكن أن تكون سالبة أو موجبة . 8- إذا كانت طاقة الربط لنواة X_1 أكبر من طاقة الربط لنواة X_2 فإنه

نستنتج أن X_1 أكثر إستقرارا من X_2 . 9- الطاقة الناتجة من الشمس مصدرها يعود إلى الاندماج الحراري النووي .

10- كل الأنوية يمكن أن يحدث لها الشطار إذا كانت كبيرة أو اندماج إذا كانت صغيرة .

الحل -43

- 1- خطأ : الإلكترون - فولت هي وحدة طاقة ، 2- خطأ : $E/nucleon = \Delta m \cdot c^2/A$ ، 3- صحيح : طاقة الربط لكل نوكليون للأنوية المستقرة تقارب $8 \text{ MeV} / nucleon$ ، 4- خطأ : الأنوية الصغيرة تميل إلى الاندماج النووي لتشكيل أنوية أكثر استقراراً ، 5- صحيح : الأنوية الخفيفة هي بضرورة طبيعية من التعريف ، 6- خطأ : خلال التفاعل النووي ، الطاقة المحررة ، تتواجد على شكل إشعاع و حرارة و طاقة حركية للأنوية المتشكلة ، 7- خطأ : طاقة الربط موجبة ، 8- خطأ : طاقة الربط لكل نوكليون للأنوية هي التي تحدد مدى استقرارها ، 9- صحيح : الطاقة الناتجة من الشمس مصدرها يعود إلى الاندماج الحراري النووي ، 10- خطأ .

التمرين -44

- 1- ما هو النوكليد الأكثر إستقراراً ؟ - النواة $^{60}_{27}\text{Co}$ كتلتها $m_{Co} = 59,9190 \text{ u}$. - النواة ^3_1H كتلتها $m_H = 3,0155 \text{ u}$. - النواة $^{235}_{92}\text{U}$ كتلتها $m_U = 235,042 \text{ u}$.
- 2- تحقق من الإجابة السابقة بحساب طاقات الربط لكل نوكليون . تعطى : $m_n = 1,0073 \text{ u}$ و $m_p = 1,0087 \text{ u}$.

الحل -44

- 1- النوكليد الأكثر إستقراراً : نواة $^{60}_{27}\text{Co}$ عدده الكتلي 60 محصور بين 50 و 80 هو الأكثر استقرار حسب منحني أسطون .
- 2- التحقق من الإجابة السابقة بحساب طاقات الربط لكل نوكليون :
نقص الكتلة Δm : نقص الكتلة لنواة الكوبالت يكتب على الشكل :
 $\Delta m = 27 m(p) + 33 m(n) - m(\text{Co})$
 $\Delta m = 27 (1,0073) + 33 (1,0087) - (59,9190) = 0,5652 \text{ u}$
- طاقة الربط لكل نوكليون $E/A = 0,5652 \cdot 931,5/60 = 8,7747 \text{ MeV/nucleon}$

بنفس الطريقة نحسب طاقة الربط لكل نوكليون E/A بالنسبة للنواتين الأخرتين فنحصل على :

$$E/nucleon(H) = \Delta m \cdot c^2/A = 0,0092 \cdot 931,5/3 = 2,8566 \text{ MeV/nucleon}$$

$$E/nucleon(U) = \Delta m \cdot c^2/A = 1,8718 \cdot 931,5/235 = 7,4194 \text{ MeV/nucleon}$$

التمرين -45

- عندما يحدث تصادم بين نوترون و نواة اليورانيوم أن ينتج التفاعل : $^1_0n + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{90}_{36}\text{Kr} + ^{142}_{56}\text{Ba} + 4 ^1_0n$
- 1- احسب الطاقة (MeV) المتحررة خلال هذا التفاعل الإشطاري .
- 2- في مفاعل نووي ، نواة اليورانيوم 235 يمكن أن تنكسر بطرق مختلفة . الطاقة المتوسطة المتحررة من خلال هذا النوع من التفاعلات من رتبة 185 MeV لكل نواة .
- 3- احسب بالجول الطاقة المتحررة لكل 1 kg من اليورانيوم 235 .
- 4- المفاعل النووي استطاعته ثابتة 100 MW . احسب المدة الزمنية Δt اللازمة لإستهلاك 1 kg من اليورانيوم 235 في هذا المفاعل . تعطى : - النواة $^{90}_{36}\text{Kr}$ كتلتها $m_{Kr} = 89,919720 \text{ u}$. - النواة $^{142}_{56}\text{Ba}$ كتلتها $m_{Ba} = 141,916350 \text{ u}$. - النواة $^{235}_{92}\text{U}$ كتلتها $m_U = 235,043915 \text{ u}$. $m_n = 1,008665 \text{ u}$.

الحل -45

- 1- حساب الطاقة (MeV) المتحررة خلال تفاعل الإشطار :

نقص الكتلة Δm : نقص الكتلة خلال التفاعل يكتب على الشكل : $\Delta m = m(U) + m(n) - m(Kr) - m(Ba) - m(n)$

2- الطاقة المتحررة بـ MeV : $E = \Delta m \cdot c^2$

$$E = (235,043915 + 1,008665 - 89,919720 - 141,916 - 4 \cdot 1,008665) \cdot 931,5 = 169,393 \text{ MeV}$$

3- احسب بالجول الطاقة المتحررة لكل 1 kg من اليورانيوم 235 : كتلة نواة اليورانيوم : $m_U = 3,90408 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

$$N = 1/m_U = 2,56142 \cdot 10^{24} \text{ noyaux} \quad \text{لـ } 1 \text{ kg}$$

4- الطاقة المتحررة من هذه الأنوية هي : $E_T = E \cdot N = 169,393 \cdot 2,56142 \cdot 10^{24} = 4,33888 \cdot 10^{26} \text{ MeV}$

$$E_T = 4,33888 \cdot 10^{26} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6 = 6,94221 \cdot 10^{13} \text{ J} \quad \text{منه :}$$

5- حساب المدة الزمنية Δt اللازمة لإستهلاك 1 kg من اليورانيوم : من التعريف : $P = E_T/\Delta t \Rightarrow \Delta t = E/P$

$$\Delta t = E_T/P = (6,94221 \cdot 10^{13})/(100 \cdot 10^6) = 694219 \text{ s} = 192 \text{ h } 50 \text{ min } 19 \text{ s} = 8 \text{ jours} \quad \text{ت . ع .}$$

التمرين -46

إختار الإجابة الصحيحة

- 1- القوة المسؤولة عن إستقرار الأنوية هي القوة : هـ الجذب العام لنيوتن ، بـ النووية القوية ، جـ الكهرو مغناطيسية

2- طاقة الربط لكل نوكليون هي من رتبة : a- 0,5 MeV . b- 5 MeV . c- 50 MeV .

3- النواة الغير مستقرة يمكن أن تنقسم تحت تأثير التصادم مع النوترون ندعوها :

a- نواة قابلة للاندماج ، b- نواة قابلة للإشطار ، c- نواة غير مستقرة

الحل - 46

1- b- النووية القوية . 2- b- 5 MeV . 3- b- نواة قابلة للإشطار

التمرين - 47

صحح ام خطأ

a- كتلة ذرة تساوي إلى مجموع كتل الإلكترونات و النواة . b- كتلة النواة تساوي إلى مجموع كتل نوكليوناتها .

c- طاقة الربط لكل نوكليون تقدر بـ MeV . d- طاقة الربط لكل نوكليون هو مقدار موجب .

e- إنشطار ذرة ينتج حوالي 10^8 . f- طاقة الربط لكل نوكليون هي نفسها بالنسبة لجميع الأنوية .

g- كلما كانت قيمة طاقة الربط لكل نوكليون كبيرة كلما كانت هذه النواة هي الأكثر إستقرارا .

الحل - 47

a- صحيح ، b- صحيح ، c- خطأ ، d- صحيح ،

e- خطأ ، f- خطأ ، g- صحيح ،

التمرين - 48

بالإستعانة بالمنحنى الممثل في الشكل المقابل (منحنى أستون) .
حدد ما هي النواة الأكثر إستقرارا .

الحل - 48

تحديد الأنوية الأكثر إستقرارا : الأنوية الأكثر إستقرارا هي التي لها طاقة الربط لكل نوكليون أصغر بالقيمة السالبة أو أكبر بالقيمة الموجبة و نقرأ على المنحنى النواة التي توافق ذلك :
نواة الحديد 56 .

التمرين - 49

كتلة نواة دوتيريوم هي $m = 2,0135 \text{ u}$.

- احسب مجموع كتلة بروتون و نوترون ثم قارن النتيجة مع m ثم استنتج طاقة الربط للنواة مقدرة بـ J ثم بـ MeV .

الحل - 49

- حساب مجموع كتلة بروتون و نوترون ثم قارن النتيجة مع m :

$m(n) + m(p) = 2,01594 \text{ u}$ هذه القيمة أكبر من m . و الفرق يرجع إلى طاقة الربط للنواة .

- استنتاج طاقة الربط للنواة مقدرة بـ J ثم بـ MeV : نقص الكتلة Δm : نقص الكتلة يكتب على الشكل :

$$\Delta m = m(p) + m(n) - m$$

ومنه : $E = \Delta m \cdot c^2 = [2,01594 - 2,0135 \cdot (10^{-3})] \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 3,65 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

2- الطاقة المتحررة بـ MeV : $E = (3,65 \cdot 10^{-13}) / (1,6 \cdot 10^{-19}) = 2,28 \text{ MeV}$

التمرين - 50

تحول 1 g من الهيدروجين إلى هيليوم 4 يصاحبها تحرر طاقة قيمتها : $4,1 \cdot 10^{32} \text{ eV}$.

a- اكتب معادلة التفاعل علما أنه ينتج 2 بوزيترون . b- عبر عن الطاقة المحررة بـ J .

c- احسب الطاقة المحررة من التفاعل .

الحل - 50

a- كتابة معادلة التفاعل علما أنه ينتج 2 بوزيترون : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_1\text{e}$

b- التعبير عن الطاقة المحررة للتفاعل بـ J : $E = 4,1 \cdot 10^{32} \text{ eV} = 4,1 \cdot 10^{32} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,6 \cdot 10^{13} \text{ J}$

c- الطاقة المحررة من التفاعل : يدخل في التفاعل 4 ذرات من الهيدروجين . 1 g من الهيدروجين يحتوي على : $N = N_A$ من الذرات ومنه الطاقة المتحررة من التفاعل : $E' = E / (4 \cdot N_A) = (4,1 \cdot 10^{32}) / (4 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) = 170 \text{ MeV}$

التمرين - 51

التريسيوم هو نظير للهيدروجين . a- اعط تركيب نواة التريسيوم ثم اعط تمثيله الرمزي .

b- احسب مجموع كتل الجسيمات المكونة للنواة معبرا عنها بـ kg ثم بـ u .

c- كتلة نواة التريسيوم هي $m = 3,0160500 \text{ u}$. عبر عن هذه الكتلة بـ kg

d- قارن القيمة الناتجة بالقيمة المحسوبة سابقا . e- استنتج قيمة طاقة الربط في نواة التريسيوم .

الحل - 51

a- تركيب نواة التريسيوم و تمثيله الرمزي : رمز نواة التريسيوم هو ${}^3_1\text{H}$ و رقمه الذري هو : $Z = 1$.

النواة تتشكل من 3 نوكلونات : 1 بروتون و 2 نوترون .
 بـ حساب مجموع كتل الجسيمات المكونة للنواة معبرا عنها بـ kg ثم بـ u :
 $m(p) + 2m(n) = [1,67262 + 2 \cdot 1,67493] \cdot 10^{-27} = 5,02248 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $m(p) + 2m(n) = (5,02248 \cdot 10^{-27}) / (1,66054 \cdot 10^{-27}) = 3,02461 \text{ u}$
 جـ كتلة نواة التريسيوم هي $m = 3,0160500 \text{ u}$. التعبير عن هذه الكتلة بـ kg :
 $m = 3,0160500 \text{ u} = 3,0160500 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = 5,00827 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 دـ مقارنة القيمة الناتجة بالمحسوبة سابقا نلاحظ أن كتلة النوكليونات المشكلة للنواة أكبر من كتلة النواة و الفرق يرجع إلى طاقة الربط للنواة .

عـ استنتاج قيمة طاقة الربط في نواة التريسيوم : $E = \Delta m \cdot (931,5)$
 $\Delta E = [3,02461 - 3,0160500] \cdot 931,5 = 7,97 \text{ MeV}$

التمرين 52

في سنة 1934 Irène و Frédéric Joliot Curie حققا أول تفاعل للإندماج بقذف أنوية الألومنيوم 27 بواسطة أنوية الهيليوم 4 ليحصلوا على نظير مشع للفوسفور و نوترون .
 هـ أعط تركيب نواة الألومنيوم و الهيليوم السابقين . بـ اكتب معادلة تفاعل الإندماج .
 جـ علما أن النظير الناتج مشع بإشعاع β حدد العنصرين المشعنين المتشكلين .

الحل 52

أـ التركيب و التمثيل الرمزي لنواة الألومنيوم 27 : رمز نواة الألومنيوم 27 هو $^{27}_{13}\text{Al}$ و رقمه الذري هو : $Z = 13$.
 النواة تتشكل من 27 نوكلونات : 13 بروتون و 14 نوترون . رمز نواة الهيليوم 4 هو ^4_2He و رقمه الذري هو : $Z = 2$.
 النواة تتشكل من 4 نوكلونات : 2 بروتون و 2 نوترون .
 بـ كتابة معادلة تفاعل الإندماج : $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^a_b\text{P} + ^1_0\text{n}$
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $15 = a + 0 \Rightarrow a = 15$
 قانون انحفاظ العدد الكتلي : $31 = b + 1 \Rightarrow b = 30$
 النواة المشكلة هي نواة عنصر الفوسفور $^{30}_{15}\text{P}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$
 جـ علما أن النظير الناتج مشع بإشعاع β . تحديد العنصرين المشعنين المتشكلين .
 $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{16}\text{S} + ^0_{-1}\text{e}$ ، $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^0_1\text{e}$

التمرين 53

الفوسفور 32 عادة يستخدم في الطب . حققته للشخص و بفضل الإشعاع γ الذي يصدره نتاج تقدمه في الجسم . الفوسفور 32 غير مستقر تصنعه بقذف الفوسفور 31 بالنوترونات .
 هـ اكتب معادلة التفاعل التي تسمح بتشكيل الفوسفور 32 ثم اذكر ما نوع التفاعل الحادث .
 بـ اكتب معادلة تفاعل التفكك بإشعاع γ للفوسفور 32 .
 جـ علما أن الفوسفور 32 يتفكك بعد ذلك بإشعاع β^- اكتب معادلة التفكك .

الحل 53

أـ كتابة معادلة التفاعل التي تسمح بتشكيل الفوسفور 32 ثم ذكر نوع التفاعل الحادث : $^{31}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{32}_{15}\text{P}^*$
 نوع التفاعل الحادث : هو تفاعل اندماج .
 بـ كتابة معادلة تفاعل التفكك بإشعاع γ للفوسفور 32 : $^{32}_{15}\text{P}^* \rightarrow ^{32}_{15}\text{P} + \gamma$
 جـ كتابة معادلة تفكك الفوسفور 32 : نواة الفوسفور تخضع لتفكك من نوع β^- إذن فعلا انبعاث الإلكترون يوافق هذا التفكك .
 $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $15 = a - 1 \Rightarrow a = 16$
 قانون انحفاظ العدد الكتلي : $32 = b + 0 \Rightarrow b = 32$
 النواة المشكلة هي نواة عنصر الكبريت 32 : $^{32}_{16}\text{S}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^{32}_{16}\text{S} + ^0_{-1}\text{e}^-$

التمرين 54

نعتبر التفاعل التالي : $^{13}_6\text{C} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{16}_8\text{O} + ^1_0\text{n}$.
 هـ ما طبيعة هذا التفاعل . بـ احسب طاقات الكتلة لذرات الداخلة في التفاعل . جـ استنتج الطاقة المحررة من التفاعل .
 تعطى : $E(\text{C}) = 7,6 \text{ MeV/nucleon}$, $E(\text{O}) = 8,0 \text{ MeV/nucleon}$, $E(\text{He}) = 7,1 \text{ MeV/nucleon}$

الحل 54

أـ طبيعة التفاعل : هو تفاعل اندماج لأن النواة المشكلة أثقل من النواة الأب .
 بـ حساب طاقات الكتلة لذرات الداخلة في التفاعل : طاقة الكتلة هي : $m \cdot c^2$

حيث : $E' + m \cdot c^2 = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2$ حيث E' هي طاقة الربط للنواة .

و منه طاقة الكتلة : $m \cdot c^2 = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2 - E'$.

$$m \cdot c^2 = 6.938,28 + 7.939,57 - 13.7,6 = 12,1 \cdot 10^3 \text{ MeV} \quad : \text{طاقة الكتلة للكربون } 13$$

$$m \cdot c^2 = 2.938,28 + 2.939,57 - 4.7,1 = 3,73 \cdot 10^3 \text{ MeV} \quad : \text{طاقة الكتلة للهيليوم}$$

$m \cdot c^2 = 8.938,28 + 8.939,57 - 16 \cdot 8,0 = 14,9 \cdot 10^3 \text{ MeV}$: طاقة الكتلة للأكسجين 16

$m \cdot c^2 = 939,57 \text{ MeV} : {}^1_0n$ بالنسبة للنيوترون

c- استنتاج الطاقة المحررة من التفاعل : الطاقة المحررة من التفاعل تتعلق بالنقص في الكتلة خلال التفاعل .

$$\Delta m \cdot c^2 = m \cdot c^2 (^{16}_8\text{O}) + m \cdot c^2 (^1_0\text{n}) - m \cdot c^2 (^{13}_6\text{C}) - m \cdot c^2 (^{13}_6\text{C})$$

$\Delta m \cdot c^2 = 13 E(C) + 4 E(He) - 16 E(O)$ حيث E هي طاقة الربط لكل نوكلليون .

التفاعل يحرق إذن $0,80 \text{ MeV}$. $\Delta m \cdot c^2 = 13 \cdot 7,6 + 4 \cdot 7,1 - 16 \cdot 8,0 = -0,80 \text{ MeV}$

التمرین - 55

يتركب اليورانيوم الطبيعي من 0,7 % من اليورانيوم 235 و من 99,3 % من اليورانيوم 238 . هاذين النظيرين قابليين للإشطار . هـ ماهو النظير القابل للإشطار بسهولة ؟ برر إجابتك .

b- في مفاعل نووي ، غالبا ما نستعمل اليورانيوم المخصب . ماذا يعني المصطلح (مخصب) ؟ ما هو الهدف من إخصاب اليورانيوم ؟

عندما تقذف نواة اليورانيوم 235 بواسطة تدفق من النيوترونات ، ينشطر إلى نواتين أخف منها يمكن مثلا أن تتشكل الباريوم 140 و الكريبتون 92 . اكتب معادلة التفاعل .

d- لماذا يحترق هذا التفاعل الطاقة ؟

e- احسب الطاقة المتحررة من 1 g من اليورانيوم 235 علما أن التفاعل ينتج بالقيمة المتوسطة 160 MeV .

الحل - 55

هـ النظير القابل للإشتطار بسهولة هو النظير ذو العدد الكتلي أكبر وهو اليورانيوم ^{238}U . بالفعل حسب منحني أستون ، اليورانيوم ^{238}U له طاقة الربط لكل نوكليون أصغر من اليورانيوم ^{235}U .

b- يعنى المصطلح (مخصب) : اليورانيوم المخصب يحتوى على 3 % من اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$.

الهدف من إخصاب اليورانيوم : و لو أن اليورانيوم ^{238}U أكثر انشطار من اليورانيوم ^{235}U ولكن التفاعل نادرا لأن النوترونات السريعة صعبة التحكم فيها . التفاعل الأسهل حدوث هو انشطار اليورانيوم ^{235}U . ومنه لا بد من إخصاب اليور

بالیورانیوم $^{235}_{92}\text{U}$

مع كتابة معادلة التفاعل : $^1_0n + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{90}_{36}\text{Kr} + ^{142}_{56}\text{Ba} + x\ ^1_0n$

قانوني، انخفاض الشحنة و العدد الكتلي، يسمحان بإيجاد $x = 4$:

د يحرق هذا التفاعل الطاقة لأن طاقة الربط لكل نوكلين للمتعاملات ($^{235}_{92}\text{U}$) أكبر من طاقة الربط لكل نوكلين للنواتج ($^{90}_{36}\text{Kr}$) و ($^{142}_{56}\text{Ba}$).

e- حساب الطاقة المتحررة من 1 g من اليورانيوم 235 : 1 g من اليورانيوم يحتوي على : $N = 1/M_U \cdot N_A$ من الذرات

و منه الطاقة المتحررة من التفاعل : $\Delta E_{\text{reaction}} = (6,02 \cdot 10^{23})/235 \cdot 160 = 4,1 \cdot 10^{23} \text{ MeV}$

النَّصْرِين 56

في الأجواء العليا نلاحظ حدوث التفاعل التالي : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow \dots\dots\dots + ^3_1\text{H}$

a- اكمل المعادلة . b- ما طبيعة هذا التفاعل ؟ c- لماذا هذا التفاعل يمكن حدوثه ؟

الحل - 56

a- اكمال المعادلة : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^3_1\text{H}$

b- طبيعة التفاعل : هو تفاعل انشطاري .

c- هذا التفاعل يمكن حدوثه لأن طاقة الربط لكل نوكليون في نواة الأزوت أقل من طاقة الربط لكل نوكليون في نواة الكربون .

التمرين 57-

$${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{139}_{53}\text{X} + {}^{94}_{39}\text{Z} + b {}^1_0\text{n} \quad \text{: تفاعل انشطار اليورانيوم معادلته}$$

a- ما طبيعة هذا التفاعل . b- حدد قيم a و b ثم حدد X و Z . c- احسب طاقة الربط في نواة اليورانيوم وفي X و Z

١- احسب النقص في الكتلة في هذا التفاعل .

د- احسب الطاقة المتحررة من ذرة واحدة من اليورانيوم . قارن النتيجة مع نتيجة السؤال d . ناقش .

f- احسب الطاقة المتحررة من 1 g من اليورانيوم 235 المستهلك . نعطى : $m(n) = 1,0087 \text{ u}$

كتلة نواة اليورانيوم : 235,044 u . كتلة نواة X : 138,905 u . كتلة نواة Z : 93,906 u .

الحل - 57

- أ- طبيعة التفاعل : هو تفاعل انشطاري . ب- تحديد قيم a و b ثم تحديد X و Z :

$$^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{139}_{53}\text{I} + ^{94}_{39}\text{Y} + 3^1_0\text{n}$$
نستخدم قانوني الإحتفاظ الشحني و الكتلي :
ج- حساب طاقة الربط في نواة اليورانيوم و في I و Y : من التعريف : $E = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2 - m \cdot c^2$
طاقة الربط في نواة اليورانيوم : $E = [92m(p) + (235 - 92)m(n)] \cdot c^2 - m_U \cdot c^2 = 1737 \text{ MeV}$
طاقة الربط في نواة اليود $^{139}_{53}\text{I}$: $E = [53m(p) + (139 - 53)m(n)] \cdot c^2 - m_I \cdot c^2 = 1142 \text{ MeV}$
طاقة الربط في نواة الإيتريوم $^{94}_{39}\text{Y}$: $E = [39m(p) + (94 - 39)m(n)] \cdot c^2 - m_Y \cdot c^2 = 796 \text{ MeV}$
د- حساب النقص في الكتلة في هذا التفاعل : $\Delta m = [m(Y) + m(I) + 3m(n) - m(n) - m(U)] = -0,216 \text{ u}$
و منه : $\Delta m \cdot c^2 = [m(Y) + m(I) + 3m(n) - m(n) - m(U)] \cdot c^2 = -200,9 \text{ MeV}$
إذن الطاقة المتحررة من انشطار ذرة واحدة من اليورانيوم هي في حدود 200 MeV .
هـ- حساب الطاقة المتحررة من ذرة واحدة من اليورانيوم : الطاقة المتحررة تتعلق بالفرق في طاقات الربط :
 $\Delta E = -E(I) - E(Y) + E(U) = 1737 - 1142 - 796 = -201 \text{ MeV}$
و- حساب الطاقة المتحررة من 1 g من اليورانيوم 235 المستهلك 1 g من اليورانيوم يحتوي على : $N = 1/M_U \cdot N_A$ من الذرات و الذرة الواحدة تحرر 201 MeV و منه الطاقة المتحررة من التفاعل :
 $\Delta E = N_A / (M_U) \Delta E_{\text{reaction}} = (6,02 \cdot 10^{23}) / (235,044) \cdot 201 = 5,15 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 8,24 \cdot 10^{10} \text{ J}$

التحريين - 58

- اليولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ عنصر مشع يتفكك بإشعاع α لتشكيل النواة X .
أ- ما تعريف النواة المشعة ؟ ب- نصف عمر اليولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ هو $138,3 \text{ jours}$. عرف المصطلح نصف العمر .
ج- اكتب قانون التناقص الإشعاعي لليولونيوم .
د- احسب النشاط الإشعاعي لعينة من اليولونيوم كتلتها $222,2 \mu\text{g}$. نفرض أن العينة لا تحتوي إلا على اليولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$.
هـ- اكتب معادلة تفكك اليولونيوم . ف- احسب طاقة الربط لنواة اليولونيوم . ج- استنتج طاقة الربط لكل نوكلون .
ز- احسب نقص الكتلة للتفاعل ثم استنتج الطاقة المتحررة من تفكك نواة اليولونيوم . تعطى : $m(\text{Po}) = 210,0482 \text{ u}$
كتلة نواة X : $206,0385 \text{ u}$. كتلة نواة He : $4,0039 \text{ u}$. الرقم الذري نواة Pb : 82 .
الرقم الذري نواة Bi : 83 . الرقم الذري نواة At : 85 . الرقم الذري نواة Rn : 86 .

الحل - 58

- أ- تعريف النواة المشعة : هي نواة غير مستقرة ، تتفكك لتعطي نواة أكثر استقرار .
ب- تعريف نصف العمر : هي المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة .
ج- كتابة قانون التناقص الإشعاعي لليولونيوم : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ و $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.
و منه : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$
د- حساب النشاط الإشعاعي لعينة من اليولونيوم كتلتها $222,2 \mu\text{g}$: من التعريف : $A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N(t)$
 $222,2 \mu\text{g}$ من اليولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ يحتوي على : $N = n \cdot N_A = (m/M_{\text{Po}} \cdot N_A)$ من الذرات و منه :
 $A = \ln 2 / t_{1/2} \cdot m / M_{\text{Po}} \cdot N_A = \ln 2 / (138,3) \cdot (222,2 \cdot 10^{-6}) / (210,0482) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,19 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$
هـ- كتابة معادلة التفاعل النووي لهذا التفكك . نوع التفكك هو : تفكك من نوع α : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^4_2\text{He}$
- قانون انحفاظ الشحنة : $84 = a + 2 \Rightarrow a = 82$
- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $210 = 4 + b \Rightarrow b = 206$
النواة الناتجة هي إذن نواة الرصاص $^{206}_{82}\text{Pb}$ و منه : معادلة التفاعل : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb}$
ف- حساب طاقة الربط لنواة اليولونيوم : من التعريف : $E + m \cdot c^2 = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2$ حيث E هي طاقة الربط للنواة . و منه : $E = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2 - m_{\text{Po}} \cdot c^2 = 1378,9 \text{ MeV}$
ج- استنتاج طاقة الربط لكل نوكلون : $E/\text{nucleon} = 1378,9 / 210 = 6,57 \text{ MeV/nucleon}$
ز- حساب نقص الكتلة للتفاعل ثم استنتاج الطاقة المتحررة من تفكك نواة اليولونيوم :
نقص الكتلة للتفاعل : $\Delta m = [m(\text{He}) + m(\text{Pb}) - m(\text{Po})] = -0,0058 \text{ u}$
- استنتاج الطاقة المتحررة من تفكك نواة اليولونيوم : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -5,40 \text{ MeV}$

التحريين - 59

- التكنيسيوم 97 هو عنصر إصطناعي نصف عمره $26 \cdot 10^5 \text{ ans}$.
أ- نحصل عليه بقذف أنوية المولبدان $^{96}_{42}\text{Mo}$ بواسطة أنوية دوتيريوم ^2_1H .
ب- اكتب معادلة التفاعل و ما طبيعته ؟
ج- احسب النشاط الإشعاعي لعينة من التكنيسيوم تحتوي على $N_0 = 2,0 \cdot 10^{10} \text{ noyaux}$ من Te .

— علما أن نواة التكنسيوم لها طاقة الربط من رتبة 9,0 MeV/nucleon احسب كتلة النواة .

الحل — 59

— كتابة معادلة التفاعل و طبيعته : ${}^{96}_{42}\text{Mo} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{97}_{43}\text{Tc} + {}^A_Z\text{X}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $43 = 43 + Z \Rightarrow Z = 0$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $98 = 97 + A \Rightarrow A = 1$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن نوترون ${}^1_0\text{n}$ ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{96}_{42}\text{Mo} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{97}_{43}\text{Tc} + {}^1_0\text{n}$
 — حساب النشاط الإشعاعي لعينة من التكنسيوم تحتوي على $N_0 = 2,0 \cdot 10^{10}$ ذرة من Tc :

من التعريف : $A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N(t)$. $A(t) = 1,69 \cdot 10^{-4} \text{ Bq}$.

— حساب كتلة النواة : من التعريف : $m \cdot c^2 = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2 - (E \cdot A)$

ومنه : $m = Zm(p) + (A - Z)m(n) - (E \cdot A)/c^2 = 96,8436 \text{ u} = 1,60813 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

التمرين — 60

— احسب الطاقة المتحررة من اندماج : ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

تعطى : E طاقات الربط : $E({}^2_1\text{H}) = 2,2 \text{ MeV}$, $E({}^3_1\text{H}) = 8,4 \text{ MeV}$, $E(\text{He}) = 28,3 \text{ MeV}$

— b مثل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة .

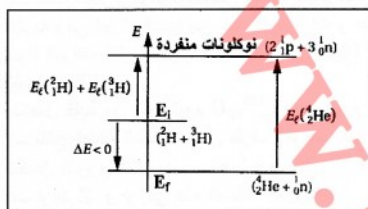
الحل — 60

— حساب الطاقة المتحررة من اندماج : ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

— حيث $\Delta E = E({}^2_1\text{H}) + E({}^3_1\text{H}) - E(\text{He})$ هي طاقة الربط .

— $\Delta E = 2,2 + 8,4 - 28,3 = -17,6 \text{ MeV}$. التفاعل يحرر 0,80 MeV

— b تمثيل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة :



التمرين — 61

نعتبر النوكليدين ${}^{238}_{92}\text{U}$ و ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ من فصيلة اليورانيوم ${}^{238}_{92}\text{U}$

1— اعط تعريف عائلة نووية مشعة .

2— نواة الراديوم ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ مشعة تتحول إلى نواة الرادون Rn باعثة جسيمات α .

— احسب معادلة هذا التفكك .

— b احسب الطاقة الناتجة عن التفكك α لنواة الرادون ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ بـ MeV .

— c اوجد عبارة $E_c(\alpha)$ الطاقة الحركية للدقيقة α المنبعثة خلال التفكك السابق بدلالة $m(\alpha)$ كتلة الجسيمة α و $m(\text{Rn})$ كتلة النواة الابن و ΔE الطاقة الناتجة عن التفكك ، علما أن النواة الأب تبقى في حالة سكون و أن النواة الابن في حالتها الأساسية (غير مثارة) .

— d بين أن $E_c(\text{Rn})$ الطاقة الحركية للنواة الابن تمثل تقريبا 1,8 % من الطاقة التي يحررها التفاعل .

3— تتحول نواة اليورانيوم ${}^{238}_{92}\text{U}$ إلى نواة الرصاص ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ على إثر سلسلة من تفككات تلقائية و متتالية من

نمط α و β حسب المعادلة الحصيلة : ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + x\alpha + y\beta$

— احسب عدد المعاملين x و y .

— b ما هو سبب استقرار نواة الرصاص بالنسبة لنواة اليورانيوم ؟

تعطى : نسبة سرعة α على سرعة Rn تساوي إلى نسبة كتلة Rn على كتلة α : $m_\alpha/v_{\text{Rn}} = m(\text{Rn})/m_\alpha$

$m(\text{Rn}) = 221,970 \text{ u}$, $m(\text{Ra}) = 225,977 \text{ u}$

الحل — 61

1— تعريف عائلة نووية مشعة : تتحول نواة أب غير مستقرة إلى نواة أخرى ابن ، إذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة ، فإنها بدورها تتحول إلى نواة أخرى و هكذا ... إلى أن نحصل على نواة مستقرة و غير مشعة . نسمي مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأب عائلة نووية مشعة .

2— كتابة معادلة تفكك الراديوم : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $88 = 2 + a \Rightarrow a = 86$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $226 = 4 + b \Rightarrow b = 222$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الرادون : ${}^{222}_{86}\text{Rn}$. ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{222}_{86}\text{Rn}$

— b حساب الطاقة الناتجة عن التفكك α لنواة الرادون 226 بـ MeV :

$|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = |[m(\text{Rn}) + m(\alpha) - m(\text{Ra})]| \cdot c^2 = 5,12 \text{ MeV}$

— c إيجاد عبارة $E_c(\alpha)$ الطاقة الحركية للدقيقة α بدلالة $m(\alpha)$: من قانون انحفاظ الطاقة :

- و لكن : $E_c(Ra) = 0$ إذن : $E_c(\alpha) + E_c(Rn) = |\Delta E|$: $m \cdot c^2(Ra) + E_c(Ra) = m \cdot c^2(\alpha) + E_c(\alpha) + m \cdot c^2(Rn) + E_c(Rn)$
- ومنه : $v_{\alpha}/v_{Rn} = m_{(Rn)}/m_{\alpha} \Rightarrow v_{Rn}^2 = (m_{(\alpha)})^2/(m_{(Rn)})^2 \cdot v_{\alpha}^2$ ولدينا : $|\Delta E| = E_c(\alpha) + 1/2 \cdot m_{(Rn)} \cdot v_{Rn}^2$
- ومنه : $|\Delta E| = E_c(\alpha) + m_{\alpha}/m_{(Rn)} \cdot 1/2 \cdot m_{\alpha} \cdot v_{\alpha}^2 = E_c(\alpha) [1 + m_{\alpha}/m_{(Rn)}]$
- ومنه : $E_c(\alpha) = [|\Delta E|] / [1 + m_{\alpha}/m_{(Rn)}]$
- د- أثبت أن $E_c(Rn)$ الطاقة الحركية للنواة الابن تمثل تقريبا 1,8 % من الطاقة التي يحررها التفاعل $|\Delta E|$:
- لدينا : $|\Delta E| \cdot E_c(\alpha) = [|\Delta E|] / [1 + m_{\alpha}/m_{(Rn)}] = 0,980$ لأن : $[1 + m_{\alpha}/m_{(Rn)}] = 0,980$
- ومنه : $|\Delta E| - E_c(Rn) = 0,980 \cdot |\Delta E| \Rightarrow E_c(Rn) = |\Delta E| (1 - 0,980) = 0,02 |\Delta E| = 2 \% |\Delta E|$
- 3- ا- التعرف على الدقيقتين α و β ثم تحديد المعاملين x و y : $^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + x \cdot ^4_2He + y \cdot ^0_{-1}e^-$
- قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ العدد الكتلي : $238 = 206 + 4x \Rightarrow x = 8$
- قانون انحفاظ الشحنة : $92 = 82 + 2x - y \Rightarrow y = 6$
- و منه : معادلة التفاعل : $^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + 8 \cdot ^4_2He + 6 \cdot ^0_{-1}e^-$
- ب- سبب استقرار نواة الرصاص بالنسبة لنواة اليورانيوم : يمكن اعتماد طريقة حسابية بسيطة من خلالها نقارن الإستقرار بين الأنوية وهي اجراء النسبة بين عدد النوترونات و عدد البروتونات N/Z للنواة و كلما كانت قيمة هذه النسبة أصغر كلما كانت النواة الموافقة أكثر استقرار : $N/Z (Pb) = 124/82 = 1,51 < N/Z (U) = 146/92 = 1,58$

التمرين 62

- يستعمل خليط من اليورانيوم $^{235}_{92}U$ و اليورانيوم الخصب $^{238}_{92}U$ كوقود لمفاعل غواصة نووية .
- 1- تنتج الطاقة المستهلكة من طرف الغواصة من انشطار اليورانيوم $^{235}_{92}U$ إثر تصادمها بنوترونات و ذلك حسب معادلة التفاعل النووي التالي : $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{139}_{54}Xe + y \cdot ^1_0n$
- ا- اوجد Y و Z في هذه المعادلة النووية .
- ب- احسب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل .
- ج- مثل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة .
- د- اوجد المدة الزمنية التي يستهلك خلالها كتلة $m = 1 \text{ g}$ من اليورانيوم $^{235}_{92}U$ من طرف المفاعل النووي للغواصة علما أن استطاعته هي 15 MW .
- 2- يمكن للنوترونات المنبعثة عن انشطار اليورانيوم $^{235}_{92}U$ والتي لم تخفف سرعتها أن تحول اليورانيوم الخصب $^{238}_{92}U$ إلى يورانيوم $^{239}_{92}U$ (المشح كذلك) حسب المعادلة التالية : $^{238}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{239}_{92}U$
- بعد دراسة النشاط الإشعاعي لليورانيوم 239 ، نجد أن قيمته تصبح 1/8 قيمته الابتدائية بعد مرور 69 min عن بداية تفككه .
- احسب نصف عمر اليورانيوم 239 . تعطى : $m(^{239}_{92}U) = 239,1344 \text{ u}$; $m(^{94}_{38}Sr) = 93,89451 \text{ u}$; $m(^{139}_{54}Xe) = 138,88917 \text{ u}$

الحل 62

- 1- ا- إيجاد Y و Z في هذه المعادلة النووية : $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{139}_{54}Xe + y \cdot ^1_0n$
- قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $92 = Z + 54 \Rightarrow Z = 38$
- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $236 = 94 + 139 + y \Rightarrow y = 3$
- و منه : معادلة التفاعل : $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{139}_{54}Xe + 3 \cdot ^1_0n$
- ب- حساب الطاقة المحررة بـ MeV من هذا التفاعل : $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$
- $\Delta E = [3m(n) + m(Xe) + m(Sr) - m(n) - m(U)] \cdot c^2$
- $\Delta E = -180 \text{ MeV} = -2,88 \cdot 10^{11} \text{ J}$
- $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = 180 \text{ MeV} = 2,88 \cdot 10^{11} \text{ J}$
- ج- تمثيل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة :
- د- إيجاد المدة الزمنية التي يستهلك خلالها كتلة $m = 1 \text{ g}$ من اليورانيوم $^{235}_{92}U$: $N = (1)/(M_U) \cdot N_A$ من الذرات و منه الطاقة المتحررة من التفاعل :

$$E = N_A / (M_U) \cdot \Delta E = (6,02 \cdot 10^{23}) / (235) \cdot 180 = 4,61 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 7,38 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

- حساب المدة الزمنية Δt : $P = E/\Delta t \Rightarrow \Delta t = E/P = (7,38 \cdot 10^{10}) / (15 \cdot 10^6) = 4,92 \cdot 10^3 \text{ s}$

- 2- حساب نصف عمر اليورانيوم 239 : عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n من أنصاف الأعمار بدلالة العدد

الإبتدائي للأنوية المشعة $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N/N_0 = \exp(-\lambda t) = 1/8$: N_0 :
ومنه : $\ln 8 = \lambda t \Rightarrow t = (\ln 8)/\lambda = (\ln 8) \cdot t_{1/2}/\ln 2 \Rightarrow t_{1/2} = t/3 = 23 \text{ min}$

التمرين 63

تفكك نواة اليورانيوم ^{238}Th لتعطي جسيمة α و نواة الثوريوم Th .

- 1- اكتب معادلة هذا التفاعل النووي .
- 2- خلال هذا التفاعل النووي تكون بعض نوى الثوريوم متولدة في حالة مثارة ، بينما توجد نوى أخرى في حالتها الأساسية ، كما نلاحظ أن فئة من الجسيمات α تنبعث بطاقة حركية $E_{c1}(\alpha) = 4,148 \text{ MeV}$ و فئة أخرى تنبعث بطاقة عظمى $E_{c\max}(\alpha) = 4,195 \text{ MeV}$. نرسم E للطاقة الناتجة عن تفكك نواة واحدة من اليورانيوم ، و نرسم E' للطاقة إثارة نواة الثوريوم المتولدة ، و نرسم $E_c(\alpha)$ للطاقة الحركية للجسيمة α .
- 3- أثبت أن $E_c(\alpha) [1 + (m_\alpha/m_{\text{Th}})] = \Delta E - E'$ حيث $\Delta E - E'$ كتلة الجسيمة α و m_{Th} كتلة نواة الثوريوم المتولدة .
- 4- اعتبر أن نواة اليورانيوم توجد في حالة سكون .
- 5- حدد القيمة Δm لتغير الكتلة الناتج عن هذا التفكك . تعطي : $m_{\text{Th}} = 58,8 \cdot m_\alpha$.
- 6- تعطي : نسبة سرعة α على سرعة Th تساوي إلى نسبة كتلة Th على كتلة α : $v_\alpha/v_{\text{Th}} = m_{\text{Th}}/m_\alpha$.

الحل 63

- 1- كتابة معادلة هذا التفاعل النووي : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He} + \gamma$
- 2- أثبت أن $\Delta E - E' = E_c(\alpha) [1 + (m_\alpha/m_{\text{Th}})]$:
من قانون إنحفاظ الطاقة : $m \cdot c^2(\text{U}) + E_{c(\text{U})} = m \cdot c^2(\alpha) + E_c(\alpha) + m \cdot c^2(\text{Th}) + E_c(\text{Th}) + E'$
ولكن : $E_{c(\text{U})} = 0$ إذن : $E_c(\text{U}) = 0$: $|[m_{\text{Th}} + m_\alpha - m_{\text{U}}] \cdot c^2 = E_c(\alpha) + E_c(\text{Th}) = |\Delta E| - E'$:
ولدينا : $v_\alpha/v_{\text{Th}} = m_{\text{Th}}/m_\alpha \Rightarrow v_{\text{Th}}^2 = (m_\alpha)^2/(m_{\text{Th}})^2 \cdot v_\alpha^2$:
و منه : $|\Delta E| - E' = E_c(\alpha) + m_\alpha/m_{\text{Th}} \cdot 1/2 \cdot m_\alpha \cdot v_\alpha^2 = E_c(\alpha) [1 + m_\alpha/m_{\text{Th}}]$
و منه : $\Delta E - E' = E_c(\alpha) [1 + (m_\alpha/m_{\text{Th}})]$
- 3- تحديد القيمة Δm لتغير الكتلة الناتج عن هذا التفكك : لدينا : عندما تكون الطاقة الحركية لـ α عظمى فإن طاقة الإثارة $E' = 0$.
و عندما تنتج طاقة الإثارة $E' \neq 0$ فإن جزء من الطاقة الحركية لـ α العظمى يتحول إلى طاقة الإثارة E' .
و منه : $E' = E_{c\max}(\alpha) - E_{c1}(\alpha) = 4,195 - 4,148 = 4,7 \cdot 10^{-2} \text{ MeV}$
و منه : $\Delta E = E' + E_c(\alpha) [1 + (m_\alpha/58,8 \cdot m_\alpha)] = 4,7 \cdot 10^{-2} + 4,148 [1 + 1/58,8] = 4,265 \text{ MeV}$
ولدينا : $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ و $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = 4,265 \text{ MeV} \Rightarrow \Delta m = 4,265 \text{ MeV} / c^2$
و منه : $\Delta m = 4,265/931,5 = 4,58 \cdot 10^{-3} \text{ u} = 7,6 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$

التمرين 64

يعطي المخطط الممثل في الشكل المقابل الأنوية الأخيرة من العائلة المشعة لليورانيوم ^{238}U .

- 1- حدد اعتمادا على المخطط ، التمثيل الرمزي للنواتين X و Y .
- 2- اكتب معادلتَي التفكك III و IV .

الحل 64

- 1- التمثيل الرمزي للنواتين X و Y : نلاحظ أن X و Pb لهما نفس قيمة Z ، إذن X نظير لـ Pb و رمز هو $^{210}_{84}\text{Po}$.
نلاحظ أن Y و Po لهما نفس قيمة Z ، إذن Y نظير لـ Po و رمز هو $^{210}_{83}\text{Bi}$.
- 2- كتابة معادلة التفكك III : $^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po} + ^0_{-1}\text{e}^-$.
نوع النشاط الإشعاعي هو β^- .
- 3- كتابة معادلة التفكك IV : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$.
نوع النشاط الإشعاعي هو α .

التمرين 65

يمثل الجدول التالي نتائج سلسلة من القياسات المتتالية للنشاط الإشعاعي للنواة المشعة ^{19}O أحد نظائر عنصر الأوكسجين .

t (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
A (Bq)	1489	1231	1018	843	695	570	475	395	330

1- باستعمال حاسبة ، احسب عند كل لحظة t تغير النشاط الإشعاعي بالنسبة لوحدة الزمن :

$$[\Delta A / \Delta t]_{ii} = [(A_{(ii+1)} - A_{(ii-1)}) / ((t_{ii+1} - t_{ii-1}))]$$

2- مثل المنحنى البياني $[\Delta A / \Delta t]_{ii}$ - بدلالة A .

3- بين أن معادلة المنحنى المحصل عليه تكتب على الشكل التالي : $[\Delta A / \Delta t]_{ii} = -\lambda \cdot A$. ثم اعط القيمة العددية لـ λ وحدتها .

4- تعرف الدالة المشتقة dA/dt بالنسبة للزمن t للنشاط الإشعاعي A بالعلاقة التالية : $dA/dt = \lim [\Delta A / \Delta t]$ عندما $\Delta t \rightarrow 0$. ما العلاقة بين A و دالته المشتقة dA/dt ؟

5- نثبت رياضيا أن كل دالة تتناسب مع دالتها المشتقة (أي أنها تخضع للمعادلة التفاضلية $y' = A \cdot y$) هي عبارة عن دالة أسية و بالتالي فإن العبارة النظرية للنشاط الإشعاعي A يكتب : $A_{th} = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ حيث A_0 ثابت .
 6- ماذا يمثل الثابت A_0 ؟ حدد قيمته و وحدته .

7- باستعمال قيمة λ المحصل عليها في السؤال 2- ، ارسم التمثيل البياني لـ $A_{th}/dt = f(t)$.

8- اعتمادا على النتائج المدونة في الجدول ، ارسم على نفس الشكل السابق المنحنى $A_{exp}(t)$ ثم استنتج مدى صلاحية النموذج المستعمل لتقريب قانون التناقص الإشعاعي : $A_{th} = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.

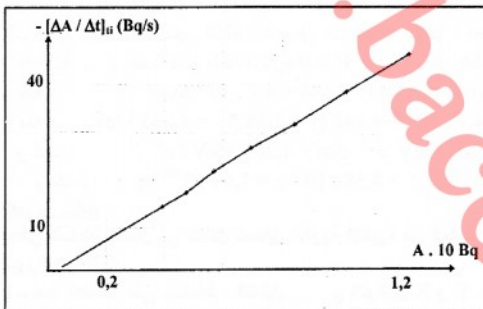
9- اوجد بيتا $t_{1/2}$ نصف عمر نواة الأوكسجين 19 .

10- أثبت العلاقة $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$ ، احسب من جديد $t_{1/2}$ ثم قارن بينها و بين القيمة البيانية .

الحل -65

1- باستعمال حاسبة ، نملأ الجدول السابق :

t (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
A (Bq)	1489	1231	1018	843	695	570	475	395	330
$\Delta A / \Delta t$		- 47	- 39	- 32	- 27	- 22	-17,5	-14,5	



2- تمثيل المنحنى البياني $[\Delta A / \Delta t]_{ii}$ - بدلالة A : انظر الشكل .

3- المنحنى المحصل عليه مستقيم مائل يمر من المبدأ

معامل تجميعه هو λ إذن فالدالة $f(A) = [\Delta A / \Delta t]$ -

خطية تكتب على الشكل التالي $[\Delta A / \Delta t] = -\lambda \cdot A$.

و نحسب القيمة العددية لـ λ و وحدتها من ميل

المستقيم : $\lambda = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$

4- العلاقة بين A و دالته المشتقة dA/dt : نعرف

الدالة المشتقة dA/dt بالنسبة للزمن t للنشاط الإشعاعي

A بالعلاقة التالية :

$dA/dt = \lim [\Delta A / \Delta t]$ عندما $\Delta t \rightarrow 0$ أي

أن : $dA/dt = -\lambda \cdot A$.

5- نثبت رياضيا أن كل دالة تتناسب مع دالتها المشتقة (أي أنها تخضع للمعادلة التفاضلية $y' = A \cdot y$) هي عبارة عن دالة أسية و بالتالي فإن العبارة النظرية للنشاط الإشعاعي A يكتب : $A_{th} = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ حيث A_0 ثابت .

6- الثابت A_0 يمثل النشاط الإشعاعي A عند $t = 0$ أي النشاط الإشعاعي الابتدائي . قيمته و وحدتها نستخرجها من الجدول :
 $A_0 = 1489 \text{ Bq}$

7- رسم التمثيل البياني لـ $A_{th}/dt = f(t)$: باستعمال قيمة λ المحصل عليها في السؤال 2- : $A_{th} = 1489 \cdot \exp(-\lambda t)$ نعوض عن قيم t الموجودة في الجدول السابق في هذه العلاقة و نملأ جدولا نعتبره ممثلا للقيم النظرية ثم نمثل الدالة :

$A_{th} = f(t)$.

8- نرسم على نفس الشكل السابق المنحنى $A_{exp}(t)$ اعتمادا على النتائج المدونة في الجدول فنحصل على منحنى مطابق تقريبا للمنحنى السابق $A_{th} = f(t)$ و منه نستنتج أن النموذج البرازيلي المستعمل لتقريب قانون النشاط الإشعاعي :

$A_{th} = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ صالح و يوافق النتائج التجريبية .

9- ايجاد بيتا $t_{1/2}$ ، نصف عمر نواة الأوكسجين 19 : المدة الزمنية التي يتناقص فيها النشاط الإشعاعي إلى النصف :
 $A(t_{1/2}) = A_0/2 = 744 \text{ Bq}$. $t_{1/2}$ هي فاصلة النقطة من المنحنى التي ترتيها 744 Bq .

10- اثبات العلاقة $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$: $A(t_{1/2}) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) \Rightarrow A(t_{1/2}) = A_0/2 \Rightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2 \Rightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Rightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

من التعريف : $A_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = A_0/2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2$ إذن $A(t_{1/2}) = A_0/2$
 $\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$
 — حساب من جديد $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,69 / (3,8 \cdot 10^{-2}) = 18 \text{ s}$
 — المقارنة : قيمة $t_{1/2}$ النظرية تساوي بالتقريب القيمة التجريبية و السبب يرجع إلى إخطاء التجربة المختلفة .

التمرين — 66

- نصف عمر البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ هو 138 jours ، يعطي نواة إين من الرصاص $^{206}_{82}\text{Pb}$ باعثة جسيمات α .
 1— اكتب معادلة هذا التفاعل التلقائي . 2— احسب ثابت النشاط الإشعاعي λ .
 3— نشاط عينة من البولونيوم 210 ، عند اللحظة $t = 0$ هو : $A_0 = 10^{10} \text{ Bq}$ ، احسب N_0 عدد أنوية البولونيوم 210 الموجودة في العينة .
 4— ما المدة الزمنية اللازمة ليصبح نشاط العينة $A_0/4$ ؟ 5— اعط العلاقة بين A_0 و $A(t)$ النشاط الإشعاعي عند اللحظة t .
 عبر عن التناقص النسبي للنشاط $r = (A_0 - A(t))/A_0$ بدلالة $t_{1/2}$ و t . احسب r عند $t = 1 \text{ jours}$ ؟

الحل — 66

- 1— كتابة معادلة هذا التفاعل التلقائي : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb}$
 2— حساب ثابت النشاط الإشعاعي λ : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,69 / (138 \cdot 24 \cdot 3600) = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
 3— حساب N_0 عدد أنوية البولونيوم 210 الموجودة في العينة : $N_0 = A_0 / \lambda = 1,72 \cdot 10^{18} \text{ noyaux}$
 4— المدة الزمنية اللازمة ليصبح النشاط الإشعاعي للعينة $A_0/4$: $A_0/4 = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow t = 276 \text{ jours}$ ومنه :
 5— التعبير عن التناقص النسبي للنشاط الإشعاعي $r = (A_0 - A(t))/A_0$ بدلالة $t_{1/2}$ و t . احسب r عند $t = 1 \text{ jours}$ ؟
 $r = (A_0 - A(t))/A_0 = [A_0 - A_0 \cdot \exp(-\lambda t)]/A_0 \Rightarrow r = 1 - \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) = 1 - 2^{-t/t_{1/2}}$
 عند $t = 1 \text{ jours}$ فإن $r = 0,5 \%$.

التمرين — 67

- وضعا عينة من الراديوم 226 النقي ، كتلتها 1 g بدور يساوي إلى 1590 ans في حيز فارغ ، عند $t = 0$.
 1— احسب النشاط الإشعاعي لهذه العينة ثم بين أنه يمكن إعتباره ثابت خلال مدة زمنية صغيرة أمام نصف عمر الراديوم .
 2— يتفكك الراديوم 226 إلى رادون 222 ، علما أن الرادون نفسه مشع و دوره 3,8 jours ، قارن النشاط الإشعاعي للراديوم و الرادون عند التوازن الإشعاعي .
 3— أثبت أن النسبة N_{Ra} / N_{Rn} ثابتة عندما يتحقق التوازن الإشعاعي . 4— ما هي كتلة الرادون عندئذ ؟
 5— من بين العناصر التالية : هـ عمر النواة ، بـ العدد الابتدائي للنواة N_0 ، جـ درجة الحرارة ، دـ طبيعة النواة ما هو العنصر الذي يرتبط به نصف العمر ؟

الحل — 67

- 1— حساب النشاط الإشعاعي لهذه العينة : $A_0 = \lambda \cdot N_0 = \ln 2 / t_{1/2} \cdot (m/M \cdot N_A) = 3,62 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
 — اثبات أنه يمكن إعتباره ثابت خلال مدة زمنية صغيرة أمام نصف عمر الراديوم : لدينا : $A = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ ومنه : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ ولدينا : $-\lambda t = -\ln 2 / t_{1/2} \cdot t$. إذا كان $t < t_{1/2}$ فإن $-\lambda t$ يبقى قريب من الصفر 0 ومنه $\exp(-\lambda t)$ يبقى قريب من 1 ، ومنه $A(t)$ يبقى قريب من A_0 . أي يمكن إعتبار النشاط الإشعاعي ثابت .
 2— مقارنة النشاط الإشعاعي للراديوم و الرادون عند التوازن الإشعاعي : يحدث ن عندما يكون عدد الأنوية Rn المكونة في كل ثانية من تفكك الراديوم مساويا إلى عدد الأنوية Rn التي تتفكك في كل ثانية من تفكك الرادون Rn .
 — عدد الأنوية Rn المكونة في كل ثانية من تفكك الراديوم يساوي إلى النشاط الإشعاعي للراديوم .
 — عدد الأنوية Rn التي تتفكك في كل ثانية يساوي إلى النشاط الإشعاعي للرادون . ومنه : $A_{Ra} = A_{Rn}$
 3— اثبات أن النسبة N_{Ra} / N_{Rn} ثابتة : يتحقق التوازن الإشعاعي عندما يساوى عدد التفككات (سرعة التفكك) لكل من الراديوم و الرادون : $\lambda_{Ra} \cdot N_{Ra} = \lambda_{Rn} \cdot N_{Rn}$. ومنه : $N_{Ra} / N_{Rn} = \lambda_{Rn} / \lambda_{Ra} = \text{Cte}$
 4— حساب كتلة الرادون عندما يتحقق التوازن الإشعاعي :
 $\lambda_{Ra} \cdot N_{Ra} = \lambda_{Rn} \cdot N_{Rn} \Rightarrow N_{Ra} / N_{Rn} = \lambda_{Rn} / \lambda_{Ra} \Rightarrow (m/M \cdot N_A)_{Ra} / (m/M \cdot N_A)_{Rn} = t_{1/2Ra} / t_{1/2Rn}$
 ومنه : $m_{Rn} = M_{Rn} / M_{Ra} \cdot t_{1/2Rn} / t_{1/2Ra} \cdot m_{Ra} = (222/226) \cdot (3,8 / 1590 \cdot 365) \cdot 1 = 6,43 \cdot 10^{-6} \text{ g}$
 5— العنصر الذي يرتبط به نصف العمر هو : دـ طبيعة النواة أي لكل نواة نصف عمر خاص بها .

التمرين — 68

عينة كتلتها 1 g من مزيج معدني للفاناديوم يحتوي على أنوية مستقرة و أنوية $^{52}_{23}\text{V}$ باعثة لـ β^- . الفاناديوم 52 يتحول إلى كروم 52 المستقر . إذن النشاط الإشعاعي للمزيج المعدني راجع للفاناديوم 52 . عند اللحظة $t = 0$ ، المزيج لا يحتوي

- على الكروم . النشاط الإشعاعي للعينة من المزيج عندها هي $A_0 = 7,3 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$. عند اللحظة $t = 200 \text{ min}$ أصبح يساوي إلى $A = 30 \text{ Bq}$.
- 1- أوجد ثابت النشاط الإشعاعي للفاناديوم 52 وكذا دوره الإشعاعي .
 - 2- ما هي النسبة المئوية الكتلية للفاناديوم 52 في المزيج المعدني عند اللحظة $t = 0$ ؟
 - 3- ما هي النسبة المئوية الكتلية للفاناديوم 52 والكروم 52 في المزيج بعد $t = 200 \text{ min}$.

الحل - 68 حل مختصر

- 1- ثابت النشاط الإشعاعي للفاناديوم 52 ودوره : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 220 \text{ s}$ ، $\lambda = -1/t \cdot \ln A/A_0 = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ،
 - 2- النسبة المئوية الكتلية للفاناديوم 52 في المزيج المعدني عند اللحظة $t = 0$: كتلة الفاناديوم عند $t = 0$: $A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow m_0 = N_0 \cdot 52 / N_A = A_0 / \lambda \cdot 52 / N_A = 0,02 \text{ g} = 2\%$
 - 3- النسبة المئوية الكتلية للفاناديوم 52 في المزيج بعد $t = 200 \text{ min}$: $m = N \cdot 52 / N_A = A / \lambda \cdot 52 / N_A = 8,2 \cdot 10^{-19} \text{ g} \approx 0$
- النسبة المئوية الكتلية للكروم 52 : النسبة المئوية الكتلية للكروم 52 تساوي إلى النسبة المئوية الكتلية للفاناديوم 52 في المزيج المعدني عند اللحظة $t = 0$ لأن الفاناديوم تختفي كلية متحولة إلى كروم .

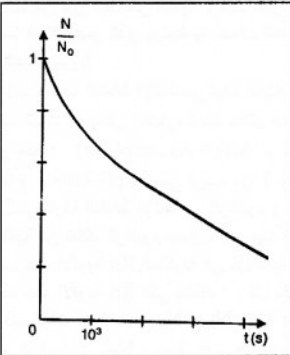
التمرين - 69

- الصوديوم 24 نمطه الإشعاعي β^- دوره $T = 15 \text{ h}$. نقوم بتحقيق في دم شخص $V = 10 \text{ cm}^3$ من عينة من محلول يحتوي ابتدائيا على الصوديوم $^{24}_{11}\text{Na}$ تركيزه المولي $C = 10^{-3} \text{ mol/L}$.
- 1- أوجد كمية المادة للصوديوم 24 التي أدخلناها في الدم .
 - 2- ما هو النشاط الإشعاعي للشخص ؟
 - 3- اكتب العبارة التي تعطي ، بدلالة الزمن ، عدد أنوية الصوديوم .
 - 4- استنتج عدد مولات الصوديوم 24 المتبقية خلال 6 h .
 - 5- خلال 6 h نأخذ 10 cm^3 من دم هذا الشخص فنجد فيه $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$ من الصوديوم 24 . بفرض أن الصوديوم يتوزع بشكل منتظم في دم الشخص ، اوجد الحجم الكلي للدم في جسم الشخص .

الحل - 69 حل مختصر

- 1- كمية المادة للصوديوم 24 التي أدخلناها في الدم : $n = C \cdot V = 10^{-5} \text{ mol}$.
- 2- النشاط الإشعاعي للشخص : $A = \lambda \cdot N = \ln 2 / T \cdot n \cdot N_A = 7,71 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$
- 3- كتابة العبارة التي تعطي ، بدلالة الزمن ، عدد أنوية الصوديوم 24 : $n(t) = n_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.
- 4- استنتاج عدد مولات الصوديوم 24 المتبقية خلال 6 h : $n(t) = n_0 \cdot \exp(-\lambda t) = 7,58 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$
- 5- إيجاد الحجم الكلي للدم في جسم الشخص : $V = 5 \text{ L}$

التمرين - 70



- ليكن لدينا نوكليد مستقر غير مشع $^{35}_{17}\text{Cl}$. نقذف هذه العينة من هذا النوكليد بالنيوترونات فيشكل نوكليد آخر مشع $^{36}_{17}\text{Cl}$. دراسة عينة من هذا النوكليد المشع أعطى المنحنى التالي حيث N_0 يمثل عدد الأنوية $^{36}_{17}\text{Cl}$ المشعة عند اللحظة $t = 0$ و N يمثل عدد الأنوية $^{36}_{17}\text{Cl}$ عند اللحظة t .
- 1- انطلاقا من هذا المنحنى ، حدد نصف عمر النوكليد $^{36}_{17}\text{Cl}$.
 - 2- أوجد المدة التي من أجلها : $N/N_0 = 1/16$.
 - 3- تعرف على النوكليد $^{36}_{17}\text{Cl}$ فيما يلي :
 - 4- حسب المنحنى ، هل يمكن التعرف على نمط إشعاع $^{36}_{17}\text{Cl}$.

- 3- استنتاج التفاعل النووي الذي يسمح بإنتاج $^{36}_{17}\text{Cl}$: $^{35}_{17}\text{Cl} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{36}_{17}\text{Cl} + \gamma$.

الحل - 70 حل مختصر

- 1- انطلاقا من هذا المنحنى ، نحدد نصف عمر النوكليد الناتج $^{36}_{17}\text{Cl}$: $t_{1/2} = 2250 \text{ s}$
- 2- المدة التي من أجلها $N/N_0 = 1/16$: $t = 9000 \text{ s}$
- 3- التعرف على النوكليد $^{36}_{17}\text{Cl}$: $^{36}_{17}\text{Cl}$ ($t_{1/2} = 2240 \text{ s}$)
- 4- حسب المنحنى ، لا يمكن التعرف على نمط إشعاع $^{36}_{17}\text{Cl}$. لأن كل الأنماط تعطي نفس المظهر .

التمرين - 71

- 1- تفاعلات الاندماج موجودة في الحالة الطبيعية : - نعم ، لا .
- 2- طاقة الربط لكل نوكليد تكون هي الأكبر في نواد : -a الهيليوم 4 ، -b الحديد 56 ، -c اليورانيوم 235 .

3- تفاعل الإشطار ينتج عدد من نوترونات أقل مما يستهلك منها : - نعم ، لا

4- MeV هي وحدة قياس : - النشاط الإشعاعي ، - الكتلة ، - الطاقة .

5- طاقة الربط لكل نوكلون هي بالضبط نفسها بالنسبة لجميع نظائر نفس العنصر : - نعم ، لا .

الحل -71-

1- تفاعلات الاندماج موجودة في الحالة الطبيعية : - نعم : في لب النجوم مثلا .

2- طاقة الربط لكل نوكلون تكون هي الأكبر في نواة : - الحديد 56 .

3- تفاعل الإشطار ينتج عدد من نوترونات أقل مما يستهلك منها : - لا .

4- MeV هي وحدة قياس : - الطاقة . MeV/c^2 هي التي هي وحدة قياس الكتلة .

5- طاقة الربط لكل نوكلون هي بالضبط نفسها بالنسبة لجميع نظائر نفس العنصر : - لا .

التمرين -72-

نظير الرادون $^{211}_{86}\text{Rn}$ يتفكك بإشعاع α إلى نظير بولونيوم .

1- اعط نص قوانين الإحتفاظ ثم استنتج معادلة تفكك الرادون 211

2- عبر بـ MeV ثم بالجلول عن الطاقة المتحررة بتفكك ذرة واحدة من الرادون .

3- التجربة تبين أن الطاقة الحركية الكلية للجسيمات المنبعثة يمكن أن تأخذ ثلاثة قيم مختلفة :

5,96 MeV ، 5,89 MeV و 5,72 MeV . كيف تفسر هذه النتائج ؟

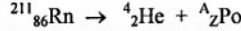
تعطى : - النواة $^{211}_{86}\text{Rn}$ كتلتها $m_{\text{Rn}} = 210,9906 \text{ u}$. - النواة ^4_2He كتلتها $m_{\text{He}} = 4,0026 \text{ u}$.

- نواة البولونيوم كتلتها $m_{\text{Po}} = 206,9816 \text{ u}$.

الحل -72-

1- نصوص قوانين الإحتفاظ : خلال تفاعل نووي هناك انحفاظ للعدد الشحني و العدد الكتلي .

- استنتاج معادلة تفكك الرادون 211 : الرادون يتفكك باعثة نواة الهيليوم . فهو يخضع لتفكك من نوع α حسب المعادلة :



قوانين الإحتفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $86 = 2 + Z \Rightarrow Z = 84$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $211 = 4 + A \Rightarrow A = 207$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر البولونيوم . ومنه : معادلة التفاعل : $^{211}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{207}_{84}\text{Po}$

2- التعبير بـ MeV ثم بالجلول عن الطاقة المتحررة بتفكك ذرة واحدة من الرادون :

نقص الكتلة Δm : نقص الكتلة خلال التفاعل يكتب على الشكل : $\Delta m = m(\text{Po}) + m(\text{He}) - m(\text{Rn})$

$$\Delta m = (206,9816 + 4,0026 - 210,9906) = -0,0064 \text{ u}$$

2- الطاقة المتحررة بـ MeV : $\Delta E = |\Delta m| \cdot c^2 = 0,0064 \cdot 931,5 = 5,96 \text{ MeV}$

$$\Delta E = 5,96 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6 = 9,54 \cdot 10^{-13} \text{ J} \quad \text{ومنه :}$$

3- تفسير النتائج : الطاقة المحررة من التفاعل تتحول إلى الطاقة الحركية للجسيمات المنبعثة أو إلى طاقة الإثارة للنواة الابن الناتجة . و من خلال النتيجة : 5,96 MeV نستنتج أن كل الطاقة المحررة تحولت إلى الطاقة الحركية الكلية للجسيمات المنبعثة .

التمرين -73-

الجزء A

تتكون الشمس بشكل أساسي من الهيدروجين و الهيليوم . قلب الشمس هو محل لعدة تفاعلات إندماج و نجد فيه عدة نظائر للهيدروجين و الهيليوم .

تعطى : $m(\text{hélium } 3) = 3,0184 \text{ u}$; $m(\text{hélium } 4) = 4,00151 \text{ u}$; $m(\text{hédrogène } 3) = 1,00728 \text{ u}$

a- عبر ثم حدد نقص الكتلة لنواة الهيليوم 3 . - استنتج طاقة الربط للهيليوم 3 .

c- حدد طاقة الربط للهيليوم 4 . - استنتج النواة الأكثر إستقرارا .

الجزء B

في مركز الشمس ، تندمج نواتين للهيليوم 3 لتشكّل نواة الهيليوم 4 و الهيدروجين .

a- اكتب معادلة التفاعل الحادث . - حدد الضياع في الكتلة للتفاعل Δm ، معبر عنها بوحدة الكتل الذرية u .

c- اعط نص علاقة التكافؤ (كتلة - طاقة) خلال التفاعل النووي .

d- استنتج الطاقة المحررة من التفاعل . اعط النتيجة بالإلكترون فولط eV .

e- ما هي الطاقة التي نحصل عليها عندما تتفاعل كتلة من الهيليوم 3 قيمتها $m = 1,0 \text{ tonne}$ ؟ اعط النتيجة بالجلول .

نعتبر أن الكتلة المولية للهيليوم 3 هي $M_{\text{He}} = 3,0 \text{ g/mol}$.

الحل -73-

الجزء A

ب- نقص الكتلة لنواة الهيليوم 3 : نقص الكتلة لنواة الهيليوم يكتب على الشكل : $\Delta m = 2 m(p) + m(n) - m(He)$

و منه : $\Delta m = 2 (1,007276) + (1,00865) - (3,0184) = 4,817 \cdot 10^{-3} u$

ب- استنتاج طاقة الربط للهيليوم 3 : $E = \Delta m \cdot c^2 = 4,817 \cdot 10^{-3} \cdot 931,5 = 4,49 \text{ MeV}$

ج- تحديد طاقة الربط للهيليوم 4 : نقص الكتلة لنواة الهيليوم 4 يكتب على الشكل : $\Delta m' = 2 m(p) + 2 m(n) - m(He)$

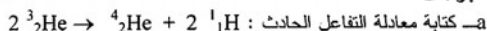
و منه : $E' = \Delta m \cdot c^2$ و $E' = 2 m(p) + 2 m(n) - m(He)$

$E' = 2 (938,28) + 2 (939,27) - (4,00151 \cdot 931,50) = 28,3 \text{ MeV}$

د- استنتاج النواة الأكثر إستقراراً : هي التي طاقة الربط لكل نوكليون أكبر أي : $E/\text{nucleon} = 1,50 \text{ MeV} / \text{nucleon}$

و $E'/\text{nucleon} = 7,07 \text{ MeV} / \text{nucleon}$ و منه نواة الهيليوم 4 هي الأكثر إستقراراً .

الجزء B



ب- تحديد الضياع في الكتلة للتفاعل Δm : $\Delta m = m(He 4) + 2 m(H) - 2 m(He 3)$

$\Delta m = 4,00151 + 2(1,00728) - 2(3,0184) = -0,02073 u$

ج- نص علاقة التكافؤ (كتلة - طاقة) خلال التفاعل النووي : خلال التفاعل النووي ، عندما يحدث نقص في الكتلة Δm ، يحدث تغير في طاقة الجزمة ΔE بحيث : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ حيث c هي سرعة الضوء في الخلاء .

د- استنتاج الطاقة المحررة من التفاعل : $| \Delta E | = | \Delta m | \cdot c^2 = 0,02073 \cdot 931,5 = 19,31 \text{ MeV}$

هـ- الطاقة التي تتحصل عليها عندما تتفاعل كتلة من الهيليوم 3 قيمتها 3 tonnes في الهيليوم 4 : $m = 1,0 \text{ tonne}$ الطاقة المتحررة عند اندماج نواتين من الهيليوم 3 هي : $19,31 \text{ MeV}$ في $m = 1,0 \text{ tonnes}$ من الهيليوم 3 يوجد N نواة بحيث :

$N = n \cdot N_A = m/M \cdot N_A = 2,00 \cdot 10^{29} \text{ noyaux}$ الـ N نواة تخضع لـ $N/2$ اندماج ، إذن تحرر طاقة كلية :

$E_T = N/2 \cdot E = 1,94 \cdot 10^{30} \text{ MeV}$ و منه : $E_T = 3,10 \cdot 10^{17} \text{ J}$ ، $1,6022 \cdot 10^{-19} \cdot 1,94 \cdot 10^{30} = 3,10 \cdot 10^{17} \text{ J}$

التمرين 74

Frédéric Joliot Curie و Irène حققا التفاعل الأول للإندماج في المختبر . يقذف أنوية الألومنيوم 27 بجسيمات α حصلوا على جسيمات : أحدهما نظير مشع للفوسفور و الثانية نوترون . يعطى الجدول التالي :

الرمز	Al	P
الإسم	الألومنيوم	الفوسفور
الرقم الذري	13	15

كتلة نواة الألومنيوم 27 : $26,9885386 u$. كتلة نواة الفوسفور : $29,978313 u$. كتلة نواة الهيليوم : $4,00151 u$.

أ- اعط التركيب و التمثيل الرمزي لنواة الألومنيوم 27 . ب- اعط نص علاقة التكافؤ (كتلة - طاقة) .

ج- حدد طاقة الكتلة لنواة الألومنيوم معبراً عنها بـ MeV . د- اعط التمثيل الرمزي للجسيمة α .

هـ- اعط مفهوم المصطلح (الإندماج النووي) .

و- اكتب معادلة التفاعل النووي المحقق من قبل Irène و Frédéric Joliot Curie مبرزاً قوانين الإحفاظ المستعملة .

ز- اوجد الطاقة المحررة E خلال التفاعل . هل هذا التفاعل مهما من الناحية الطاقوية .

الحل 74

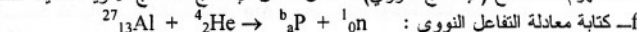
أ- التركيب و التمثيل الرمزي لنواة الألومنيوم 27 : رمز نواة الألومنيوم 27 هو ${}^{27}_{13}\text{Al}$ و رقمه الذري هو : $Z = 13$. النواة تتشكل من 27 نوكليونات : 13 بروتون و 14 نوترون .

ب- نص علاقة التكافؤ (كتلة - طاقة) : الكتلة m (kg) ، والطاقة الجزمة E (j) لجملة ، تربطهما العلاقة : $E = m \cdot c^2$ حيث c (m/s) هي سرعة الضوء في الخلاء .

ج- تحديد طاقة الكتلة لنواة الألومنيوم معبراً عنها بـ MeV : $\text{MeV} : 25,14 \cdot 10^3 = 26,9885386 \cdot 931,5 = 25,14 \cdot 10^3 \text{ MeV}$.

د- التمثيل الرمزي للجسيمة α : هي نواة الهيليوم ، تتكون من 2 بروتون و 2 نوترون . تمثيلها الرمزي : ${}^4_2\text{He}$.

هـ- مفهوم المصطلح (الإندماج النووي) : خلال تفاعل الإندماج ، تندمج الأنوية الخفيفة لتشكل أنوية أثقل .



ز- قانون الإحفاظ تسمح بكتابة : - قانون الحفاظ الشحنة : $15 = a + 0 \Rightarrow a = 15$

- قانون الحفاظ العدد الكتلي : $31 = b + 1 \Rightarrow b = 30$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الفوسفور 30 : ${}^{30}_{15}\text{P}$. و منه : معادلة التفاعل : ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$

ح- الطاقة المحررة E خلال التفاعل : خلال التفاعل النووي ، عندما يحدث نقص في الكتلة Δm ، يحدث تغير في طاقة الجزمة

ΔE بحيث : $\Delta E = | \Delta m | \cdot c^2$ حيث c هي سرعة الضوء في الخلاء

$\Delta m = m(P) + m(n) - m(Al) - m(He)$ $\Delta m = 29,978313 + 1,008665 - 26,9885386 - 4,00151 = -3,0706 \cdot 10^{-3} u$

و منه الطاقة المحررة من التفاعل : $2,86 \text{ MeV} = 931,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,0706 \cdot c^2 = |\Delta E| = |\Delta m|$.
هذا التفاعل مهما من الناحية الطاقوية لأنه يحرر طاقة مهمة دون استخدام أنوية ثقيلة .

التمرين 75

البلوتونيوم 239 هي نواة قابلة للإشطار ، يستعمل في بعض الأحيان كوقود في المصحات النووية . عندما نقذف نواة البلوتونيوم 239 بنوترونات بطيئة ، تتشكل نواتي إين و نوترونات . هذا ما يسبب تفاعل تسلسلي لأنها بإمكاننا من جديد قذف أنوية البلوتونيوم . تعطى كتل الأنوية :
كتلة نواة البلوتونيوم 239 : $239,053 \text{ u}$. كتلة نواة المولبدان : $101,910 \text{ u}$. كتلة نواة X : $134,917 \text{ u}$.
يعطى الجدول التالي :

بلوتونيوم	اليود	تيلور	أنثيموان	etaoin	موليبدان	الإسم
Pe	I	Te	Sb	Sn	Mo	الرمز
94	53	52	51	50	42	الرقم الذري

الأنوية إين المتشكلة عديدة يمكن أن يتشكل مثلا المولبدان 102 ، نواة X و ثلاث نوترونات .
a- اعط نصوص قوانين الإحفاظ . b- اعط مفهوم المصطلح (الإشطار النووي) .
c- لماذا نستعمل نوترونات بطيئة لقذف أنوية البلوتونيوم ؟
d- اكتب معادلة تفاعل الإشطار . ما هو اسم النواة X ؟
e- عبر عن نقص الكتلة Δm للتفاعل . احسب النقص في الكتلة بـ u ثم بـ MeV/c^2 .
f- استنتج الطاقة المتحررة من التفاعل .
g- ما هي الطاقة المقدرة بالجول التي يمكن الحصول عليها باستعمال $1,0 \text{ kg}$ من البلوتونيوم ؟ نفرض أن العينة تحتوي فقط على أنوية البلوتونيوم 239 و أن الكتلة المولية للبلوتونيوم 239 هي : $M_{Pu} = 239,0 \text{ g/mol}$.

الحل 75

a- نصوص قوانين الإحفاظ : خلال تفاعل نووي هناك انحفاظ للعدد الشحني و العدد الكتلي .
b- مفهوم المصطلح (الإشطار النووي) : خلال تفاعل الإشطار النووي ، تقذف الأنوية الثقيلة بقذيفة (نوترون بطيء) فيحدث انشطار حيث تتشكل نواتين أخف منها و عدة نوترونات .
c- نستعمل نوترونات بطيئة (2 km/s) لقذف أنوية البلوتونيوم : النوترون ليس مشحون فلا يوجد تجاذب أو تنافر بينه و بين النواة حيث يمكن أن يقترب منها بسهولة . النوترون حساس للقوى النووية التي تجعل النواة متماسكة فهو إذن تجذبه النواة .
d- كتابة معادلة تفاعل الإشطار : $^{239}_{94}\text{Pu} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{102}_{42}\text{Mo} + ^a_b\text{X} + 3^1_0\text{n}$
قوانين الإحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $94 = 42 + a \Rightarrow a = 52$
- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $240 = b + 105 \Rightarrow b = 135$
النواة المتشكلة هي نواة التيلور $^{135}_{52}\text{Te}$ و منه معادلة التفاعل : $^{239}_{94}\text{Pu} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{102}_{42}\text{Mo} + ^{135}_{52}\text{Te} + 3^1_0\text{n}$
e- عبارة نقص الكتلة Δm للتفاعل : $\Delta m = m(\text{Mo}) + m(\text{I}) + 3 m(\text{n}) - m(\text{Pu}) - m(\text{n})$
 $\Delta m = m(\text{Mo}) + m(\text{I}) + 2 m(\text{n}) - m(\text{Pu})$
 $\Delta m = 101,910 + 134,917 + 2 \cdot 1,008665 - 239,053 = -0,208670 \text{ u} = -194,376 \text{ MeV/c}^2$
f- استنتاج الطاقة المتحررة من التفاعل : $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = 194,376 \text{ MeV}$.
g- الطاقة التي يمكن الحصول عليها باستعمال $1,0 \text{ kg}$ من البلوتونيوم : في $m = 1,0 \text{ kg}$ من البلوتونيوم يوجد N نواة يمكن أن تنشط بحيث : $N \cdot E_T = n \cdot N_A \cdot m/M \cdot N_A = m/M \cdot N_A \cdot E$.
 $E_T = N \cdot E$.
 $E_T = m/M \cdot N_A \cdot E = 7,834 \cdot 10^{13} \text{ J}$

التمرين 76

صحيح أم خطأ

- الرمز ^A_ZX مستعمل لتمثيل نواة عنصر كيميائي حيث Z يوافق العدد الكتلي .
- ثلاث قوانين ضرورية لإستنتاج معادلة التفكك . 3- الإشعاع α يخص غالبا العناصر الثقيلة .
- خلال التفكك β^- الإلكترون المنبعث يأتي من السحابة الإلكترونية للنواة التي تتفكك .
- خلال التفكك النووي الإستقرار العكسي γ ناتج من النواة الأب . 6- النشاط الإشعاعي المنبع تقاس بـ min^{-1} .
- الكربون 14 يسمح بتأريخ الأجسام ما قبل التاريخ .

الحل 76

أ- خطأ : الرمز ^A_ZX مستعمل لتمثيل نواة عنصر كيميائي و لكن Z يوافق العدد الشحني أو عدد البروتونات .

2- خطأ : قانونين فقط كافية (قانون انحفاظ الشحنة ، قانون انحفاظ العدد الكتلي) لإستنتاج معادلة التفكك .

3- صحيح : الإشعاع α يخص غالبا العناصر الثقيلة وخاصة العناصر $A > 200$.

4- خطأ : خلال التفكك β^- الإلكترون المنبعث يأتي من نوترون النواة : ${}^1_0n \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^1_1p$.

5- خطأ : خلال التفكك النووي ، الإستقرار العكسي γ ناتج من النواة الإبن التي لها فائض في الطاقة .

6- خطأ : النشاط الإشعاعي للمنبع تقاس بـ Bq (1 Bq يمثل تفكك واحد خلال 1 s) .

7- صحيح : الكربون 14 يسمح بتأريخ الأجسام ما قبل التاريخ .

التمرين 77

1- اذكر القوانين المستعملة لتشكيل معادلات تفكك الأنوية المشعة .

2- اكمل معادلات التفكك التالية : ${}^{210}_{84}Po \rightarrow \dots + {}^{206}_{82}Pb$ ، ${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^0_{-1}e$ ، ${}^{216}_{85}At \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + \dots$ ، ${}^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{23}_{12}Mg + \dots$ ، $\dots \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^{131}_{52}Te$.

3- إلى ماذا يشير الرمز (*) .

الحل 77

1- القوانين المستعملة لتشكيل معادلات تفكك الأنوية المشعة : قانون انحفاظ الشحنة ، قانون انحفاظ العدد الكتلي .

2- اكمل معادلات التفكك : ${}^{210}_{84}Po \rightarrow \dots + {}^{206}_{82}Pb$: $84 = a + 82 \Rightarrow a = 2$: قانون انحفاظ الشحنة : $210 = 206 + b \Rightarrow b = 4$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^4_2He + {}^{206}_{82}Pb$: ${}^{131}_{51}Sb \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^{131}_{52}Te$: ${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^0_{-1}e$ ، ${}^{226}_{86}At \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + {}^4_2He$ ، ${}^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{23}_{12}Mg + {}^0_{-1}e$.

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $84 = a + 82 \Rightarrow a = 2$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : $210 = 206 + b \Rightarrow b = 4$: ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^4_2He + {}^{206}_{82}Pb$: ${}^{131}_{51}Sb \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^{131}_{52}Te$: ${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^0_{-1}e$ ، ${}^{226}_{86}At \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + {}^4_2He$ ، ${}^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{23}_{12}Mg + {}^0_{-1}e$.

نواة الناتجة هي إذن نواة الهيليوم 4_2He ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^4_2He + {}^{206}_{82}Pb$: بنفس طريقة استخدام قانوني الانحفاظ ، نوازن المعادلات التالية : ${}^{131}_{51}Sb \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^{131}_{52}Te$: ${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^0_{-1}e$ ، ${}^{226}_{86}At \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + {}^4_2He$ ، ${}^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{23}_{12}Mg + {}^0_{-1}e$.

3- يشير الرمز (*) إلى أن النواة الإبن مثارة ومنه يحدث إشعاع γ .

التمرين 78

نواة الراديوم ${}^{226}_{88}Ra$ تتفكك آتيا باعثا الجسيمة α . 1- ماذا يمثل العددين 226 و 88 في الرمز ${}^{226}_{88}Ra$ ؟

2- اكتب معادلة التفكك و تعرف على نواة الإبن X . يعطى :

الرمز	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ac	Th
الرقم الذري	82	83	84	85	86	87	89	90

3- ثابت النشاط الإشعاعي للراديوم قيمته : $\lambda = 1,36 \cdot 10^{-11} s^{-1}$.

احسب دور النشاط الإشعاعي أو نصف العمر للراديوم ${}^{226}_{88}Ra$.

4- تعتبر عينة مشعة تحتوي على 1 mg من الراديوم ${}^{226}_{88}Ra$. اكمل الجدول التالي :

t	0	T	2 T	3 T	4 T	5 T
m(${}^{226}_{88}Ra$) (mg)						

5- الراديوم ${}^{226}_{88}Ra$ ، خلال سلسلة من التفككات α و β^- يؤدي إلى الرصاص ${}^{206}_{82}Pb$. ماهو عدد التفككات من النوع α و من النوع β^- التي تسمح بالانتقال من نواة الراديوم ${}^{226}_{88}Ra$ إلى نواة الرصاص ${}^{206}_{82}Pb$.

الحل 78

1- العدد 88 يمثل العدد الشحني أي عدد البروتونات و 226 يمثل العدد الكتلي أي عدد النوكليونات في النواة .

2- كتابة المعادلة التي توضح تفكك الراديوم 226 : ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^4_2He + {}^b_aX$: $88 = 2 + a \Rightarrow a = 86$: قانون انحفاظ الشحنة : $226 = 4 + b \Rightarrow b = 222$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^4_2He + {}^{222}_{86}Rn$: ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^4_2He + {}^{222}_{86}Rn$: ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^4_2He + {}^{222}_{86}Rn$.

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $88 = 2 + a \Rightarrow a = 86$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : $226 = 4 + b \Rightarrow b = 222$: ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^4_2He + {}^{222}_{86}Rn$: ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^4_2He + {}^{222}_{86}Rn$: ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^4_2He + {}^{222}_{86}Rn$.

3- حساب دور النشاط الإشعاعي أو نصف العمر للراديوم ${}^{226}_{88}Ra$: استخراج العلاقة التالية : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ $\Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$: $N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0 / 2 \Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2$: إذن : $N(t_{1/2}) = N_0 / 2$: $\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / (1,36 \cdot 10^{-11}) = 5,10 \cdot 10^{10} s = 1620 \text{ ans}$

من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0 / 2$: $\Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2$: $\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / (1,36 \cdot 10^{-11}) = 5,10 \cdot 10^{10} s = 1620 \text{ ans}$

$\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / (1,36 \cdot 10^{-11}) = 5,10 \cdot 10^{10} s = 1620 \text{ ans}$

4- اكمل الجدول التالي : دور النشاط الإشعاعي أو زمن نصف العمر لنوكليد مشع هو المدة الزمنية التي من أجلها تنفك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة المتفككة . إذن خلال $t_{1/2}$ ، كتلة الراديوم 226 في العينة تقسم على 2 و منه خلال $2 t_{1/2}$ تقسم الكتلة المتبقية على 2 وهكذا و منه نكمل الجدول :

t	0	T	2 T	3 T	4 T	5T
$m(^{226}_{88}\text{Ra})$ (mg)	1	0,5	0,25	0,125	$6,25 \cdot 10^{-2}$	$3,12 \cdot 10^{-2}$

- 5- عدد التفككات من النوع α و من النوع β^- التي تسمح بالانتقال من نواة الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ إلى نواة الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$.
 : نفرض أنه توجد a تفككات من نوع α و توجد b تفككات من نوع β^- :
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $222 = 226 - 4a \Rightarrow a = 5$
 — قانون انحفاظ الشحنة : $86 = 88 - 2a + 1b \Rightarrow b = 4$
 إذن لتحول $^{226}_{88}\text{Ra}$ إلى $^{222}_{86}\text{Rn}$ تتطلب 5 تفككات من نوع α و 4 تفككات من نوع β^- .

التمرين 79

في سنة 1934 Irène و Frédéric Joliot Curie اكتشفا النوكليد الأول المشع الإصطناعي بقذف أنوية الألومنيوم بجسيمات α .

- 1- علما أن هذا التفاعل النووي ينتج نوترتون واحد . أوجد اسم النواة المتشكلة و اكتب معادلة التفاعل . تعطى :

الرمز	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
الرقم الذري	11	12	13	14	15	16	17

- 2- النواة المشعة المتشكلة تنفك بالإشعاع β^+ . اكتب معادلة هذا التفكك النووي .
 3- النواة المشعة نصف عمرها : 2 min 30 s . — اعط تعريف نصف العمر لنواة مشعة .
 b- أوجد المدة الزمنية التي من خلالها يتفكك 7/8 من أنوية العينة الابتدائية .

الحل 79

- 1- كتابة معادلة التفاعل النووي : $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^1_0\text{n}$:
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $15 = a + 0 \Rightarrow a = 15$
 — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $31 = b + 1 \Rightarrow b = 30$
 النواة المتشكلة هي نواة عنصر الفوسفور $^{30}_{15}\text{P}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$
 2- النواة المتشكلة تنفك بالإشعاع β^+ . الفوسفور 30 يتفكك معطيا النواة لين و بوزيتون : $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{+1}\text{e}$:
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $15 = a + 1 \Rightarrow a = 14$
 — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $30 = b + 0 \Rightarrow b = 30$
 النواة المتشكلة هي نواة عنصر السيليسيوم $^{30}_{14}\text{Si}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^0_{+1}\text{e}$
 3- — تعريف نصف العمر لنواة مشعة : المدة الزمنية التي من أجلها تنفك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة المتفككة .
 3- b المدة الزمنية التي من خلالها يتفكك 7/8 من أنوية العينة الابتدائية : عدد الأنوية المتبقية : $1 - 7/8 = 1/8$.
 — التعبير عن عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n من أنصاف الأعمار بدلالة العدد الابتدائي لأنوية المشعة N_0 :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})^n = N_0 \cdot (1/2)^n$$

و منه : $N(n t_{1/2}) = N_0 / (2)^n$. إذن : عدد الأنوية المشعة التي لا زالت موجودة في العينة عبارتة :
 $N_0 \cdot 1/8 = N_0 \cdot (1/2)^n \Rightarrow 2^n = 8 \Rightarrow n = 3$: لدينا ، $N = N_0 \cdot 1/8$ من أجل : لنحسب n من أجل :
 المدة الزمنية التي من خلالها يتفكك 7/8 من أنوية العينة الابتدائية هي $t = 3 t_{1/2} = 3 \cdot (2 \text{ min } 30 \text{ s}) = 7 \text{ min } 30 \text{ s}$.

التمرين 80

السيزيوم $^{137}_{55}\text{Cs}$ يتفكك معطيا الباريوم Ba باعثة جسيمة β^- . نصف عمر السيزيوم هو 30 ans . عينة من السيزيوم حضرت بتاريخ مارس 1952 حيث نشاطها الإشعاعي $3 \cdot 10^4 \text{ Bq}$. احسب نشاطها الإشعاعي في مارس 1997 .

الحل 80

- السيزيوم $^{137}_{55}\text{Cs}$ يتفكك معطيا النواة لين و إلكترون : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}$:
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $55 = a - 1 \Rightarrow a = 56$
 — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $137 = b + 0 \Rightarrow b = 137$
 النواة المتشكلة هي نواة عنصر الباريوم $^{137}_{56}\text{Ba}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e}$

المدة الزمنية بين التاريخين أي من مارس 1952 إلى مارس 1997 هي : 45 ans .
النشاط الإشعاعي المنبع يعطى بالعلاقة : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-t/\tau)$. حيث : $\tau = t_{1/2} / \ln 2$.

و منه : $A(1997) = A(1952) \cdot \exp[-\ln 2(t/t_{1/2})] = 3 \cdot 10^4 \cdot \exp[-\ln 2(45/30)] = 10,6 \cdot 10^3 \text{ Bq}$

التمرين 81

صحيح أم خطأ . برر إجابتك

- في القرن XIX^{ème} ، Pierre et Marie Curie ، اكتشفا عنصرين كيميائيين هما : البولونيوم ثم الراديوم . Marie Curie
تحصلت على جائزة نوبل للفيزياء سنة 1903 وتحصلت على جائزة نوبل للكيمياء سنة 1911 .
الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ يتفكك آتيا بعاشا جسيمة α ، النواة الإبن هو نظير من الرادون Rn . الرادون هو غاز في شروط العادية من
الضغط و الحرارة . الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ تفككه الإشعاعي من نوع β^- .
1- نواة البولونيوم $^{208}_{84}\text{Po}$ تتكون من 84 نوترون و 124 بروتون .
2- كتلة نواة الراديوم تساوي إلى مجموع كتل نوكلوناتها .
3- معادلة تفكك الراديوم هي : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$.
4- الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ و الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ هما نظيرين .
5- بما أن الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ مشع بإشعاع β^- فإن النواة الإبن له هي نواة الفرانسيوم .
- نصف عمر الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ هو 3,8 jours .
6- خلال 11,4 jours ، نسبة أنوية الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ المتبقية بالنسبة للعدد الابتدائي هو 12,5 % .
- نواة الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ تنبعث من التفككات المتتالية المشعة بـ α و β^- لنواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$.
7- خلال هذه التفككات المتتالية تنبعث 2 جسيمة α و 3 إلكترون .
- عينة من الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ نشاطها الإشعاعي $6,0 \cdot 10^5 \text{ Bq}$.
8- $2,0 \cdot 10^4$ من أنوية الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ تتفكك في كل دقيقة
- نسبة الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ في الغاز تتحدد بالقياس المأخوذ للنشاط الإشعاعي و هو $3,75 \cdot 10^3 \text{ Bq}$ لكل 1 m^3 من الغاز
المأخوذ . ثابت النشاط الإشعاعي للرادون هو $2,10 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$.
9- الطاقة المتحررة من التفاعل : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$ تساوي إلى 8 MeV .
حدد تركيز الرادون 222 في غازات الأرض بقياس $3,75 \cdot 10^3 \text{ Bq}$ في كل 1 m^3 للنشاط الإشعاعي لعينة من الغاز . ثابت
النشاط الإشعاعي للرادون 222 هو : $2,10 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$.
10- كمية المادة للرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ في 1 m^3 المسؤولة عن هذا النشاط الإشعاعي تقارب $3 \cdot 10^{-15} \text{ mol}$.
 $A(t) = |\Delta N(t)| / \Delta t = \lambda \cdot N(t)$: تعطي

الرمز	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa
الرقم الذري	86	87	86	89	90	91

- النواة ^4_2He كتلتها $m_{\text{He}} = 6,64465 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. النواة $^{226}_{88}\text{Ra}$ كتلتها $m_{\text{Ra}} = 3,752438 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$
- النواة $^{222}_{86}\text{Rn}$ كتلتها $m_{\text{Rn}} = 3,685904 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$. $m_{\text{U}} = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ و $m_{\text{p}} = 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

الحل 81

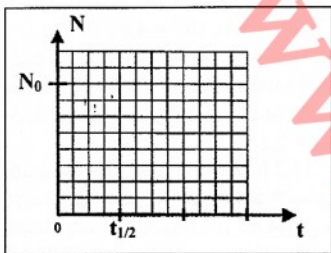
- 1- خطأ : نواة البولونيوم $^{208}_{84}\text{Po}$ تتكون من 84 بروتون و 124 نوترون .
2- خطأ : كتلة نواة الراديوم أقل من مجموع كتل نوكلوناتها .
3- صحيح : معادلة تفكك الراديوم هي : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$ لأن قانوني انحفاظ الشحنة و الكتلة محققين .
4- خطأ : الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ و الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ ليسا نظيرين لأنهما ليسا من نفس العنصر .
5- خطأ : بما أن الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ مشع بإشعاع β^- فإن نواة الإبن له هي نواة الفرانسيوم .
6- صحيح : 11,4 jours يمثل $t_{1/2}$ 3 . - التعبير عن عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n من أنصاف الأعمار
بدلالة العدد الابتدائي للأنوية المشعة N_0 :
 $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda \ln 2 n) = N_0 \cdot (1/2)^n$
و منه : إذن : عدد الأنوية المشعة التي لا زالت موجودة في العينة عبارته :
 $N_0 \cdot (1/2)^3 / N_0 \cdot 100 = 12,5 \%$ ، لدينا : $N = N_0 \cdot (1/2)^n$
7- خطأ : خلال هذه التفككات المتتالية تنبعث 2 جسيمة α و 3 إلكترون . للانتقال من 238 إلى 226 تتطلب 3 تفككات α .
8- خطأ : $2,0 \cdot 10^4$ من أنوية الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ تتفكك في كل دقيقة : 1 Bq يمثل تفكك واحد خلال 1 s و منه عدد الأنوية
التي تتفكك خلال 60 s يساوي إلى : $6,0 \cdot 10^5 \cdot 60 = 3,6 \cdot 10^7$

- 9- خطأ : الطاقة المتحررة من التفاعل : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$ تساوي إلى 4,9 MeV .
10- صحيح : $A(t) = \lambda \cdot N(t) \Rightarrow N(t) = A(t)/\lambda$ لدينا : $n = N(t)/N_A = A(t)/(\lambda \cdot N_A) = 3 \cdot 10^{-15} \text{ mol}$.

الميرين 82

- الغدة الدرقية تنتج هورمونات انطلاقاً من اليود الغذائي ، تستخدم في مختلف الوظائف . للتحقيق في كيفية العمل في هذه الغدة نلجأ إلى الطريقة scintigraphie thyroïdienne باستعمال نظيري اليود $^{131}_{53}\text{I}$ أو $^{123}_{53}\text{I}$ من أجل هذه الطريقة نحقن الشخص المريض كتلة $m = 1,00 \mu\text{g}$ من النظير $^{131}_{53}\text{I}$. تعطى : $M_I = 131 \text{ g/mol}$.
- 1- اعط تركيب نواة اليود $^{131}_{53}\text{I}$.
 - 2- بين أن عدد الذرات المشعة (الأتوية) الموجودة ابتدئاً في الحقنة يساوي $4,60 \cdot 10^{15}$ ذرة ، هذا العدد ندعوه بـ N_0 . لحظة تقديم الحقنة نعتبرها مبدأ للأزمنة $t = 0$.
 - 3- النظير $^{131}_{53}\text{I}$ مشع بـ β^- . أكتب معادلة تفككه ، علماً أن النواة الإبهن الناتجة في حالة غير مثارة تعطى :

الرمز	Sb	Te	I	Xe	Cs
الرقم الذري	51	52	53	54	55



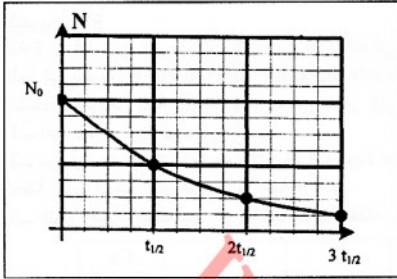
- 4- نصف العمر النظير النظير $^{131}_{53}\text{I}$ قيمته 8,0 jours .
 a- اعط نص قانون التناقص الإشعاعي بدلالة N_0 و λ .
 b- اعط تعريف نصف العمر لعينة مشعة . استنتج العلاقة : $\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$.
 c- ارسم على الشكل المرفق مظهر المنحنى الموافق للتطور مع الزمن لعدد الأتوية المشعة في العينة مع إبراز النقاط الموافقة للحظات : $t_{1/2}$, $2 t_{1/2}$, $3 t_{1/2}$.
- 5- نذكر أن النشاط الإشعاعي $A(t)$ عند اللحظة t لعينة من أتوية مشعة معرف كما يلي : $A(t) = dN(t)/dt$.
 a- انطلاقاً من قانون التناقص الإشعاعي بين أن النشاط الإشعاعي للعينة $^{131}_{53}\text{I}$ عند اللحظة t يتناسب طردياً مع عدد الأتوية المشعة عند هذه اللحظة .
 b- استنتج العبارة الحرفية للنشاط الإشعاعي A_0 للعينة عند مبدأ الأزمنة بدلالة N_0 و $t_{1/2}$. استنتج قيمته العددية .

- c- احسب النشاط الإشعاعي A للعينة من النظير $^{131}_{53}\text{I}$ عند لحظة فحص الشخص علماً أنه عادة تتم عملية الفحص بأربع ساعات بعد حقن اليود $^{131}_{53}\text{I}$ المشع له .
- d- استنتج الضياع النسبي للنشاط الإشعاعي : $|\Delta A|/A_0 = |(A(t) - A_0)|/A_0$ بين اللحظتين المذكورتين سابقاً .
- 6- نصف عمر النظير $^{123}_{53}\text{I}$ هو 13,2 h . نعتبر الآن أن الشخص حققت له كمية من النظير $^{123}_{53}\text{I}$ بحيث النشاط الإشعاعي الابتدائي لهذا النظير هو نفس النشاط الإشعاعي للنظير $^{131}_{53}\text{I}$ الموجود في السؤال : b- . النشاط الإشعاعي A (القيمة المحسوبة في السؤال : 5 c) هل يمكن الوصول إليها في مدة زمنية : ماثلة ، أصغر أو أكبر مما هو مع النظير $^{131}_{53}\text{I}$ ؟ برر إجابتك .

الحل 82

- 1- تركيب نواة اليود $^{131}_{53}\text{I}$: رمز نواة اليود 131 هو : $^{131}_{53}\text{I}$ و رقمه الذري هو : $Z = 53$.
 النواة تتشكل من 131 نوكليون : 53 بروتون و 78 نوترون .
- 2- إثبات العدد N_0 للذرات الموجودة ابتدئاً في الحقنة يساوي $4,60 \cdot 10^{15}$ ذرة :
 $N = n_0 \cdot N_A = m_0/M \cdot N_A = 4,60 \cdot 10^{15} \text{ noyaux}$
- 3- كتابة معادلة التفكك النووي : اليود يتفكك معطياً النواة إين و إلكترون : $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$
 قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $53 = a - 1 \Rightarrow a = 54$
 قانون انحفاظ العدد الكتلي : $131 = b + 0 \Rightarrow b = 131$
- النواة المتشكلة هي نواة عنصر الزيريون 54 : $^{131}_{54}\text{Xe}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}^-$
- 4- نص قانون التناقص الإشعاعي بدلالة N_0 و λ : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$
- 4- b- تعريف نصف العمر لعينة مشعة : المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأتوية المشعة الموجودة في البداية في العينة المتفككة . العدد المتوسط N للأتوية الغير متفككة الموجودة في العينة عند اللحظة t هي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.
 $\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$ ومنه : $N_0/2 = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$.
- 4- c- رسم مظهر المنحنى الموافق للتطور مع الزمن لعدد الأتوية المشعة في العينة مع إبراز النقاط الموافقة للحظات :

عند $t = 0$ يكون : $N(0) = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot 0) = N_0$: تبقى إذن : N_0 noyaux .
 $t_{1/2}$, $2 t_{1/2}$, $3 t_{1/2}$: انظر الشكل المرفق .



عند $t = t_{1/2}$ يكون : $N(0) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2) = N_0/2$: تبقى إذن : $N_0/2$ noyaux .
عند $t = 2 t_{1/2}$ يكون : $N(0) = N_0 \cdot \exp(-2 \ln 2) = N_0/4$: تبقى إذن : $N_0/4$ noyaux .
عند $t = 3 t_{1/2}$ يكون : $N(0) = N_0 \cdot \exp(-3 \ln 2) = N_0/8$: تبقى إذن : $N_0/8$ noyaux .
عند $t = n t_{1/2}$ يكون : $N(0) = N_0 \cdot \exp(-n \ln 2) = N_0/2^n$: تبقى إذن : $N_0/2^n$ noyaux .
كـ اثبات أن النشاط الإشعاعي للعينة $^{131}_{53}\text{I}$ عند اللحظة t يتناسب طرديا مع عدد الأنوية المشعة عند هذه اللحظة :

$A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N$: منه $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow dN(t)/dt = -\lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = -\lambda \cdot N$
bـ استنتاج العبارة الحرفية للنشاط الإشعاعي A_0 للعينة عند مبدأ الأزمنة بدلالة N_0 و $t_{1/2}$:
 $A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow A_0 = \ln 2 / t_{1/2} \cdot N_0 = (\ln 2) / (8,0 \cdot 24 \cdot 3600) \cdot 4,6 \cdot 10^{15} = 4,6 \cdot 10^9 \text{ Bq}$
cـ حساب النشاط الإشعاعي A للعينة من النظير $^{131}_{53}\text{I}$ عند لحظة فحص الشخص علما أنه تتم عملية الفحص بأربع ساعات بعد حقن اليود $^{131}_{53}\text{I}$ له : عند $t = 4 \text{ h} = 14400 \text{ s}$ يكون : $A = 4,6 \cdot 10^9 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) = 4,5 \cdot 10^9 \text{ Bq}$
dـ استنتاج الضياع النسبي للنشاط الإشعاعي : $|\Delta A|/A_0 = |(A(t) - A_0)/A_0|$ بين اللحظتين المذكورتين سابقا :

$$|\Delta A|/A_0 = |(A(t) - A_0)/A_0| = 0,1/4,6 = 0,022 = 2,2 \%$$

كـ نصف عمر النظير $^{123}_{53}\text{I}$ هو $13,2 \text{ h}$. نعتبر الآن أن الشخص خُفَّت له كمية من النظير $^{123}_{53}\text{I}$ بحيث النشاط الإشعاعي الابتدائي لهذا النظير هو نفس النشاط الإشعاعي للنظير $^{131}_{53}\text{I}$ ($4,6 \cdot 10^9 \text{ Bq}$) . هل يمكن الوصول إلى القيمة المحسوبة للنشاط الإشعاعي A ($4,6 \cdot 10^9 \text{ Bq}$) في مدة زمنية : مماثلة ، أصغر أو أكبر مما هو مع النظير $^{131}_{53}\text{I}$: من أجل نفس القيمة للنشاط الإشعاعي الابتدائي ، وبعد نفس المدة الزمنية ، يزن نصف العمر أصغر بكثير ، ثابت النشاط الإشعاعي يكون أكبر والحد $\exp(-\lambda t)$ يكون أصغر . ومنه ، النشاط الإشعاعي للعينة $^{123}_{53}\text{I}$ يكون أصغر .

التمرين 83ـ

1ـ في الأجواء العليا ، الأتوت $^{14}_7\text{N}$ يتحول إلى كربون $^{14}_6\text{C}$ عندما يتصادم مع النوترونات .
2ـ النوكليد $^{14}_6\text{C}$ مشع بـ β^- اكتب معادلة هذا التفكك .
3ـ النباتات الحية تمتص الكربون بعملية التمثيل الخيوضوري بوجود الضوء . عند موتها تتوقف عن الإمتصاص ومنه نسبة الكربون تتناقص . نريد تحديد عمر قطعة خشبية قديمة . من أجل ذلك نقيس النشاط الإشعاعي للكربون $^{14}_6\text{C}$ في عينة من قطعة خشبية قديمة وفي عينة أخرى من قطعة خشبية جديدة ، القطعتين الخشبيتين لهما نفس الكتلة . نلاحظ أن النشاط الإشعاعي في النوكليد $^{14}_6\text{C}$ في الخشب القديم قيمته أضعف بـ 7 مرات مما هي في الخشب الجديد . ما هو عمر القطعة الخشبية القديمة . يعطى : نصف عمر الكربون $^{14}_6\text{C}$: $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$.

الحل 83ـ

1ـ كتابة معادلة التفاعل : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{P}$: قانون انحفاظ الشحنة : $7 = a + 6 \Rightarrow a = 1$
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : $15 = 14 + b \Rightarrow b = 1$: قانون انحفاظ العدد الكتلي :
الجسيمة الناتجة من خلال هذا التفاعل هي إذن بروتون ^1_1P . ومنه : معادلة التفاعل : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{P}$
2ـ طبيعة هذا الإشعاع : إذا كان للكربون $^{14}_6\text{C}$ مشع بـ β^- فإنه ينبعث إلكترون $^0_{-1}\text{e}$. خلال تفككه .
كتابة معادلة التفاعل : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : $6 = a + 7 \Rightarrow a = -1$: قانون انحفاظ الشحنة :
قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 14 + b \Rightarrow b = 0$
الجسيمة الناتجة من خلال هذا التفاعل هي إذن إلكترون $^0_{-1}\text{e}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$
3ـ عمر القطعة الخشبية القديمة : $A(t) = |dN(t)/dt| = \lambda \cdot N$: منه $A_0 = \lambda \cdot N_0$. ولدينا : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$. خلال كل زمن نصف العمر ، يقسم النشاط الإشعاعي على 2 . إذن في الحالة التي نحن فيها (النشاط الإشعاعي في النوكليد $^{14}_6\text{C}$ في الخشب القديم قيمته أضعف بـ 7 مرات مما هو في الخشب الجديد) : $A = A_0/7$. إذن لدينا :

$$A_0/7 = A_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) \Rightarrow 1/7 = \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$$

$$\ln(1/7) = -\ln 2 / t_{1/2} \cdot t \Rightarrow t = -[t_{1/2} \cdot (\ln(1/7))] / \ln 2 = 15721 \text{ ans} = 15700 \text{ ans} \quad \text{و منه :}$$

التمرين 84

نقوم بالكشف الإشعاعي بواسطة نوترونات بطيئة عينة من الفضة لا تحتوي إلا النظير 107. تتشكل أنوية الفضة 108 يعطى :

الرمز	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
الرقم الذري	42	43	44	45	46	47	48

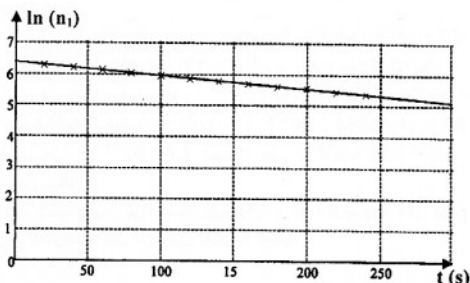
- 1- اكتب معادلة تفاعل نواة الفضة مع النوترون .
- 2- النواة المتشكلة مشعة ، تتفكك بعدة طرق متتالية بإشعاع β^- و الإشعاع β^+ . اكتب معادلة التفاعل الموافقة لكل منها .
- 3- تعتبر عينة تحتوي على N_0 من أنوية مشعة عند اللحظة $t = 0$. نعتبر N عدد الأنوية المتبقية عند اللحظة t .
- هـ اكتب عبارة N بدلالة N_0 و t و ثابت النشاط الإشعاعي λ .
- بـ عرف نصف العمر لنواة مشعة ثم اكتب العلاقة بين λ و $t_{1/2}$.
- جـ النشاط الإشعاعي عند اللحظة t للعينة يعرف بالعلاقة التالية : $A(t) = -dN(t)/dt$. تمثل عدد التفككات الحادثة في كل ثانية . نحدد النشاط الإشعاعي بقياس العدد n_1 للتفككات الناتجة خلال مدة زمنية t_1 التي نفرضها صغيرة أمام نصف العمر $t_{1/2}$ فيكون لدينا : $A = n_1 / t_1$. $\diamond$ بين أن النشاط الإشعاعي يمكن التعبير عنه بـ : $A = \lambda \cdot N$.
- $\diamond$ عبر عن n_1 بدلالة t_1 ، N_0 ، t و λ . $\diamond$ استنتج عبارة $\ln [n_1]$ بدلالة t_1 ، N_0 ، t و λ .
- 4- نريد تحديد تجريبياً دور النظير 108 للفضة . نستعين بالنتائج النظرية للسؤال السابق : نقيس العدد n_1 للتفككات من كل الأنواع الحاصلة خلال $t_1 = 0,5 \text{ s}$. هذا القياس يعاد كل 20 s . النتائج مدونة في الجدول التالي :

t (s)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
n_1	542	498	462	419	390	353	327	301	273	256	230	216

- هـ ارسم المنحنى الممثل للتغيرات $\ln [n_1]$ بدلالة الزمن . بـ حدد N_0 و λ و $t_{1/2}$.

الحل 84

- 1- كتابة معادلة تفاعل نواة الفضة مع النوترون :
- 2- كتابة معادلة التفاعل الموافقة لكل منها : بتطبيق قوانين الإحفاظ :
- 3- كتابة عبارة N بدلالة N_0 و t و ثابت النشاط الإشعاعي λ : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.
- نعتبر عينة تحتوي على N_0 من أنوية مشعة عند اللحظة $t = 0$. نعتبر N عدد الأنوية المتبقية عند اللحظة t .
- 3- بـ تعريف نصف العمر لنواة مشعة ثم اكتب العلاقة بين λ و $t_{1/2}$: المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة المتفككة . العدد المتوسط N للأنوية الغير متفككة الموجودة في العينة عند اللحظة t هي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$. $t_{1/2}$ هي المدة الزمنية التي من أجلها $N = N_0/2$. إذن : $N_0/2 = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و منه : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$.
- 3- جـ عبارة النشاط الإشعاعي : $A = -dN(t)/dt = -(-\lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t)) = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = A = \lambda \cdot N$.
- عبارة n_1 بدلالة t_1 ، N_0 ، t و λ : $n_1 = A(t) \cdot t_1 \Rightarrow n_1 = -dN(t)/dt \cdot t_1 = N_0 \cdot \lambda \cdot t_1 \cdot \exp(-\lambda t)$.
- التعبير عن $\ln (n_1)$ بدلالة t_1 ، N_0 ، t و λ : $\ln (n_1) = -\lambda \cdot t + \ln(\lambda \cdot N_0 \cdot t_1)$ و منه :



- 4- اـ رسم المنحنى الممثل للتغيرات $\ln [n_1]$ بدلالة الزمن : انظر الشكل .
- بـ تحديد N_0 و λ و $t_{1/2}$: المنحنى الناتج خط مستقيم معادلته من الشكل : $y = a \cdot x + b$ حيث : $b = \ln(\lambda \cdot N_0 \cdot t_1)$ و $a = -\lambda$. و منه : $a = (5,55 - 5,95) / (100) = -4,21 \cdot 10^{-3}$. إذن : $\lambda = -a = 4,21 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ و كذلك : $b = 6,4 = \ln(\lambda \cdot N_0 \cdot t_1) \Rightarrow N_0 = \exp(6,4) / (\lambda \cdot t_1)$

$$\Rightarrow N_0 = 2,9 \cdot 10^5 \text{ noyaux}$$

$$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / (4,21 \cdot 10^{-3}) = 165 \text{ s} \quad \text{و منه :}$$

التمرين 85

- تفاعل إنشطار نواة اليورانيوم 237 يتمذج بالمعادلة التالية : $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{93}_{40}\text{Zr} + {}^{140}_{52}\text{Te} + x {}^1_0\text{n}$
- 1- أوجد x و Z . 2- احسب طاقة الربط لليورانيوم .
 - 3- طاقات الربط لكل نوكلين تعطى بـ MeV لكل نوكلين : $^{235}_{92}\text{U} = 7,5$, $^{93}_{40}\text{Zr} = 8,6$, $^{140}_{52}\text{Te} = 8,3$. احسب الطاقة المتحررة خلال إنشطار ذرة من اليورانيوم 235 .
 - 4- احسب بالرجل ، الطاقة المتحررة من قبل 1 mole من اليورانيوم 235 . تعطى :
النواة $^{235}_{92}\text{U}$ كتلتها $m = 235,044 \text{ u}$. $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ و $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

الحل 85

- 1- إيجاد Z و x : نستخدم قانوني الإنحفاظ الشحني و الكتلي : $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{93}_{40}\text{Zr} + {}^{140}_{52}\text{Te} + 3 {}^1_0\text{n}$
- 2- حساب طاقة الربط لليورانيوم : $E = \Delta m \cdot c^2 = [92 m_p + 143 m_n - m(\text{U})] \cdot c^2$
 $E = [92 (1,6726 \cdot 10^{-27}) + 143 (1,6749 \cdot 10^{-27}) - (235,044 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27})] \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,793 \cdot 10^{-10} \text{ J}$
طاقة الربط E لهذه النواة بالرجل : $E = \Delta m \cdot c^2 = 2,793 \cdot 10^{-10} \text{ J}$
بالقسمة على : $1,6 \cdot 10^{-19}$ نحصل على : $E = 2,793 \cdot 10^{-10} / 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$ أي : $E = 1746 \text{ MeV}$
- 3- حساب الطاقة المتحررة خلال إنشطار ذرة من اليورانيوم 235 : $\Delta E = E_{\text{Zr}} + E_{\text{Te}} - E_{\text{U}}$
 $\Delta E = E_{\text{Zr}} + E_{\text{Te}} - E_{\text{U}} = 93 \cdot 8,6 + 140 \cdot 8,3 - (235 \cdot 7,5) = 199 \text{ MeV}$
- 4- حساب بالرجل ، الطاقة المتحررة من قبل 1 mole من اليورانيوم 235 : $E = \Delta E \cdot N$ حيث N هو عدد الأنوية في 1 mole و منه : $E = \Delta E \cdot N \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 199 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 1,92 \cdot 10^{13} \text{ J}$

التمرين 86

- تفاعل إنشطار نواة اليورانيوم 237 يتمذج بالمعادلة التالية : $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{95}_{38}\text{Sr} + {}^{139}_{54}\text{Xe} + 2 {}^1_0\text{n}$
- 1- تعطى كتل الأنوية التالية بوحدة الكتلة الذرية : النواة $^{235}_{92}\text{U}$ كتلتها $m_{\text{U}} = 235,0439 \text{ u}$. $m_{\text{n}} = 1,0087$. النواة $^{95}_{38}\text{Sr}$ كتلتها $m_{\text{Sr}} = 94,8731 \text{ u}$. النواة $^{139}_{54}\text{Xe}$ كتلتها $m_{\text{Xe}} = 138,9185 \text{ u}$. احسب بالنقص في الكتلة بـ u خلال إنشطار ذرة اليورانيوم 237 . 2- احسب بـ MeV الطاقة المحررة بهذا الإنشطار .

الحل 86

- 1- حساب النقص في الكتلة بـ u خلال إنشطار ذرة اليورانيوم : $\Delta m = m(\text{U}) + m(\text{n}) - [m(\text{Sr}) + m(\text{Xe}) + m(\text{n})]$
 $\Delta m = (235,0439) + (1,0087) - [(94,8731) + (138,9185) + 2(1,0087)] = 0,2436 \text{ u} = 4,045 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
- 2- حساب بـ MeV الطاقة المحررة بهذا الإنشطار : $E = \Delta m \cdot c^2 = 4,045 \cdot 10^{-26} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 = 3,65 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
بالقسمة على : $1,6 \cdot 10^{-13}$ نحصل على : $E = 228 \text{ MeV}$

التمرين 87

- عند حدوث تصادم بين الجسيمة α و نواة الأوت 14 يتشكل بروتون و نواة نظير للأوكسجين .
- 1- اكتب معادلة هذا التفاعل النووي .
 - 2- احسب الطاقة المحررة . تعطى : النواة ${}^4_2\text{He}$ كتلتها $m_{\text{He}} = 4,0026 \text{ u}$. $m_p = 1,0078 \text{ u}$. النواة ${}^{14}_7\text{N}$ كتلتها $m_{\text{N}} = 14,0031 \text{ u}$. النواة ${}^{16}_8\text{O}$ كتلتها $m_{\text{O}} = 16,9991 \text{ u}$

الحل 87

- 1- كتابة معادلة هذا التفاعل النووي : ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{P} + {}^{16}_8\text{O}$
قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : $9 = a + 1 \Rightarrow a = 8$: قانون إنحفاظ الشحنة
 $18 = 1 + b \Rightarrow b = 17$: قانون إنحفاظ العدد الكتلي
النواة الناتجة هي الأكسجين 17 ${}^{17}_8\text{O}$. و منه : معادلة التفاعل : ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{P}$
- 2- حساب الطاقة المحررة : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [m(\text{He}) + m(\text{N}) - (m_p + m(\text{O}))] \cdot c^2$
 $\Delta E = [4,0026 + 14,0031 - (1,0078 + 16,9991)] \cdot (1,66054 \cdot 10^{-27}) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,79 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
بالقسمة على : $1,6 \cdot 10^{-13}$ نحصل على : $\Delta E = 1,12 \text{ MeV}$

التمرين 88

- تفاعل الاندماج بين نواة الدوتريوم ${}^2_1\text{H}$ و نواة تريسيوم ${}^3_1\text{H}$ يؤدي إلى نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ و جسيمة X . لدينا قيم طاقات الربط المتوسطة لكل نوكلين للأنوية التالية :

النواة	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$
E (MeV/nucleon)	1,183	2,825	7,974

1- اكتب معادلة هذا التفاعل النووي ثم تعرف على الجسيمة X .

2- احسب بـ MeV ، الطاقة المتحررة من اندماج نواة الدوتريوم و نواة من التريسيوم .

3- احسب بـ (T.e.p) tonne - équivalent - pétrole ، الطاقة المتحررة من اندماج 1 kg من الدوتريوم مع الكتلة الموافقة من التريسيوم .
 4- نواة التريسيوم ${}^3_1\text{H}$ مشع بـ β^- نصف عمره : 12,3 ans .
 a- اكتب معادلة التفكك المتوقعة
 b- لدينا عينة تحتوي على $m_0 = 1 \text{ kg}$ من التريسيوم . ما هي كتلة التريسيوم المتبقية في العينة خلال 36,9 ans ؟
 تعطى : الدوتريوم ${}^2_1\text{H}$ كتلتها $m({}^2_1\text{H}) = 2,0141 \text{ u}$ ، $1 \text{ T.e.p} = 42 \cdot 10^9 \text{ J}$

الحل - 88

1- كتابة معادلة هذا التفاعل النووي ثم التعرف على الجسيمة X :
 ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^b_a\text{X}$: قانون انحفاظ الشحنة : $2 = 2 + a \Rightarrow a = 0$

قانون انحفاظ العدد الكتلي : $5 = 4 + b \Rightarrow b = 1$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن نوترون ${}^1_0\text{n}$. ومنه : معادلة التفاعل :
 ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

2- حساب بـ MeV ، الطاقة المتحررة من اندماج نواة الدوتريوم و نواة من التريسيوم :

$$E = 4 \cdot E(\text{He}) - [2 \cdot E({}^2_1\text{H}) + 3 \cdot E({}^3_1\text{H})] = 4 \cdot 7,074 - [2 \cdot 1,183 + 3 \cdot 2,825] = 17,46 \text{ MeV}$$

3- حساب الطاقة المتحررة من اندماج 1 kg من الدوتريوم مع الكتلة الموافقة من التريسيوم :
 نعتبر N عدد الأنوية الموجودة في 1 kg من الدوتريوم : $N = M / m({}^2_1\text{H})$.
 الطاقة المتحررة : $E' = n \cdot E$.

$$E' = n \cdot E = 1 / (2,0141 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}) \cdot (17,46 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}) = 8,355 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

و منه : $E' = (8,355 \cdot 10^{14}) / (42 \cdot 10^9) = 20000 \text{ T.e.p}$

4- كتابة معادلة التفكك : التريسيوم ${}^3_1\text{H}$ مشع بـ β^- . يتفكك معطيا نواة إين و إلكترون :
 ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^b_a\text{X} + {}^0_{-1}\text{e}^-$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $1 = a - 1 \Rightarrow a = 2$

قانون انحفاظ العدد الكتلي : $3 = b + 0 \Rightarrow b = 3$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الهيليوم ${}^3_2\text{He}$. ومنه : معادلة للتفاعل :
 ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{-1}\text{e}^-$

b- كتلة التريسيوم m المتبقية في العينة خلال 36,9 ans :
 المدة 36,9 ans توافق 3 أنصاف أعمار $t_{1/2}$. في كل نصف عمر $t_{1/2}$ يتفكك نصف عدد الأنوية و منه خلال 3 $t_{1/2}$ يتبقى 1/8 من العدد الابتدائي الأصلي حيث : $m = 1/8 = 0,125 \text{ kg}$.
 طريقة أخرى :

التعبير عن عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n أنصاف الأعمار بدلالة العدد الابتدائي للأنوية المشعة N_0 :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})^n = N_0 \cdot (1/2)^n$$

و منه : $N(n t_{1/2}) = N_0 / (2)^n$. إذن : عدد الأنوية المشعة التي لا زالت موجودة في العينة عبارته :

$$m = m_0 \cdot (1/2)^n$$

و منه : $m = m_0 \cdot (1/2)^8 = 1/8 = 0,125 \text{ kg}$

تمارين نماذج للبكالوريا وضعية ادماجية

BAC

التمرين 1

النص : البولونيوم عنصر معدني مشع نادر رمزه Po . عدده الذري هو 84 . اكتشف في منجم La pechblende سنة 1898 من قبل الكيميائي الفرنسي Pierre Curie حيث سمي العنصر باسم بلدة زوجته La Pologne . البولونيوم 210 هو النظير الوحيد الذي تصادفه في الطبيعة . أغلب نظائر البولونيوم تتفكك لتعطي جسيمات α . نقول عنه أنه منبع لإشعاع α .
— الرمزان α و ${}^4_2\text{He}$ متطابقان . نعطي معلومات مستخرجة من الجدول الدوري للعناصر :

الرمز	Th	Pb	Bi	Po	At
العدد الذري	81	82	83	84	85

الجزء A

1— ما معنى نواة مشعة ؟ 2— ما هو تركيب نواة البولونيوم 210 ؟

3— اكتب المعادلة الممثلة لتفكك هذه النواة ، مبينا قوانين الحفظ المطبقة .

الجزء B

ليكن $N(t)$ عدد الأنوية المشعة لعينة من البولونيوم غير متفككة في التاريخ t .

نرمز لـ N_0 للعدد الأصلي للأنوية من البولونيوم عند $t = 0$. يسمح كاشف أشعة α وعداد رقمي بإجراء القياسات المدونة في الجدول التالي :

t (Jours)	0	40	80	120	160	200	240
$N(t)/N_0$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln [N(t)/N_0]$							

1— اتم السطر 3 من الجدول . 2— ارسم على ورق مليمتري المنحنى $-\ln [N(t)/N_0] = f(t)$ باستعمال السلم التالي :

على محور الفواصل : 1 سم تمثل 20 يوما . على محور الترتيب : 1 سم تمثل 0,1 .

3— ذكر بقانون التناقص لعدد الأنوية غير المتفككة لعينة تحتوي في البداية N_0 نواة مشعة .

هل هي في تطابق مع التمثيل البياني السابق ؟ علل إجابتك .

4— احسب ميل المنحنى وعين λ ثابت النشاط الإشعاعي المميز للنظير 210 للبولونيوم . ما هي وحدة λ ؟

استنتج ثابت الزمن τ . ما هي وحدته ؟ اعط عبارة مدة نصف العمر للعينة التي يرمز لها $t_{1/2}$ و احسبها .

الحل 1

الجزء A

1— معنى نواة مشعة : هي نواة غير مستقرة و بالضرورة سوف يحدث لها تفكك . ليتشكل نواة ابن مع انبعاث جسيمة (نواة هيليوم ، إلكترون ، بوزيتون) و صدور إشعاع إلكترومغناطيسي γ .

2— تركيب نواة البولونيوم 210 : رمز نواة البولونيوم 210 هو ${}^{210}_{84}\text{Po}$ و رقمه الذري هو : $Z = 84$.
النواة تتشكل من 210 نوكليونات : 84 بروتون و 126 نوترون .

3— كتابة المعادلة الممثلة لتفكك هذه النواة ، مبينا قوانين الحفظ المطبقة : ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^b_a\text{X} + {}^4_2\text{He} + \gamma$

— قانون انحفاظ الشحنة : $84 = a + 2 \Rightarrow a = 82$

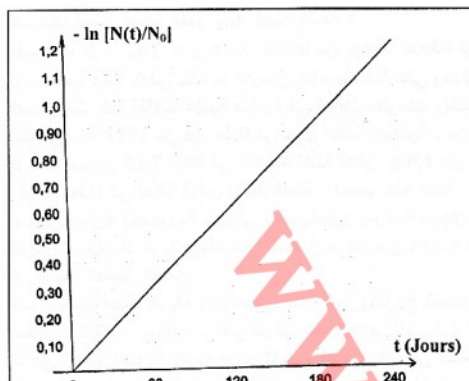
— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $210 = 4 + b \Rightarrow b = 206$

النواة الناتجة هي إذن نواة الرصاص ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ و منه : معادلة التفاعل : ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{206}_{82}\text{Pb} + \gamma$

الجزء B

1— اتمام السطر 3 من الجدول :

t (Jours)	0	40	80	120	160	200	240
$N(t)/N_0$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln [N(t)/N_0]$	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,0	1,2



2- رسم المنحنى : $-\ln [N(t)/N_0] = f(t)$

3- قانون التناقص لعدد الأنوية غير المفككة لعينة تحتوي في

البداية N_0 نواة مشعة : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

هل هي في تطابق مع التمثيل البياني السابق :

$N/N_0 = \exp(-\lambda t)$ ومنه : $-\ln(N/N_0) = \lambda \cdot t$

المنحنى الممثل لـ $-\ln(N/N_0) = \lambda \cdot t$ عبارة عن خط مستقيم مائل يمر من المبدأ في تطابق مع التمثيل البياني السابق .

4- حساب ميل المنحنى و تعيين λ : ميل المنحنى السابق يساوي إلى λ . لحسابها نأخذ نقطتين من المنحنى ونحسب الميل

$$\lambda = (y_B - y_A)/(t_B - t_A) = 1,2/240$$

$$\lambda = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ j}^{-1} = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

استنتاج ثابت الزمن τ و وحدته :

$$\tau = 1/\lambda = 1/(5,8 \cdot 10^{-8}) = 1,7 \cdot 10^7 \text{ s}$$

- d- يعطى النشاط الإشعاعي $A = - dN/dt$ عند اللحظة t بالعلاقة $A = A_0 e^{-\lambda t}$. ماذا تمثل A_0 ؟
- e- بالاستعانة بنص المقدمة ، أعط قيمة A_0 لعينة كتلتها $1,0 \text{ g}$ من الكربون النقي المستخرج من كائن حي .
- f- على أي حدث ينطبق « العمر صفر » $t = 0$ الوارد في نص المقدمة ؟
- g- التاريخ بواسطة « الكربون 14 » زمن نصف عمر النظير $^{14}_6\text{C}$ هو $t_{1/2} = 5,73 \cdot 10^3 \text{ ans}$.
- h- ماذا نسمي نصف العمر $t_{1/2}$ لعينة مشعة ؟

قة .

بـ اثبات أن : $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln 2$: $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$ من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$ إذن :

cـ حساب قيمة λ بالحفاظ على وحدة $t_{1/2}$ بـ (ans) : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = \ln 2 / (5,7 \cdot 10^3) = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ an}^{-1}$
 dـ العبارة النظرية للمدة التي مرت منذ لحظة وفاة (Otzi) إلى لحظة قياس نشاط العينة وحساب هذه المدة :

لدينا : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ و منه : $A(t) / A_0 = \exp(-\lambda t)$ و منه : $-\ln [A(t) / A_0] = (\lambda t)$ و منه :
 $t = -1/\lambda \cdot \ln[A(t) / A_0] = -1/(1,21 \cdot 10^{-4}) \cdot \ln[7,16/13,6] = 5,30 \cdot 10^3 \text{ ans}$ و منه : $t = -1/\lambda \cdot \ln[A(t) / A_0]$

- ـ ا أثبت أن العلاقة النظرية لزمن نصف العمر بدلالة ثابت النشاط الإشعاعي هي : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$
- ـ د إن زمن نصف العمر للربون 14 هو $5,70 \cdot 10^3$ ans . استنتج ثابت النشاط الإشعاعي λ بـ : an^{-1}
- ـ ع يعطي النشاط $A(t)$ لعينة مشعة في اللحظة ذات التاريخ t بالعلاقة : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$. عرف النشاط الإشعاعي و اعط وحدتها في النظام الدولي .
- ـ ف باستخدام هذه العبارة و قانون التناقص استنتج أن : $A(t)/A_0 = N(t)/N_0 = e^{-\lambda t}$ حيث A_0 هو النشاط الإشعاعي في اللحظة $t=0$ فجوة سان اندرياس
- في عام 1989 بالقرب من فجوة سان اندرياس بكاليفورنيا تم استخراج عينات متساوية الكتلة لنباتات متشابهة غمرت أثناء زلزال قديمة . تم قياس النشاط الإشعاعي لكل من العينات . نقبل بأن هذا النشاط الإشعاعي ناتج فقط عن وجود ^{14}C

رقم العينة	1	2	3
النشاط الإشعاعي للعينة (SI)	0,233	0,215	0,223

- ـ ه نشاط عينة من نفس النبات الحي و نفس الكتلة هو $A_0 = 0,255$ SI . نرسم بـ t للفترة التي مضت منذ الزمن ذي التاريخ $t = 0$ s للزوال و لحظة القياس . حدد قيمة t_3 المطابقة للعينة 3 .
- ـ ب استنتج السنة التي حدث فيها الزلزال الموافق للعينة رقم 3 المدروسة سنة 1989 .
- ـ ج بالنسبة للعينتين 1 و 2 نقترح السنوات 586 و 1247 . عين لكل عينة السنة التي توافقت . عل بدون حساب .

الحل -3

1- الإشعاع الطبيعي للربون

- ـ ا التركيب بالبروتونات والنيوترونات للنواتين التاليين : ^{12}C و ^{14}C : رمز نواة الكربون 14 هو : $^{14}_6\text{C}$ و رقمه الذري هو : $Z = 6$. النواة تتشكل من 14 نوكلونات : 6 بروتون و 8 نوترون . رمز نواة الكربون 12 هو : $^{12}_6\text{C}$ و رقمه الذري هو : $Z = 6$. النواة تتشكل من 12 نوكلونات : 6 بروتون و 6 نوترون .
- ـ ب يسمى النوكلويدان $^{12}_6\text{C}$ و $^{14}_6\text{C}$ نظيرين لأنهما لهما نفس العدد الذري و يختلفان في العدد الكتلي (عدد النوترونات)
- ـ ج كتابة معادلة التفكك للربون 14 : إن الكربون 14 تصدر جسيمات β^- : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}$: قانون انحفاظ الشحنة : $6 = -1 + a \Rightarrow a = 7$
- ـ د قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 0 + b \Rightarrow b = 14$
- الجسيمة المنبعثة هي نواة الأزوت $^{14}_7\text{N}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$.
- ـ د حساب ، طاقة الربط للربون 14 : $E = \Delta m \cdot c^2 = [Z m_p + (A - Z) m_n - m(^{14}_6\text{C})] \cdot c^2$: $E = [6 \cdot 1,672621 \cdot 10^{-27} + 8 \cdot 1,674927 \cdot 10^{-27} - 2,32584 \cdot 10^{-26}] \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2 = 1,589 \cdot 10^{-11}$ J
- ـ ع استنتاج طاقة الربط لكل نوية للربون 14 : $E' = E/A = (1,589 \cdot 10^{-11})/14 = 1,135 \cdot 10^{-12}$ J/nucleon
- ـ ف حساب بالجول الطاقة المحررة بواسطة التفاعل في السؤال جـ :
- عبارة نقص الكتلة Δm للتفاعل :
- $\Delta m = m(e) + m(^{14}_7\text{N}) - m(^{14}_6\text{C})$: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [9,109381 \cdot 10^{-31} + 2,32527 \cdot 10^{-26} - 2,32584 \cdot 10^{-26}] \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2 = -4,30 \cdot 10^{-13}$ J
- إذن الوسط الخارجي يستقبل طاقة ناتجة عن التفاعل .

2- التاريخ بالكربون ^{14}C

- ـ ا كتابة قانون التناقص الإشعاعي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$
- ـ ب تعريف زمن نصف العمر لعينة مشعة يرمز له بـ $t_{1/2}$: نسمي $t_{1/2}$ لعينة مشعة المدة الزمنية التي من أجلها تنفك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة .
- ـ ج اثبات أن العلاقة النظرية لزمن نصف العمر بدلالة ثابت النشاط الإشعاعي هي : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$: العدد المتوسط N للأنوية الغير متفككة الموجودة في العينة عند اللحظة t هي : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ هي $t_{1/2}$ هي المدة الزمنية التي من أجلها : $N = N_0/2$: إذن : $N_0/2 = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ ومنه : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$
- ـ د استنتاج ثابت النشاط الإشعاعي λ بـ : an^{-1} : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = \ln 2 / (5,7 \cdot 10^3) = 1,22 \cdot 10^{-4}$ an^{-1}
- ـ ع تعريف النشاط الإشعاعي و اعطاء وحدتها في النظام الدولي : النشاط الإشعاعي لعينة مشعة تساوي إلى عدد التفككات في وحدة الزمن . النشاط الإشعاعي يقدر في النظام الدولي SI بالـ Bq وهذا عندما يقدر الزمن بـ s .
- ـ ف استنتاج أن : $A(t)/A_0 = N(t)/N_0 = e^{-\lambda t}$ لدينا : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ أي $A_0 = \lambda \cdot N_0$
- و منه : $A(t)/A_0 = \lambda \cdot N(t) / \lambda \cdot N_0 = N(t)/N_0 = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) / N_0 = \exp(-\lambda t)$
- 3- فجوة سان اندرياس

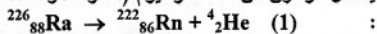
- ـ ا تحديد قيمة t_3 المطابقة للعينة 3 : $A(t_3)/A_0 = \exp(-\lambda \cdot t_3) \Rightarrow t_3 = -1/\lambda \cdot \ln [A(t_3)/A_0] = 1,10 \cdot 10^3$ ans
- ـ ب استنتاج السنة التي حدث فيها الزلزال الموافق للعينة رقم 3 المدروسة سنة 1989 : $1989 - 1,10 \cdot 10^3 = 8,90 \cdot 10^2$

جـ تعيين لكل عينة السنة التي توافقها : كلما كبرت قيمة النشاط الإشعاعي كلما كانت العينة أصغر عمرا .
إذن العينة 1 توافقها السنة 1247 و العينة 2 توافقها السنة 589 .

التمرين 4-

1- تفكك الراديوم :

يحتوي الهواء على الرادون 222 بكميات أكثر أو أقل أهمية . إن هذا الغاز المشع ظاهريا يتولد من الصخور التي تحتوي على اليورانيوم والراديوم . يتشكل الرادون من تفكك الراديوم (المتولد هو نفسه من العائلة المشعة لليورانيوم 238) طبقا لمعادلة



التفاعل النووي التالي :
أ- ما هو نمط الإشعاع المطابق لتفاعل التفكك هذا ؟ علل الإجابة .

ب- اعط العبارة النظرية لنقص الكتلة Δm لنواة ذات الرمز ^A_ZX و الكتلة الذرية m_X .

جـ احسب نقص الكتلة لنواة الراديوم Ra . عبر عنها بوحدة الكتلة الذرية u . د- اكتب علاقة التكافؤ كتلة - طاقة .

نقص الكتلة Δm لكنتة الرادون Rn هو : $3,04 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

هـ عرف طاقة الربط E_b للنواة . ف احسب بالرجول طاقة الربط $E_b(\text{Rn})$ لنواة الرادون .

و- تحقق من أن هذه الطاقة تساوي $1,71 \cdot 10^3 \text{ MeV}$.

ز- استنتج طاقة الربط لكل نوكلون E_b/A لنواة الرادون . عبر عن هذه النتيجة بـ : MeV/nucleon

أ- اوجد العبارة النظرية لتغير الطاقة ΔE للتفاعل (1) بدلالة m_{Ra} ، m_{Rn} ، m_{He} كتل أنوية الراديوم ، الرادون والهيليوم .

ب- اعط ΔE بالرجول .

2- انشطار اليورانيوم 235

يحتوي عنصر اليورانيوم في الحالة الطبيعية أساسا على النظائر $^{238}_{92}\text{U}$ و $^{235}_{92}\text{U}$. في المفاعلات النووية « ذات النيوترونات البطيئة » يكون الوقود هو اليورانيوم «المخصب» .

عند انشطار نواة اليورانيوم 235 ، يمكن لعدد كبير من

التفاعلات أن يحدث . من بين هذه التفاعلات هناك من تعطي

أنوية الزركونيوم والتيلور ذات الرموز $^{99}_{40}\text{Zr}$ و $^{134}_{52}\text{Te}$.

جـ اكتب معادلة الانشطار لنواة اليورانيوم 235 مقفوفة

بنيترون ، يؤدي إلى تشكل Zr و Te .

د- الأنوية U ، Zr و Te موضوعة على المنحنى المرفق .

انطلاقا من هذا المنحنى ، استخرج الفائدة الطاقوية لتفاعل

الانشطار هذا .

3- تفكك نواة Zr

إن نواة Zr المتولدة من نواة اليورانيوم بالانشطار ، غير

مستقرة . تتفكك خلال تفكك β^- معطيا نواة نيوبيوم Nb .

أ- اعط تعريف الإشعاع β^- . ب- اكتب معادلة التفكك لنواة Zr .

المعطيات :

وحدة الكتلة الذرية	طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	إلكترون فولت	سرعة الضوء في الفراغ
$u = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$E = 931,5 \text{ MeV}$	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

الإسم	بروتون	نيوترون	هيليوم	راديوم	رادون	إلكترون
الرمز	^1_1p	^1_0n	^4_2He	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{226}_{86}\text{Rn}$	$^0_{-1}\text{e}$
كتلة بـ (u)	1,007	1,009	4,001	225,977	221,970	$5,49 \times 10^{-4}$

الحل 4-

أ- نمط الإشعاع المطابق لتفاعل التفكك هذا : نواة الراديوم تتفكك أنيا باعثا ^4_2He . الجسمية α . نمط الإشعاع : إشعاع α .

ب- العبارة النظرية لنقص الكتلة Δm لنواة ذات الرمز ^A_ZX و الكتلة الذرية m_X : $\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_X$.

جـ حساب نقص الكتلة لنواة الراديوم Ra : $\Delta m = 88 \cdot 1,007 + (226 - 88) \cdot 1,009 - 225,977 = 1,881 \text{ u}$.

د- كتابة علاقة التكافؤ كتلة - طاقة : $E = m \cdot c^2$ حيث E بـ J و m بـ kg و c سرعة الضوء في الخلاء بـ m/s .

هـ تعريف طاقة الربط E_b للنواة : هي الطاقة التي تعطى لنواة في حالة سكون و التي من أجلها تنفصل عنها كل نوكلوناتها و هي ساكنة و معزولة .

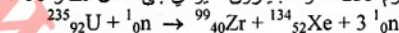
٢- حساب الجول طاقة الربط $E_l(Rn)$ لنواة الرادون : $E_l(Rn) = \Delta m \cdot c^2 = 3,04 \cdot 10^{-27} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 = 2,74 \cdot 10^{-10} \text{ J}$
 جـ التحقق من أنها تساوي $1,71 \cdot 10^3 \text{ MeV}$: بالقسمة على $1,6 \cdot 10^{-13}$ نحصل على : $E = 1,71 \cdot 10^3 \text{ MeV}$
 هـ استنتاج طاقة الربط لكل نوكلون E_l/A لنواة الرادون : $E_l/A = (222/222) = 7,70 \text{ k/nucleon}$
 ز العبرة النظرية لتغير الطاقة ΔE للتفاعل (1) : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [m(Rn) + m(He) - m(Ra)] \cdot c^2$
 جـ اعط ΔE بالجول : $\Delta E = [221,970 + 4,001 - 225,977] \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 = -8,97 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
 حـ ΔE سالبة ، هذا يعني أن التفاعل يحرر طاقة و يقدمها للوسط الخارجي .

2- انشطار اليورانيوم 235

أ- عرف الحد « نظير » : النظائر لها نفس العدد الذري و تختلف في العدد الكتلي (عدد النوترونات)

ب- تعريف الانشطار : خلال الانشطار ، نواة ثقيلة غير مستقرة ، تحت تأثير نوترون ، تتحطم أو تنكسر إلى نواتين أصغر منها . هذا التفاعل النووي يصاحبه تحرر طاقة .

جـ كتابة معادلة الانشطار لنواة اليورانيوم 235 مقذوفة بنيترون ، يؤدي إلى تشكل Te و Zr :



د- استخراج الفائدة الطاقوية لتفاعل الانشطار هذا : هذا التفاعل النووي يصاحبه تحرر طاقة :

$$E_l = 235 E/A(U) - [99 \cdot E/A(Zr) + 134 \cdot E/A(Te)] < 0$$

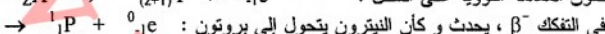
$$E_l = 235 \cdot 7,2 - [99 \cdot 8,7 + 134 \cdot 8,5] = -3,1 \cdot 10^2 \text{ MeV}$$

3- تفكك نواة Zr

أ- تعريف الإشعاع β^- : الجسيمات β^- هي إلكترونات : $^0_{-1}e$ منبثقة من النواة .

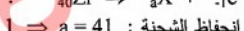
في التناقص الإشعاعي β^- ، ينبعث جزء من النواة و هي إلكترون : $^0_{-1}e$ ، الجزء المتبقى هو نوكليد مختلف .

تكون المعادلة النووية على الشكل :



في التفكك β^- ، يحدث و كأن النيترون يتحول إلى بروتون : $^1_0n \rightarrow ^1_1p + ^0_{-1}e$

ب- كتابة معادلة التفكك لنواة Zr : نواة الزركونيوم تخضع لتفكك من نوع β^- إذن فعلا انبعاث الإلكترون يوافق هذا التفكك .



قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $40 = a - 1 \Rightarrow a = 41$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $99 = b + 0 \Rightarrow b = 99$

النواة المتشكلة هي إذن نواة العنصر ذو الرقم الذري $Z = 41$ أي نواة عنصر النيبوم 99 : $^{99}_{41}Nb$

و منه : معادلة التفاعل : $^{99}_{40}Zr \rightarrow ^{99}_{41}Nb + ^0_{-1}e$

التمرين 5- إنتاج الطاقة النووية .

1- إنشطار نووي

إن المفاعل النووي هو عبارة عن مصنع لإنتاج الكهرباء .

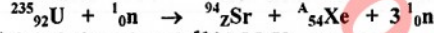
تستعمل حاليا هذه المحطات الطاقة الحرارية المحررة بتفاعلات انشطار اليورانيوم 235 المشكل « للوقود النووي » .

تحول هذه الطاقة الماء إلى بخار . يسبب ضغط بخار الماء تدوير توربين بسرعة عالية بتشغيل منوب للتيار ينتج الكهرباء .

بعض منتجات الانشطار تشكل أنوية مشعة ذات نصف عمر قد يكون طويلا .

أ- عرف « نصف عمر » . — عرف النشاط الإشعاعي لمنبع مشع . حدد وحدتها في النظام الدولي (SI) .

جـ إن قذف نواة اليورانيوم 235 بالنيترون يمكن أن ينتج نواة سترونسيوم و نواة كزيتون حسب المعادلة التالية :



د- أوجد قيم الأعداد A و Z . — احسب بـ MeV الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار هذا .

هـ ما هي الطاقة المحررة لكل نوكلون لكل مادة مشاركة في التفاعل ؟

2- اندماج نووي

يقام مشروع ITER مستقبلا في موقع Cadarache بفرنسا . هدف هذا المشروع هو إثبات الإمكانية العلمية والتكنولوجية لإنتاج الطاقة بالاندماج الذرات .

إن الاندماج هو مصدر الطاقة للشمس و لتنجوم أخرى . للحصول على تفاعل اندماج يجب تقريب نواتين متنافرتين بما فيه الكفاية لأنهما مشحونتان موجبا . وعليه فإن طاقة معتبرة ضرورية لتجاوز هذا الحاجز والوصول إلى المنطقة القريبة جدا من النواة حيث تتواجد قوى نووية باستطاعتها التغلب على قوى التنافر الكهروستاتيكي .

تفاعل الانشطار الأكثر استخداما هو التفاعل الذي يستخدم الديتريوم التريسيوم . هذا هو التفاعل الذي تتركز عليه البحوث

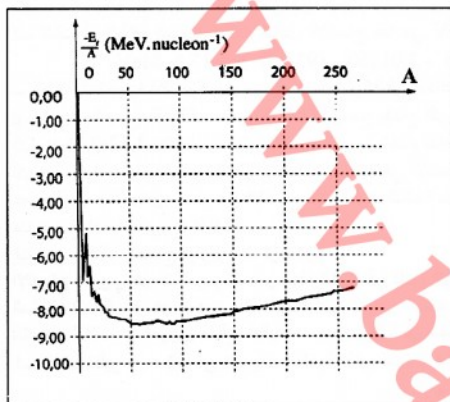
المتعلقة بالاندماج المراقب . إن نصف حياة التريسيوم المستهلك خلال هذا التفاعل ليست أكثر من 15 سنة .

زيادة على ذلك فإن الفضلات النووية الناتجة عن الاندماج قليلة جدا و أكثرها يبقى مخزنا في هياكل التجهيز ؛ 90% منها قليلة أو متوسطة النشاط الإشعاعي . المعطيات :

هيليوم 3	تريسيوم	ديتريوم	بروتون	نيوترون	جسم أو كتلة
${}^3_2\text{He}$	${}^3_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^1_1\text{H}$	${}^1_0\text{n}$	رمز
3,014 93	3,015 50	2,013 55	1,007 28	1,008 66	كتلة بـ u

سترونسيوم	كزيتون	يورانيوم 235	هيليوم 4	جسم أو كتلة
${}^{94}_{38}\text{Sr}$	${}^{54}_{54}\text{Xe}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^4_2\text{He}$	رمز
93,894 5	138,8892	234,994 2	4,001 50	كتلة بـ u

سرعة الضوء في الفراغ	إلكترون فولت	طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	وحدة الكتلة الذرية
$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$	$E = 931,5 \text{ MeV}$	$u = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$



الديتريوم الذي رمزه ${}^2_1\text{H}$ والتريسيوم الذي رمزه ${}^3_1\text{H}$ هما نظيرين للهيدروجين .

أ- عرف معنى " أنوية نظيرة "

ب- اعط تركيب هاتين النواتين .

ج- ما هو تفاعل الاندماج ؟

د- بين بوضوح على منحني أستون ، في أي منطقة تتواجد الأنوية التي بمقدورها إعطاء تفاعل اندماج .

هـ- اكتب معادلة التفاعل النووي بين نواة الديتريوم و نواة التريسيوم بمعرفة أن هذا التفاعل يحرر نيوترونات و نواة رمزها ${}^A_Z\text{X}$ حدد طبيعة النواة ${}^A_Z\text{X}$.

و- أثبت أن الطاقة المحررة أثناء تفاعل الاندماج هذا هي 17,6 MeV . ماهي الطاقة المحررة لكل نوكليون لكل مادة مشاركة في التفاعل ؟

ز- اختم بذكر أهمية مشروع ITER مبينا الفوائد الناتجة

عن استخدام الاندماج مقارنة بالانشطار لتوليد الطاقة الكهربائية في المفاعلات النووية .

الحل 5-

1- إنشطار نووي

أ- تعريف نصف العمر $t_{1/2}$ لنظير مشع : نسمي نصف العمر $t_{1/2}$ لعينة مشعة المدة الزمنية التي من أجلها تنفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة .

ب- تعريف النشاط الإشعاعي لمبضع مشع وحدته في النظام الدولي (SI) : نعرف النشاط الإشعاعي A للعينة بعدد التفككات التي تحدث في العينة المشعة في وحدة الزمن : $A = -dN(t)/dt = |\Delta N / \Delta t|$

البيكريل (Bq) هي وحدة قياس النشاط الإشعاعي إذا قيست وحدة الزمن بالثانية .

واحد بيكريل (1 Bq) يعادل تناقصا واحدا في ثانية واحدة . النشاط الإشعاعي إذن يجانس عكس الزمن $[A] = T^{-1}$

ج- إيجاد قيم الأعداد A و Z : كتابة معادلة تفاعل الانشطار : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{139}_{54}\text{Xe} + 3 {}^1_0\text{n}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $92 = Z + 54 \Rightarrow Z = 38$

د- قانون الحفظ العدد الكتلي : $236 = 94 + A + 3 \Rightarrow A = 139$

و منه : معادلة التفاعل : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{139}_{54}\text{Xe} + 3 {}^1_0\text{n}$

د- حساب بـ MeV الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار : $|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$

ع- عبارة نقص الكتلة Δm للتفاعل : $\Delta E = [3 m(n) + m(\text{Xe}) + m(\text{Sr}) - m(n) - m(\text{U})] \cdot c^2$

الطريقة 1 : إذا حولت الكتلة إلى kg بضربها في العدد $1,66054 \cdot 10^{-27}$ نحصل على الطاقة بـ J و يتم تحويلها من J إلى MeV بقسمتها على : $1,60 \cdot 10^{-13}$ فنحصل على : $\Delta E = -1,80 \cdot 10^2 \text{ MeV}$

الطريقة 2 : إذا أخذت الكتلة بـ u بضربها في العدد : طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية 931,5 نحصل على الطاقة بـ MeV : $\Delta E = -180,0 \text{ MeV}$

الطريقة 3 : الطاقة سالبة إذن الجملة (نواة U + نيوترون) تفقد طاقة و يستقبلها الوسط الخارجي .

د- الطاقة المحررة لكل نوكليون : $E/\text{nuc} = E/236 = 180/236 = 0,76 \text{ MeV / nucleon}$

2- اندماج نووي

- a- تعريف معنى "أبوية نظيرة" : الأبوية النظرية لها نفس العدد الشحني (بروتونات) و تختلف في العدد الكتلي (نوترونات)
- b - تركيب هاتين النواتين : مكونات نواة الدوتريوم ${}^2_1\text{H}$: النواة تتشكل من 2 نوكليونات : 1 بروتون و 1 نوترون .
مكونات نواة التريسيوم ${}^3_1\text{H}$: النواة تتشكل من 3 نوكليونات : 1 بروتون و 2 نوترون .
- c- تفاعل الاندماج هو التفاعل النووي الذي من خلاله يحدث اندماج بين نواتين صغيرتين لتتشكل نواة جديدة أثقل و أكبر مع توقع تشكل جسيمات أخرى (نوترونات ، بروتونات) . يصاحب هذا التفاعل فقدان كتلة .
- d- منطقة تواجد الأنوية التي بمقدورها إعطاء تفاعل اندماج : الأنوية التي بمقدورها إعطاء تفاعل اندماج هي التي عددها الكتلي أقل من 20 أي الأنوية الخفيفة . و تقع في الجزء من منحني أسطون أين نلاحظ التناقص الحاد له .
- e- كتابة معادلة هذا التفاعل النووي ثم التعرف على الجسيمة X : ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + X$
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $2 = 0 + Z \Rightarrow Z = 2$
قانون انحفاظ العدد الكتلي : $5 = 1 + A \Rightarrow A = 4$
- الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن هيليوم ${}^4_2\text{He}$ و منه : معادلة التفاعل : ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
- f- اثبات أن الطاقة المتحررة أثناء تفاعل الاندماج هذا هي 17,6 MeV : باستخدام طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية : $\Delta E = [1,00866 + 4,00150 - 2,01355 - 3,01550] \cdot (931,5) = 17,6 \text{ MeV}$

— الطاقة المتحررة لكل نوكليون من المادة المشاركة في التفاعل : $E/\text{nucleon} = E/5 = 17,6/5 = 3,52 \text{ MeV / nucleon}$

— أهمية مشروع ITER : مشروع ITER يسمح بإنتاج أكبر للطاقة . بمقارنة طاقة الربط السابقين للإنتشار و الاندماج $3,52/0,76 = 4,6$ نلاحظ أن النتيجة تكون أكبر باستخدام تفاعل الاندماج . أي نجد الاندماج المدروس ينتج طاقة لكل نوكليون أكبر بـ 4,6 مرة مما ينتج بتفاعل الإنتشار . كذلك في الإنتشار بعض النواتج يكون لها نشاط إشعاعي مرتفع و زمن نصف عمر طويل جدا عكس ما هو في الاندماج فإن المواد الناتجة مشعة و لكن تمتلك النشاط الإشعاعي في الأغلبية يكون ضعيف من هنا تتضح أهمية مشروع ITER .

التمرين 6 . اندماج ديتريوم — تريسيوم

- الاندماج النووي هو الناشئ و المدمر لهذا الكون في نفس الوقت . هو الناشئ في النجوم أين تتولد من خلاله كل الذرات المشكلة للمادة . و هو المدمر للإستعمالة على الأرض لصنع القنابل النووية المدمرة لكل شيء أكان حيا أو ميتا . بالرغم من ذلك فإن للاندماج النووي منافع عظيمة ، حيث يراقب في مفاعلات نووية لفتح آفاق في التنمية المستدامة على المدى الطويل .
- 1- عرف نظير ؟ 2- في الأدبيات العلمية تذكر عادة : • الديتريوم D الذي يحتوي نواته على 1 بروتون و 1 نيوترون . • التريسيوم T الذي يحتوي نواته على 1 بروتون و 2 نيوترون .
 - كيف نرمز للأنوية D و T (في الترميز ${}^A_Z\text{X}$) ؟ ما هو العنصر الكيميائي الذي ينتسبان إليه ؟
 - 3- ما هي النواة المشعة ؟
 - 4- التريسيوم T المشع بصدور β^- . أكتب معادلة التفكك لـ T (بإستعمال الترميز ${}^A_Z\text{X}$) .
 - 5- يمتلك التريسيوم T نصف عمر $t_{1/2} = 12 \text{ ans}$. ماذا تعني هذا التصريح ؟ 6- ما هو تفاعل الاندماج ؟
 - 7- بإستخدام الترميز ${}^A_Z\text{X}$ ، أكتب معادلة الاندماج النووي DT ، يعني الاندماج بين نواة الديتريوم و نواة التريسيوم التي يتكون أثناءها نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$.
 - 8- عبر عن الطاقة ΔE التي يمكن أن تتحرر بهذا التفاعل بدلالة الكتلة $m({}^A_Z\text{X})$ للجسيمات (أو الأنوية) الداخلة في التفاعل .
 - 9- عبر عن الكتلة $m({}^A_Z\text{X})$ للنواة ${}^A_Z\text{X}$ بدلالة m_p ؛ m_n ؛ A ؛ Z ؛ و طاقة الربط $E_b({}^A_Z\text{X})$.
 - استنتج عبارة ΔE بدلالة طاقات الربط لتفاعل الاندماج المعني .
 - 10- تعطى قيم طاقات الربط للأنوية التالية : $R_1({}^4_2\text{He}) = 28,29 \text{ Mev}$ ، $R_1(\text{T}) = 8,481 \text{ Mev}$ ، $(\text{D}) = 2,224 \text{ Mev}$. أحسب عدديا قيمة ΔE .
 - 11- شروط اندماج DT : لا يحدث الاندماج إلا إذا كانت النواتين في تلامس . النواتان D و T تتنافران ؟ لماذا ؟
 - 12- ليتم الاندماج يجب أن يتم تلامس نواتي D و T . إن هذا لا يمكن حدوثه إلا إذا كان الإضطراب الحراري أي طاقة الحركة E_c للأنوية كبيرة بما فيه الكفاية أي : $E_c > 0,35 \text{ MeV}$. من الناحية الكمية تكون درجة الحرارة المطلقة T (بالكلفن) للأنوية متناسبة مع الطاقة الحركية ؛ يسلم بأن طاقة حركية بواحد إلكترون فولت 1 eV توافق حرارة 7 700 K . ما هي درجة الحرارة الدنيا للأنوية لكي يحدث الاندماج ؟
 - 13- إن درجة الحرارة الداخلية للشمس لا تتجاوز $15 \cdot 10^6 \text{ K}$. ما هي النتيجة التي يمكن استخلاصها بمقارنة درجتي الحرارة هاتين ؟

الحل 6

- 1- تعريف النظير : الأنوية النظرية لها نفس العدد الشحني (بروتونات) و تختلف في العدد الكتلي (نوترونات) .
- 2- نرمز للأنوية D و T (في الترميز ${}^A_Z\text{X}$) : ${}^3_1\text{H}$ ، ${}^2_1\text{H}$. العنصر الكيميائي الذي ينتسبان إليه هو الهيدروجين H .
- 3- النواة المشعة هي نواة غي مستقرة تتفكك تلقائيا .

4- كتابة معادلة التفاعل : التريسيوم ^3_1H مشع بـ β^- . يتفكك معطيا النواة اإبن و إلكترون : $^3_1\text{H} \rightarrow ^3_0\text{e}^- + ^3_1\text{H}$
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $1 = a - 1 \Rightarrow a = 2$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $3 = b + 0 \Rightarrow b = 3$

النواة المشكلة هي نواة عنصر الهيليوم ^3_2He . ومنه : معادلة التفاعل : $^3_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^0_{-1}\text{e}^-$

5- التصريح : يمتلك التريسيوم T نصف عمر $t_{1/2} = 12$ ans يعني أن : نسمي نصف العمر $t_{1/2}$ لعينة مشعة المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة أي بعد 12 سنة يختفي نصف عدد الأنوية الموجودة في البداية في العينة .

6- تفاعل الاندماج : هو التفاعل النووي الذي من خلاله يحدث اندماج بين نواتين صغيرتين لتتشكل نواة جديدة أثقل و أكبر مع توقع تشكل جسيمات أخرى (نوترونات ، بروتونات) . يصاحب هذا التفاعل فقدان كتلة .

7- كتابة معادلة الاندماج النووي DT : $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $2 = 2 + a \Rightarrow a = 0$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $5 = 4 + b \Rightarrow b = 1$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إبن نوترون ^1_0n . ومنه : معادلة التفاعل : $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$
8- التعبير عن الطاقة ΔE التي يمكن أن تحرر بهذا التفاعل بدلالة الكتلة $m(^A_Z\text{X})$ للجسيمات (أو الأنوية) الداخلة في التفاعل :

$$\Delta E = [m(^1_0\text{n}) + m(^4_2\text{He}) - m(^3_1\text{H}) + m(^2_1\text{H})] \cdot c^2$$

9- التعبير عن الكتلة $m(^A_Z\text{X})$ للنواة ^A_ZX بدلالة m_p و m_n و A : Z : طاقة الربط $E_b(^A_Z\text{X})$: $E_b(^A_Z\text{X}) = \Delta m \cdot c^2$

حيث Δm هو النقص في الكتلة الذي هو موجب من التعريف : $E_b(^A_Z\text{X}) = [Zm(p) + (A - Z)m(n) - m(^A_Z\text{X})] \cdot c^2$

و منه : $Zm(p) + (A - Z)m(n) - m(^A_Z\text{X}) = E_b(^A_Z\text{X}) / c^2$

و منه : $m(^A_Z\text{X}) = Zm(p) + (A - Z)m(n) - [E_b(^A_Z\text{X}) / c^2]$

— استنتاج عبارة ΔE بدلالة طاقات الربط لتفاعل الاندماج المعني : $\Delta E = [m(^1_0\text{n}) + m(^4_2\text{He}) - m(^3_1\text{H}) - m(^2_1\text{H})] \cdot c^2$

حيث : $m(^3_1\text{H}) = m(p) + 2m(n) - [E_b(^3_1\text{H}) / c^2]$ و $m(^2_1\text{H}) = m(p) + m(n) - [E_b(^2_1\text{H}) / c^2]$

و $m(^4_2\text{He}) = 2m(p) + 2m(n) - [E_b(^4_2\text{He}) / c^2]$ بالتعويض عن $m(^3_1\text{H})$ و $m(^2_1\text{H})$ و $m(^4_2\text{He})$ في عبارة ΔE نجد :

$$\Delta E = [- (E_b(^4_2\text{He}) / c^2) + (E_b(^2_1\text{H}) / c^2) + (E_b(^3_1\text{H}) / c^2)] \cdot c^2$$

و منه : $\Delta E = -E_b(^4_2\text{He}) + E_b(^2_1\text{H}) + E_b(^3_1\text{H})$

10- حساب قيمة ΔE : $\Delta E = -E_b(^4_2\text{He}) + E_b(^2_1\text{H}) - E_b(^3_1\text{H}) = -28,29 + 2,224 + 8,481 = -17,59 \text{ MeV}$

11- شروط اندماج DT : النواتان D و T تتنافران : لأن لهما نفس الشحنة الموجبة و حسب قانون كولومب تحدث بينهما تنافر أي خاضعة لقوة تنافر إلكترونستاتيكية .

12- درجة الحرارة الدنيا للأنوية لكي يحدث الاندماج : درجة الحرارة المطلقة T بـ K للأنوية تتناسب طرذا مع طاقاتها الحركية

حيث : $T = k \cdot E_c$: $E_c = 1 \text{ eV}$ يوافق $T_1 = 7700 \text{ K}$. ومنه : $E_{c2} = 0,35 \cdot 10^6 \text{ eV}$ يوافق T_2

و منه : $T_2 = E_{c2} / E_{c1} \cdot T_1 = (0,35 \cdot 10^6) / 1 \cdot 7700 = 2,7 \cdot 10^9 \text{ K}$ وهي درجة الحرارة الحدية الصغرى التي من أجلها يحدث الاندماج .

13- النتيجة التي يمكن استخلاصها بمقارنة درجتَي الحرارة هاتين : الحرارة الداخلية للشمس هي $15 \cdot 10^6 \text{ K}$ وهي أصغر بـ

180 مرة . و منه يمكن أن نفكر أن في الشمس لا يحدث الاندماج DT . الشمس هو محل لعدة تفاعلات اندماج أخرى التي

تتطلب طاقة أقل من أجل حدوثها .

التمرين 7

1- الكلور في المياه الباطنية

يوجد نظيرين رئيسيين مستقرين للكلور هما الكلور 35 و الكلور 37 يوجدان بنسبة 3 إلى 1 على الترتيب ما يعطي الكتلة المولية المتوسطة للكلور $35,5 \text{ g/mol}$.

الكلور له 9 نظائر . من كلور 32 إلى الكلور 40 ، فقط 3 نظائر منه طبيعية : الكلور 35 مستقر نسبته % 75,77 ، الكلور

35 مستقر نسبته % 24,23 و الكلور 36 مشع . نسبة عدد أنوية الكلور 36 إلى العدد الكتلي لأنوية الكلور الموجودة في

المحيط هي $7,0 \cdot 10^{-13}$ حاليا . الكلور 36 يتفكك أساسا إلى أرغون 36 . نصف عمر الكلور 36 هو $301 \cdot 10^3 \text{ ans}$. هذه

القيمة تجعله يمكن إستخدامه للتأريخ الجيولوجي للمياه الباطنية على المدى من 60 ألف إلى مليون سنة .

تعطى : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$ ، $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ ، النواة $^{36}_{17}\text{Cl}$ كتلتها $m_{Cl} = 59,71128 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. — النواة $^{36}_{18}\text{Ar}$

$m_p = 1,67292 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ، $m_n = 1,67492 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

a- ما هو وجه الاختلاف بين نواة كلور 35 و كلور 37 ؟ b- عرف معنى النظير .

c- اعط تركيب النواة الكلور 36 و تمثيله الرمزي . احسب بـ MeV طاقة الربط E_b لنواة الكلور 36 .

د- سبق و أن ذكر في المقدمة تفاعل تفكك نواة الكلور 36 . أكتب معادلة هذا التفاعل محددا القوانين المستعملة وكذا طبيعة الإشعاع الناتج . ع- اعط تعريف نصف العمر للكلور 36 .

II- ثابت النشاط الإشعاعي للكلور

a-1 - حدد بطريقة التحليل البعدي وحدة ثابت النشاط الإشعاعي في الجملة الدولية SI .
b- احسب ثابت النشاط الإشعاعي للكلور 36 .

2- زجاجة تحتوي على حجم $V = 1,5 \text{ L}$ من مياه معدنية تركيزه بشوارد الكلور هي $c_m = 13,5 \text{ mg/L}$.
ع- احسب كمية المادة لشوارد الكلور في ماء الزجاجة .

b- بفرض أن نسبة عدد ذرات الكلور 36 إلى العدد الكلي لأنوية الكلور الموجودة في ماء الزجاجة هو $7,0 \cdot 10^{-13}$. بين أن العدد N لأنوية الكلور 36 الموجودة في الزجاجة هو $N = 2,4 \cdot 10^8$.

c- استنتج قيمة النشاط الإشعاعي للكلور 36 في الماء الزجاجة . د- استنتج عدد تفككات أنوية الكلور 36 في اليوم الواحد .

III- تأريخ ماء باطني

دراسة النظائر المشعة تعطينا معلومات حول عمر المياه الباطنية . شوارد الكلور $\text{Cl}_{(\text{aq})}$ موجودة تقريبا دائما في المياه المعدنية الطبيعية و نادرا ما تتدخل في التأثيرات مياه - صخور . في المياه السطحية ، الكلور 36 يتجدد حيث تبقى نسبته دائما ثابتة و هذا مالا يحدث في المياه الباطنية . الكلور 36 نصف عمره $3,01 \cdot 10^5 \text{ ans}$. الكلور 36 إذن رسام يساعد على دراسة المياه الباطنية القديمة . من أجل تأريخ المياه الجديدة يمكن إستعمال الكربون 14 الذي نصف عمره $5,73 \cdot 10^3 \text{ ans}$ و هو موجود في شوارد الكربونات المذابة في الماء $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.

ع- تعتبر عينة حجمها V معين من ماء مستخرج من المياه الباطنية . أعطى :

- N_0 العدد المتوسط لأنوية الكلور 36 الموجودة في هذه العينة عند اللحظة $t = 0$ (لحظة تشكيل الماء الباطني) .

- $N(t)$ العدد المتوسط لأنوية الكلور 36 في الماء المستخرج حاليا من الماء الباطني أي غير متجدد من الكلور 36

اكتب قانون التناقص الإشعاعي بدلالة $N(t)$ و N_0 و $t_{1/2}$

b- نقبل أن N_0 يساوي إلى العدد المتوسط لأنوية الكلور 36 الموجود في عينة من نفس الحجم V للماء السطحي . استنتج من قانون التناقص الإشعاعي السابق عمر الماء الباطني أين الماء غير متجدد فيه الكلور 36 و يحتوي فقط على 38 % من عدد الأنوية للكلور 36 الموجود في المياه السطحية . لماذا لا نستخدم الكربون 14 لتأريخ هذا الماء الباطني .

الحل - 7

أ- الكلور في المياه الباطنية

a- وجه الاختلاف بين نواة كلور 35 و كلور 37 : هو عدد النوترونات .

b- معنى النظير : النظائر هي أنوية لنفس العنصر لها نفس العدد الذري (البروتونات) و تختلف في العدد الكتلي (النوترونات) .

c- تركيب النواة الكلور 36 و تمثله الرمزي : رمز نواة الكلور 36 هو $^{36}_{17}\text{Cl}$ و رقمه الذري هو : $Z = 17$.
النواة تتشكل من 36 نوكليونات : 17 بروتون و 19 نوترون .

- حساب بـ MeV طاقة الربط E_l لنواة الكلور 36 : من التعريف : $E_l + m_{\text{Cl}} \cdot c^2 = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2$.

حيث E هي طاقة الربط للنواة . و منه : $E_l = [Zm(p) + (A - Z)m(n)] \cdot c^2 - m_{\text{Cl}} \cdot c^2$.

$E_l = [17 \cdot 1,67262 + (19) \cdot 1,67492 - 36 \cdot 1,67492] \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 4,914 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 306,7 \text{ MeV}$

د- كتابة معادلة هذا التفاعل محددا القوانين المستعملة و كذا طبيعة الإشعاع الناتج : $^{36}_{17}\text{Cl} \rightarrow ^{36}_{18}\text{Ar} + ^0_{-1}\text{e}$: قانون انحفاظ الشحنة : $17 = 18 + Z \Rightarrow Z = -1$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $36 = 36 + A \Rightarrow A = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إلكترون $^0_{-1}\text{e}$. و منه نوع التفكك هو : تفكك من نوع β^- .

و منه : معادلة التفاعل : $^{36}_{17}\text{Cl} \rightarrow ^{36}_{18}\text{Ar} + ^0_{-1}\text{e}$.

c- تعريف نصف العمر للكلور 36 : هي المدة الزمنية التي من أجلها تفكك نصف عدد أنوية الكلور المشعة الموجودة في البداية في العينة : $N(t_{1/2}) = N_0/2$

II- ثابت النشاط الإشعاعي للكلور

a-1 - تحديد بطريقة التحليل البعدي وحدة ثابت النشاط الإشعاعي في الجملة الدولية SI : علما أن $t_{1/2}$ تقدر بـ s . تحليل الأبعاد لـ λ : $[\lambda] = [\ln 2 / t_{1/2}] = 1/[t_{1/2}] = 1/T^{-1} = s^{-1}$.

b- حساب ثابت النشاط الإشعاعي للكلور 36 : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = (\ln 2) / (301 \cdot 10^3 \cdot 3,156 \cdot 10^7) = 7,3 \cdot 10^{-14} \text{ s}^{-1}$

2- ا- كمية المادة لشوارد الكلور في الزجاجة : $n = m/M = (c_m \cdot V)/M = (13,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5)/35,5 = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.
b-2 - تبين أن العدد N لأنوية الكلور 36 الموجودة في الزجاجة هو $N = 2,4 \cdot 10^8$: ليكن N_T العدد الكلي لأنوية الكلور في الزجاجة : $N_T = n \cdot N_A$

$$N/N_T = 7,0 \cdot 10^{-13} \Rightarrow N = 7,0 \cdot 10^{-13} \cdot N_T = 7,0 \cdot 10^{-13} \cdot n \cdot N_A \Rightarrow N = 2,4 \cdot 10^8 \text{ noyaux}$$

ـ استنتاج قيمة النشاط الإشعاعي للكلور 36 في الماء الزجاجية :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) = \ln 2 / t_{1/2} \cdot N(t) = \ln 2 / (301 \cdot 10^3 \cdot 3,146 \cdot 10^7) \cdot 2,4 \cdot 10^8 = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ Bq}$$

هذه النتيجة تمثل عدد تفككات في الثانية الواحدة .

ـ استنتاج عدد تفككات D لأتوية الكلور 36 في اليوم الواحد : $D = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 24 \cdot 3600 = 1,5$

III- تأريخ ماء باطني

ـ كتابة قانون التناقص الإشعاعي بدلالة $N(t)$ و N_0 و $t_{1/2}$: لدينا : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t)$

ـ استنتاج عمر الماء الباطني : $N(t) = 38/100 N_0 = N(t)/N_0 = 0,38$ و منه : $\exp(-\ln 2 / t_{1/2} \cdot t) = N(t)/N_0$

و منه : $t = -\ln(N(t)/N_0) \cdot t_{1/2} / \ln 2 = 4,2 \cdot 10^5 \text{ ans}$

لا نستخدم الكربون 14 لتأريخ هذا الماء الباطني لأن الكربون 14 له نصف عمر أصغر من الكلور 36 . الماء الباطني جد قديم و منه يمكن أن نفكر في أنه لا يحتوي على كمية كافية من الكربون 14 تمكننا من الدراسة الدقيقة أو السلمية .

التمرين - 8

نص المقدمة : الرادون 222 غاز مشع لا لون له ولا رائحة ، خارج من تحت طبقات الأرض و هو المسبب الثاني لظهور سرطان الرئة بعد التبغ . موجود في الحالة الطبيعية . يمكن أن ينتج من تفكك اليورانيوم 238 كما يمكن أن نجده في أي مكان على سطح الأرض و خاصة في المناطق ذات الصخور الغرانيتية . اليورانيوم 238 يتحول إلى الثوريوم ثم إلى راديوم و أخيرا إلى الرادون . يقاس تركيزه بـ Bq لكل m^3 من الهواء . الرادون خطير حيث يستدعي أخذ الإحتياط إذا كان تركيزه 400 Bq/ m^3 و تكون الحالة خطيرة جدا عندما يصل تركيزه 1000 Bq/ m^3 . تعطى :

الاسم	الرادون	الفرانسيوم	الراديوم	الأكتنسيوم	الثوريوم	البرواكتينيوم	اليورانيوم
الرمز	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U
الرقم الذري	86	87	88	89	90	91	92

1- من اليورانيوم 238 إلى الرادون 222 .

ـ حدد تركيب نواة اليورانيوم 238 و كذا تمثيلها الرمزي .

ـ اليورانيوم 238 موجود في الغرانيت يتفكك طبيعيا . مستعينا بنص المقدمة أكتب معادلة التفاعل و ما نوع الإشعاع الناتج .

ـ الثوريوم 234 يتفكك بإشعاع β^- . اكتب معادلة هذا التفكك .

ـ النواة الابن الناتجة تصدر جسيمة β^- ليتشكل اليورانيوم 234 . بين أنه من خلال سلسلة تفككات α لليورانيوم 234 نصل إلى الرادون 222 .

ـ علق على هذه الجملة : اليورانيوم 238 يتحول إلى الثوريوم ثم إلى الراديوم و أخيرا إلى الرادون .

2- قياس النشاط الإشعاعي للرادون 222

لقياس تركيز الرادون في حجرة ، نأخذ 120 mL من الهواء نضعه في مخبر غازي و هذا الأخير نضعه في الجهاز الذي

يحسب العدد الكلي n_d للتفككات α الناتجة عن الرادون 222 فقط . نحدد المجال الزمني بين قياسين متتاليين هو $\Delta t = 500 \text{ s}$

ـ القياس الأول أعطى عدد التفككات $n_{d0} = 68$ تفكك خلال Δt . القياس الثاني أعطى $n_{d1} = 78$ تفكك . ما طبيعة التفكك

الإشعاعي المسؤول عن هذا الفارق ؟

ـ نواصل القياسات لعدة أيام نحصل على الجدول التالي :

n_d	14	16	20	23	30	36	41	51	59	73
التاريخ (jours)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

ارسم على ورق مليميترى المنحنى الممثل لـ $n_d = f(t)$. السلم : 1 cm يمثل 0,5 j ، 1 cm يمثل 5 تفككات .

ـ مستعينا بالمنحنى حدد نصف عمر الرادون 222 .

ـ المجال الزمني بين قياسين متتاليين هو $\Delta t = 500 \text{ s}$. هل هي موافقة لدراسة الرادون 222 ؟

ـ حدد النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة $t = 0$ أي عند أخذها .

ـ هل تركيز الرادون 222 الموجود في الحجرة في درجة الخطورة أي الحالة خطيرة جدا .

الحل - 8

1- من اليورانيوم 238 إلى الرادون 222 .

ـ تحديد تركيب نواة اليورانيوم 238 و كذا تمثيلها الرمزي : رمز نواة اليورانيوم 238 هو : ${}^{238}_{92}\text{U}$ و رقمه الذري هو :

$Z = 92$ النواة تتشكل من 238 نوكليونات : 92 بروتون و 146 نوترون .

ـ كتابة المعادلة التي توضح تفكك اليورانيوم 238 : ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $92 = 90 + a \Rightarrow a = 2$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $238 = 234 + b \Rightarrow b = 4$

النواة المشكلة هي نواة عنصر الهيليوم ${}^4_2\text{He}$. ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{238}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$

— كتابة المعادلة التي توضح تفكك الثوريوم 234 : ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^b_a\text{X} + {}^0_{-1}\text{e}^-$: $234 = 234 + 0 \Rightarrow b = 234$ ، $90 = a - 1 \Rightarrow a = 91$: قانون انحفاظ الشحنة : — قانون انحفاظ العدد الكتلي : $234 = b + 0 \Rightarrow b = 234$

النواة المشكلة هي نواة عنصر البروتكتينيوم 234 : ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + {}^0_{-1}\text{e}^-$

— كتابة المعادلة التي توضح تفكك الثوريوم 234 إلى الرادون 222 : ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + k {}^4_2\text{He}$: $222 = 234 - 4k \Rightarrow k = 3$: قانون انحفاظ الشحنة : $92 = 86 + 2k \Rightarrow k = 3$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : $234 = 222 + 4k \Rightarrow k = 3$

من خلال سلسلة تفكك α عددها 3 يتحول اليورانيوم 234 إلى الرادون 222 .

ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{234}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + 3 {}^4_2\text{He}$

1- التعليق الجملة : اليورانيوم 238 يتحول إلى الثوريوم ثم إلى الراديوم وأخيراً إلى الرادون : نحن في وضع يتعلق بالتحولات النووية التي تغير طبيعة الأنوية وليس التحولات الكيميائية التي تغير فقط السحابة الإلكترونية للذرات . من جهة أخرى للتحول من ${}^{238}_{92}\text{U}$ إلى ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ نمر على ${}^{234}_{90}\text{Th}$ ثم ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ ثم ${}^{234}_{92}\text{U}$ ثم ${}^{230}_{90}\text{Th}$ ثم ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ثم ${}^{222}_{86}\text{Rn}$.

2- قياس النشاط الإشعاعي للرادون 222

— طبيعة التفكك الإشعاعي المسؤول عن هذا الفارق : قياسين متتاليين للتفككات لا يعطيان نفس القياس بسبب الطبيعة العشوائية للتفككات الإشعاعية .

— رسم على ورق مليميترى المنحنى الممثل لـ $n_d = f(t)$:

— مستعينا بالمنحنى نحدد نصف عمر الرادون 222 : نصف عمر الرادون 222 يوافق المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة :

أي فاصلة النقطة من المنحنى $n_d(t_{1/2}) = n_d(t=0)/2$

ذات الترتيب : $36,5 = 73/2$ أي ما يوافق :

$36,5/5 = 7,3 \text{ cm}$. على الشكل . نقرأ قيمة الفاصلة :

$7,7 \text{ cm}$. توافق $3,85 \text{ jours}$ ومنه : $t_{1/2} = 3,9 \text{ jours}$

— $\Delta t = 500 \text{ s}$ صغيرة أمام زمن نصف العمر الرادون 222 :

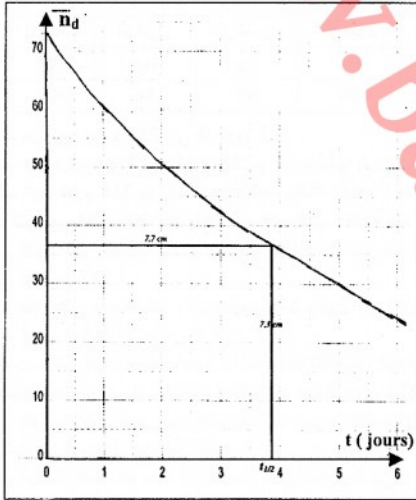
$t_{1/2} = 3,9 \text{ jours}$ ومنه فهي موافقة لدراسة الرادون 222 .

— تحديد النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة $t = 0$ أي عند أخذها :

$A = n_d / \Delta t = 73/500 = 0,15 \text{ Bq}$:

— تركيز الرادون 222 أخذ بـ Bq/m^3 ومنه الحجم المأخوذ

يساوي : $120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ ومنه التركيز فيه :



$0,15 / (120 \cdot 10^{-6}) = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Bq/m}^3$. هذه النتيجة أكبر من القيمة القياسية المعترف أنها في درجة الخطورة

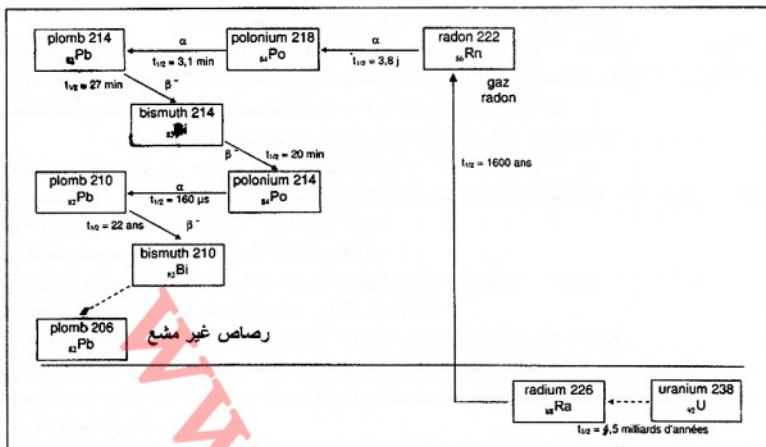
1000 Bq/m^3 ومنه تركيز الرادون 222 الموجود في الحجرة في درجة الخطورة أي في الحالة الخطيرة جداً بالنسبة للإنسان .

التمرين 9

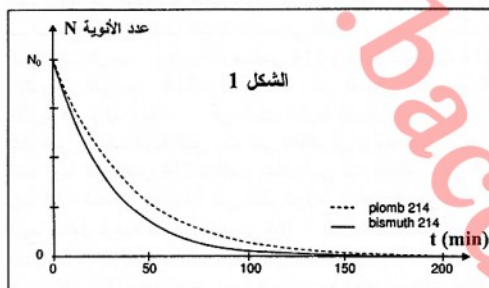
بعض الصخور الأرضية تحتوي على اليورانيوم 238 المشع . بعد عدة تفككات متتالية يتشكل الرادون 222 حيث هذا الأخير ينفلت (يخرج) في حالته الغازية من الصخور و يدخل إلى شقوق بعض البنائيات و يتخزن في الأماكن الناقصة التهوية .

1- عائلة اليورانيوم 238

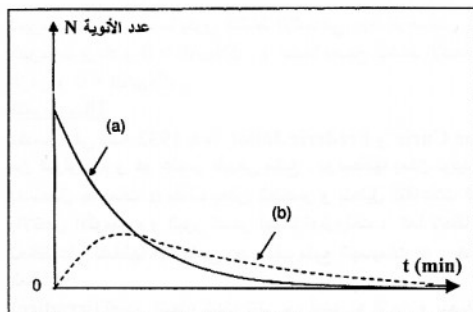
النواة الناتجة من الرادون 222 تنتمي إلى العائلة الموضحة في المخطط المرفق أسفله حيث كل سهم يشير إلى تفكك ، الأسهم المتقطعة تمثل سلسلة تفككات متتالية .



- ١- ماهو تركيب نواة الرادون 222 ماذا يمكن القول عن الأنوية الممثلة على نفس العمود الشاقولي في المخطط السابق .
 ٢- اكتب معادلة تفكك الرادون 222 و كذا الرصاص 214 .
 ٣- عرف نصف العمر و أعط قيمته بالنسبة للبولونيوم 218 .
 ٤- التطور الزمني لمجموعة من عدد لأنوية الرصاص 214 .



- ٥- اكتب العبارة الرياضية للتطور الزمني لعدد الأنوية N
 ٦- عينة من أنوية ثابت نشاطها الإشعاعي λ
 ٧- نذكر أن عدد التفككات في كل ثانية لعينة مشعة معرفة
 بالعلاقة التالية : $A(t) = -dN/dt$. استنتج علاقة النشاط
 الإشعاعي بعدد الأنوية : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$
 ٨- مستعينا بالشكل 1 قارن بدون حساب النشاط الإشعاعي
 لعينة الرصاص 214 عند اللحظتين $t_1 = 25 \text{ min}$
 و $t_2 = 50 \text{ min}$.
 ٩- مستعينا بالشكل 2 قارن بيتاين و بدون حساب النشاط
 الإشعاعي لـ $N_0/2$ أنوية الرصاص 214 و النشاط



- ١٠- الإشعاعي لنفس العدد من أنوية البيزموث 214 ، استنتج
 أي هما له ثابت النشاط الإشعاعي أكبر .
 ١١- النواة الإبن لنواة الرصاص 214 هي نواة
 البيزموث 214 الذي يصدر إشعاع β^- . المنحنيين
 التاليين يمثلان التطور الزمني لأنوية نفس العينة تحتوي
 على أنوية الرصاص 214 و الأنوية الإبن للبيزموث 214
 الناتجة من أنوية الرصاص التي تتفكك .
 ١٢- حدد المنحنى الموافق لأنوية الرصاص 214 و المنحنى
 الموافق لأنوية البيزموث 214 . برر إجابتك .
 ١٣- اختر مما يلي ، مع التبرير ، المعادلة التفاضلية التي تنظم

$$dN_{Bi}/dt = -\lambda_{Bi} \cdot N_{Bi} - \lambda_{Pb} \cdot N_{Pb} - 2$$

الحل -9

١- عائلة اليورانيوم 238

- ٢- تركيب نواة الرادون 222 : رمز نواة الرادون 222 هو ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ و رقمه الذري هو : $Z = 86$
 النواة تتشكل من 222 نوكليون : 86 بروتون و 136 نوترون . الأنوية الممثلة على نفس العمود الشاقولي في المخطط السابق
 هي نظائر لأنها لها نفس العدد الذري و تختلف في العدد الكتلي .
 ٣- كتابة معادلة تفكك الرادون 222 : الرادون يتفكك باعثة نواة البولونيوم حسب المعادلة : ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $86 = 84 + Z \Rightarrow Z = 2$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $222 = 218 + A \Rightarrow A = 4$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر الهيليوم ${}^4_2\text{He}$. ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{218}_{84}\text{Po}$

— كتابة معادلة تفكك الرصاص 214 : الرصاص يتفكك باعثة نواة البزموت حسب المعادلة : ${}^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{214}_{83}\text{Bi} + {}^0_{-1}\text{X}$
قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $82 = 83 + Z \Rightarrow Z = -1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $214 = 214 + A \Rightarrow A = 0$

الجسيمة المنبعثة هي إذن إلكترون ${}^0_{-1}\text{e}$. ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{214}_{83}\text{Bi} + {}^0_{-1}\text{e}$

c- تعريف نصف العمر : هي المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد أنوية الكلور المشعة الموجودة في البداية في العينة
: $N(t_{1/2}) = N_0/2$ بالنسبة للبولونيوم : $t_{1/2} = 3,1 \text{ min}$

2- التطور الزمني لمجموعة من عدد لأنوية الرصاص 214 .

— كتابة العبارة الرياضية للتطور الزمني لعدد الأنوية N لعينة : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

b- استنتاج علاقة النشاط الإشعاعي بعدد الأنوية : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

c- المقارنة بدون حساب النشاط الإشعاعي لعينة الرصاص 214 عند اللحظتين $t_1 = 25 \text{ min}$ و $t_2 = 50 \text{ min}$: بين اللحظتين

توجد مدة زمنية قدرها $t = 25 \text{ min}$ وهذه المدة توافق تقريبا نصف عمر الرصاص 214 ($t_{1/2} = 27 \text{ min}$) أي النشاط الإشعاعي سوف يقسم على 2 .

d- المقارنة ببيانها وبدون حساب النشاط الإشعاعي لـ $N_0/2$ أنوية الرصاص 214 والنشاط الإشعاعي لنفس العدد من أنوية البزموت 214 : $A(t) = -dN(t)/dt$ هو معامل توجيه المماس للمنحنى $N = f(t)$. عندما : $N(t) = N_0/2$ نلاحظ ببيانها أن المعاكس لمعامل توجيه المماس للمنحنى الموافق للبزموت 214 أكبر مما هو بالنسبة للرصاص 214 . إذن النشاط الإشعاعي لـ $N_0/2$ من أنوية البزموت 214 أكبر من النشاط الإشعاعي لنفس العدد من أنوية الرصاص 214 .

— استنتاج أيهما له ثابت النشاط الإشعاعي أكبر : $\lambda_{\text{Bi}} = \lambda_{\text{Pb}} \Rightarrow \lambda_{\text{Bi}} \cdot N_0/2 = \lambda_{\text{Pb}} \cdot N_0/2 \Rightarrow \lambda_{\text{Bi}} > \lambda_{\text{Pb}}$

f- انساب كل منحنى لأنوية الرصاص 214 وأنوية البزموت 214 : المنحنى (b) يشير عند $t = 0$ أن عدد الأنوية معدوم . الأنوية إبن للبزموت 214 لم تظهر بعد . إذن المنحنى (b) يوافق للبزموت 214 . من جهة أخرى ، المنحنى (b) يبين أن عدد الأنوية في تزايد : مما يدل على تشكل الأنوية إبن للبزموت 214 . بعد ذلك المنحنى (b) يبين أن عدد الأنوية في تناقص : مما يدل على أن عدد أنوية البزموت التي تتفكك إلى بولونيوم 214 أكبر من عدد أنوية البزموت المتشكلة من تفكك الرصاص 214 . عدد أنوية الرصاص 214 يتناقص بشكل أسي لأنه يتفكك . إذن المنحنى (a) يوافق الرصاص 214 .

g- كتابة المعادلة التفاضلية التي تنظم شروط التطور الزمني لعدد أنوية البزموت 214 : العبارتين (1) و (3) خاطئتين لأنه

فيهما معامل توجيه المماس للمنحنى (b) : dN_{Bi}/dt سالب مهما تكن t حيث $\lambda > 0$ و $N > 0$. ولكن في الأصح يكون في البداية موجبا ثم يصبح سالبا . إذن تبقى فقط العبارة (2) : $dN_{\text{Bi}}/dt = \lambda_{\text{Pb}} \cdot N_{\text{Pb}} - \lambda_{\text{Bi}} \cdot N_{\text{Bi}}$ هي الصحيحة .

الحـ $\lambda_{\text{Pb}} \cdot N_{\text{Pb}}$ يوافق تشكل أنوية البزموت انطلاقا من تفكك أنوية الرصاص 214 . الحد $-\lambda_{\text{Bi}} \cdot N_{\text{Bi}}$ يوافق التناقص الإشعاعي للبزموت 214 . عندما يكون النشاط الإشعاعي $\lambda_{\text{Pb}} \cdot N_{\text{Pb}}$ أكبر من النشاط الإشعاعي للبزموت 214 فإن عدد أنوية البزموت يزداد و $dN_{\text{Bi}}/dt > 0$. وعندما يصبح النشاط الإشعاعي للبزموت هي الأكبر فإن عدد أنوية البزموت يتناقص مع الزمن و $dN_{\text{Bi}}/dt < 0$.

التمرين 10

مقدمة : في سنة 1932 بدءا **Irene Curie** و **Frederic Joliot** يستعملان في بحثهما منبع للجسيمات α المنبعثة آتيا

من البولونيوم و هو عنصر طبيعي مشع . بواسطتها يمكن توليد تفاعلات نووية في ذرات عناصر أخرى . قام العالمان

باستعمال جسيمات α بقذف بعض العناصر و بتحليل التفاعلات النووية الناتجة لاحظا أن هناك بعض العناصر الخفيفة و

بالأخص الألومنيوم و البور تصدر أحيانا نوترونات ، كما لاحظا ظاهرة أخرى غير منتظرة : المادة المشاعة (irradiée)

تحافظ على نشاطها الإشعاعي بعد حذف منبع الجسيمات α . هذا النشاط الإشعاعي يصدر بوزيتونات . أي أن ورقة الألومنيوم المشاعة

(irradiée) تصدر إشعاع شدته تتناقص أسيا مع الزمن و بنصف العمر 15 s و 3 min . نفس النتيجة توصل إليها مع البور

المشاع (irradiée) بزمان نصف عمر مختلف 14 min . التفسير الوحيد الممكن لهذه الظاهرة هو أن الألومنيوم و البور

عناصر طبيعية مستقرة أصبحت مشعة . العالمان تأكدوا أنه يمكنهما توليد نشاط إشعاعي إصطناعي و ذلك بتشكيل عنصر غير

مستقر مع تفككه الذاتي . حيث اقترحا : نواة الألومنيوم (13 بروتون و 14 نوترون) امتصت جسيمة α و أصدرت نوترون و

تحولت إلى نظير غير مستقر للفوسفور (15 بروتون و 15 نوترون) . و الفوسفور بدوره مشع يتفكك إلى سيليسيوم مستقر

باعثا بوزيتون .

– الجزء 1

المقدمة تشير إلى أن العالمان إستعملوا البولونيوم العنصر الطبيعي المشع كمنبع للجسيمات α .

– عرف النواة المشعة . b – ما هي الجسيمة α ؟

c – عند كتابة معادلة التفاعل النووي نستعمل الترميز A_ZX حيث X هو رمز العنصر . ماذا تمثل A و Z .

d – مستعينا بالجدول أسفله اكتب معادلة التفاعل النووي من أجل إشعاع α للبولونيوم 210 الذي رمز نواته ${}^{210}_{84}\text{Po}$:

الاسم	الزئبق	الرصاص	الرادون	الراديم
الرمز	${}^{208}_{80}\text{Hg}$	${}^{206}_{82}\text{Pb}$	${}^{214}_{86}\text{Rn}$	${}^{212}_{88}\text{Ra}$

– الجزء 2

– اعط رمز نواة الفوسفور المذكورة في المقدمة .

b – مستعينا بالمقدمة و قوانين الحفظ أنقل و اتم معادلة التفاعل النووي التالي : ${}^1_0\text{n} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^A_Z\text{P}$

c – متى نقول عن نواتين أنهما نظيرتين ؟

d – استخرج من الجدول أسفله نظير آخر للفوسفور عدا المذكور في المقدمة :

الرمز	${}^{15}_5\text{B}$	${}^{31}_{15}\text{P}$	${}^{32}_{16}\text{S}$	${}^{75}_{30}\text{Zn}$
-------	---------------------	------------------------	------------------------	-------------------------

– اشرح الجملة الأخيرة في المقدمة بكتابة معادلة التفاعل النووي : و الفوسفور بدوره مشع يتفكك إلى سيليسيوم Si مستقر باعثاً بوزيترون .

f – ما نوع الإشعاع الحادث .

g – عندما تتفكك نواة الفوسفور ، بروتون من النواة يتحول إلى نوترون و بوزيترون . اكتب معادلة هذا التحول .

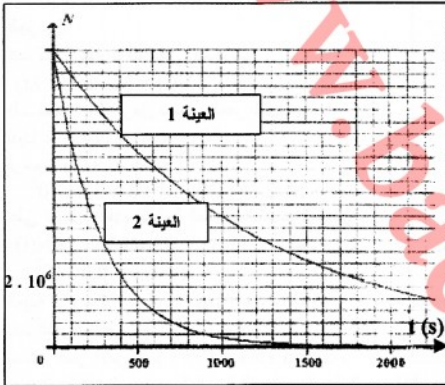
الجزء 3

العينات من الألومنيوم المشاعة (irradiée) و من البور المشاعة (irradiée) المذكورين في المقدمة تتبع قانون التناقص الإشعاعي لأنها تحتوي على أنوية مشعة .

a – لكن $N(t)$ عدد الأنوية عند اللحظة t للعينة المشعة و N_0 عدد الأنوية عند اللحظة $t = 0$. اكتب عبارة التناقص الإشعاعي حيث λ ثابت النشاط الإشعاعي .

b – قمنا بالتمثيل على نفس المنحنى قوانين التناقص الإشعاعي لعينتين من طبعيتين مختلفتين مرقمة 1 و 2 . إحدى العينتين هي الألومنيوم المشاع (irradiée) و الأخرى البور المشاع (irradiée) . حدد بيناين زمن نصف العمر لكل عينة .

c – مستعينا بالمقدمة تعرف على العينتين المرقمة 1 و 2 .



– الجزء 4

التفاعل النووي الذي يعطي الأروت 13 بعد التنشيط الإشعاعي (irradiation) للبور 10 بواسطة منبع جسيمات α معادلته : ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}$ تعطي :

رمز	${}^1_0\text{n}$	${}^{10}_5\text{B}$	${}^{13}_7\text{N}$	${}^4_2\text{He}$
كتلة بـ u	1,008 655	10,010 194	13,001 898	4,001 506

a – اعط نص علاقة التكافؤ كتلة – طاقة .

b – مستعينا بالجدول تحقق أن التغير في الكتلة Δm خلال التفاعل النووي السابق قيمته : $\Delta m = -1,14700 \cdot 10^{-3} \text{ u}$

c – عبر عن التغير في طاقة الكتلة ΔE خلال هذا التفاعل النووي . d – احسب قيمته بـ J ثم بـ MeV .

e – هل تتحرر الطاقة خلال التفاعل ؟ برر إجابتك .

الحل – 10

– الجزء 1

a – تعريف النواة المشعة : هي نواة غير مستقرة تتفكك أنيا لتعطي نواة أخرى مع إصدار اشعاعات و جسيمات .

b – الجسيمة α : هي نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$.

c – A تمثل العدد الكتلي أو عدد النوكليونات في النواة و Z تمثل العدد الذري أو عدد البروتونات .

د- كتابة معادلة التفاعل النووي لهذا التفكك . نوع التفكك هو : تفكك من نوع α : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^4_2\text{He}$

— قانون انحفاظ الشحنة : $84 = a + 2 \Rightarrow a = 82$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $210 = 4 + b \Rightarrow b = 206$

النواة الناتجة هي إذن نواة الرصاص $^{206}_{82}\text{Pb}$ ومنه : معادلة التفاعل : $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{206}_{82}\text{Pb}$

— الجزء 2

ـ رمز نواة الفوسفور المذكورة في المقدمة : $^{30}_{15}\text{P}$

ـ اتمام معادلة التفاعل النووي : $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^1_0\text{n} + ^{30}_{15}\text{P}$

ـ نقول عن نواتين أنهما نظيرتين : لهما نفس العدد الذري (البروتونات) و تختلف في العدد الكتلي (النوترونات) .

ـ استخراج من الجدول نظير آخر للفوسفور عدا المذكور في المقدمة : $^{31}_{15}\text{P}$

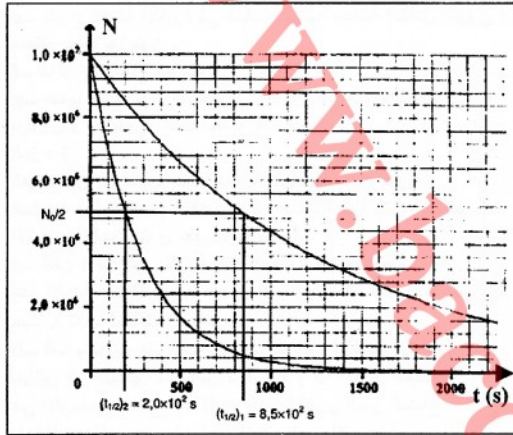
ـ شرح الجملة الأخيرة في المقدمة بكتابة معادلة التفاعل النووي :

السليسيوم هو ناتج التفكك مع انبعاث بوزيتون . كتابة معادلة هذا التفكك : $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^b_a\text{Si} + ^0_1\text{e}^+$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $15 = a + 1 \Rightarrow a = 14$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $30 = b + 0 \Rightarrow b = 30$

النواة المتفككة هي نواة عنصر السليسيوم $^{30}_{14}\text{Si}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^0_1\text{e}^+$



ـ نوع الإشعاع الحادث . إشعاع β^+ .

ـ كتابة معادلة تحول بروتون من النواة إلى

نوترون و بوزيتون : $^1_1\text{P} \rightarrow ^1_0\text{n} + ^0_1\text{e}^+$

الجزء 3

ـ كتابة عبارة التناقص الإشعاعي :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

ـ تحديد بيانيا زمن نصف العمر لكل عينة :

$$N(t = t_{1/2}) = N_0/2$$

لدينا : $N(t = t_{1/2}) = N_0/2$.

نرسم القطعة المستقيمة :

$$N = N_0/2 = (1.0 \cdot 10^7)/2 = 5.0 \cdot 10^6$$

على الشكل . هذه القطعة المستقيمة تقطع المنحنى

$N(t)$ في نقطة فاصلتها : $t = t_{1/2}$: العينة 1 :

$$t = t_{1/2} = 9.0 \cdot 10^2 \text{ s}$$

العينة 2 : $t = t_{1/2} = 2.1 \cdot 10^2 \text{ s}$

ـ التعرف على العينتين المرقمة 1 و 2 :

نصف عمر الألومنيوم $195 \text{ s} = 3 \text{ min } 15 \text{ s}$.

هذه القيمة قريبة من نتيجة العينة 2 . إذن العينة 2 هي للألومنيوم . بنفس الطريقة العينة 1 هي للبور .

— الجزء 4

ـ نص علاقة التكافؤ كتلة — طاقة : طاقة الكتلة $E(J)$ لجسيمة ساكنة تساوي إلى جداء كتلة $m(kg)$ الجسيمة في سرعة الضوء

$$E = m \cdot c^2 \quad c(m/s)$$

ـ التغير في الكتلة Δm خلال التفاعل النووي السابق قيمته : $^{10}_5\text{B} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{13}_7\text{N} + ^1_0\text{n}$

$$\Delta m = [m(^{13}_7\text{N}) + m(^1_0\text{n}) - m(^{10}_5\text{B}) - m(^4_2\text{He})]$$

$$\Delta m = [13,001898 + 1,008655 - 10,010194 - 4,001506] = -1,147000 \cdot 10^{-3} \text{ u}$$

ـ التعبير عن التغير في طاقة الكتلة ΔE خلال هذا التفاعل النووي : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -1,147000 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 = -1,71 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$\Delta E = (-1,71 \cdot 10^{-13}) / (1,60218 \cdot 10^{-13}) = -1,07 \text{ MeV}$$

ـ نعم تتحرر الطاقة خلال التفاعل : لأن ΔE سالب أي الجملة تعطي طاقة للوسط الخارجي .

التمرين 11

في سنة 1920 اكتشف العالمان البريطانيين Francis William ASTON و Arthur EDINGTON : أنوية ذرات

الهيدروجين ، المكون الأساسي للشمس . تتحول إلى هيليوم بالاندماج . هذا التفاعل يحرر طاقة كبيرة جدا .

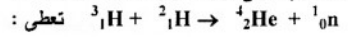
هدف المشروع ITER هو إثبات الإمكانية العلمية و التكنولوجية لإنتاج الطاقة عن طريق اندماج الذرات . الإندماج المراقب

يمثل تحدي علمي و تكنولوجي عظيم ، من خلاله يمكن على المدى الطويل الحصول على مصادر جديدة للطاقة . بجانب طاقة

الإشتطار ، طاقة الإندماج تمثل الأمل للحصول على منبع طاقي نظيف و بوفرة خلال القرن XXI .

1- دراسة تفاعل الاندماج

مبدأ إنتاج الطاقة في الشمس مبني على تفاعلات من الصعب تحقيقها على كوكبنا و لكن الفكرة تبقى جيدة حيث يكفي استبدال الهيدروجين بأنوية يمكنها الاندماج على مستوى الأرض و مثال ذلك الدوتريوم و التريسيوم و هما نظيرين للهيدروجين بتسخينهما إلى درجة حرارة عالية من رتبة $10^6 \text{ } ^\circ\text{C}$. على هذا التفاعل تتركز الأبحاث حاليا حول الاندماج المراقب :



هيليوم 4	تريسيوم	ديتريوم	بروتون	نيوترون	جسم أو كتلة
^4_2He	^3_1H	^2_1H	^1_1H	^1_0n	رمز
4,00150	3,015 50	2,013 55	1,007 28	1,008 69	كتلة u

سرعة الضوء في الفراغ	إلكترون فولت	طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	وحدة الكتلة الذرية
$c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$	$E = 931,5 \text{ MeV}$	$u = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$

أ- احسب التغير في الكتلة خلال تفاعل اندماج نواة الدوتريوم و نواة التريسيوم . أعط قيمته بـ kg و ناقش إشارته .

ب- حدد الطاقة الناتجة من هذا التفاعل بـ MeV .

ج- تحقق أن عدد الأنوية الموجودة في 1,0 g من أنوية الدوتريوم هو $3,0 \cdot 10^{23}$ noyaux .

د- نفس السؤال بالنسبة لـ 1,5 g من أنوية التريسيوم .

هـ- استنتج الطاقة بـ MeV ثم بـ J التي نأمل الحصول عليها عندما نحقق تفاعل اندماج 1,0 g من أنوية الدوتريوم مع 1,5 g من أنوية التريسيوم في المفاعل النووي ITER .

— (tep) (tonne d'equivalent petrole) هي وحدة الطاقة المستعملة في الصناعة و في الإقتصاد . تهدف إلى مقارنة الطاقات الناتجة انطلاقا من مصادر مختلفة . tep 1 تمثل $4,2 \cdot 10^{10} \text{ J}$ ، يعني الطاقة المتحررة من احتراق 1 tonne من البترول .

ف- احسب بـ tep ، الطاقة المتحررة من اندماج 1,0 g من الدوتريوم مع 1,5 g من التريسيوم .

ج- علما أنه في محطة نووية تقليدية ، إنشطار 1,0 g من اليورانيوم يحرر طاقة قدرها 1,8 tep . علق على الجملة : مشروع ITER هو مشروع الأمل لإنتاج الطاقة .

2- بعض خصوصيات التريسيوم

الدوتريوم موجود طبيعيا على الأرض بينما التريسيوم نادر جدا . نحصل عليه انطلاقا من الليثيوم ^6Li الموجود بوفرة على الأرض و في المحيطات . من أجل ذلك ، نأخذ عينة من الليثيوم ^6Li نقذفها بالنوترونات فتتشكل أنوية الهيليوم ^4He و التريسيوم ^3H .

أ- اكتب معادلة هذا التفكك . ب- نمط إشعاع التريسيوم هو β^- . اكتب معادلة التفكك المتوقع ، علما أنه يتشكل نظير للهيليوم .

الحل -11

1- دراسة تفاعل الاندماج : $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$

أ- حساب التغير في الكتلة خلال تفاعل اندماج نواة الدوتريوم و نواة التريسيوم :

$$\Delta m = [m(\text{He}) + m(\text{n}) - m(^2_1\text{H}) - m(^3_1\text{H})] = -0,0188 \text{ u} = -0,01886 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = -3,13 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

ب- تحديد الطاقة الناتجة من هذا التفاعل بـ MeV :

$$E = \Delta m \cdot c^2 = [3,13 \cdot 10^{-29} \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2] / [1,602 \cdot 10^{-13}] = -17,56 \text{ MeV}$$

ج- التحقق أن عدد الأنوية الموجودة في 1,0 g من أنوية الدوتريوم هو $3,0 \cdot 10^{23}$ noyaux :

$$m(^2_1\text{H}) = 2,01355 \text{ u} = 3,34358 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

$$\text{و منه : } N = m / m(^2_1\text{H}) = 1,0 / (3,34358 \cdot 10^{-24}) = 3,0 \cdot 10^{23} \text{ noyaux}$$

د- نفس السؤال بالنسبة لـ 1,5 g من أنوية التريسيوم : بنفس الطريقة :

$$N' = m' / m(^3_1\text{H}) = 1,5 / (3,01550 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-24}) = 3,0 \cdot 10^{23} \text{ noyaux}$$

هـ- استنتاج الطاقة بـ MeV ثم بـ J التي نأمل الحصول عليها عندما نحقق تفاعل اندماج 1,0 g من أنوية الدوتريوم مع 1,5 g من أنوية التريسيوم في المفاعل النووي ITER : التفاعل السابق يحدث $3,0 \cdot 10^{23}$ مرة محررا طاقة قدرها :

$$\text{MeV } 5,3 \cdot 10^{24} = -3,0 \cdot 10^{23} \cdot 17,60 \text{ - أي : } -8,5 \cdot 10^{11} \text{ J}$$

ف- حساب بـ tep ، الطاقة المتحررة من اندماج 1,0 g من الدوتريوم مع 1,5 g من التريسيوم : نحول الطاقة السابقة من الجول إلى tep :

$$\text{tep } 20 = (8,5 \cdot 10^{11}) / (4,2 \cdot 10^{10}) = 20 \text{ tep}$$

ج- علما أنه في محطة نووية تقليدية ، إنشطار 1,0 g من اليورانيوم يحرر طاقة قدرها 1,8 tep . علق على الجملة : مشروع ITER هو مشروع الأمل لإنتاج الطاقة : نقارن الطاقة المتحررة من الإنشطار و من الاندماج . نحسب الطاقة المتحررة من

انشطار 2,5 g من اليورانيوم (نفس الكتلة) : $E = 2,5 \cdot 1,8 = 4,5 \text{ tep}$. إذن من أجل نفس الكتلة من التفاعلات ، تفاعل الاندماج ينتج طاقة أكبر من الطاقة المنتجة من الانشطار بـ 4 مرات . هنا تكمن أهمية مشروع ITER النووي .

2- بعض خصوصيات التريسيوم

a- كتابة معادلة هذا التفكك النووي : ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_1\text{H}$.

b- نمط إشعاع التريسيوم هو β^- . كتابة معادلة التفكك المتوقع ، علما أنه يتشكل نظير للهيليوم : ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{-1}\text{e}$.

12 التمرين

مناجم اليورانيوم (U) تحتوي أساسا على نظيرين : اليورانيوم 238 (99,3 %) و اليورانيوم 237 (0,7 %). وقود المفاعلات النووية هو مزيج مخصص باليورانيوم 235 أي نسبة النظير 235 أكبر من 0,7 % و نسبة النظير 238 أقل من 99,3 % . بالفعل ، فقط أنوية اليورانيوم 235 هي القابلة للإشطار . البلوتونيوم Pu لا يوجد في الطبيعة . البلوتونيوم 241 هو ناتج من منتج المفاعلات النووية في المحطات النووية انطلاقا من اليورانيوم 238 . يمكن نمذجة تفاعل تشكل نواة البلوتونيوم 241 بالمعادلة التالية : ${}^{238}_{92}\text{U} + x\text{n} \rightarrow {}^{241}_{94}\text{Pu} + y\beta^-$ (1)

حيث x و y معاملات صحيحة يطلب تحديدها . البلوتونيوم 241 المتشكل ينشط عند قفزه بالنيوترونات ليعطي تفكك إشعاعي من النوع β^- نصف عمره من رتبة عشرات السنين .

a- عرف : الأنوية النظيرة ، الاندماج النووي ، زمن نصف العمر . b- اعط التمثيل الرمزي للنيوترون و β^- .

c- حدد قيمة x و y في المعادلة (1) .

2- تحديد طاقات المتحررة خلال التحولات البلوتونيوم . تعطى :

السيزيوم	إيتريوم	أمريسيوم	بلوتونيوم	β^-	نيوترون	جسم أو كتلة
${}^{141}\text{Cs}$	${}^{98}\text{Y}$	${}^{241}\text{Am}$	${}^{241}\text{Pu}$		رمز	
140,79352	97,90070	241,00457	241,00514	0,00055	1,008 66	كتلة بـ u
سرعة الضوء في الفراغ	إلكترون فولت	طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	وحدة الكتلة الذرية			
$c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$	$E = 931,5 \text{ MeV}$	$u = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$			

a- إنشطار البلوتونيوم 241 يحدث حسب المعادلة التالية : ${}^{241}_{94}\text{Pu} + \text{n} \rightarrow {}^{141}_{55}\text{Cs} + {}^{98}_{39}\text{Y} + 3\text{n}$ (2)

b- حدد بـ MeV قيمة الطاقة E_F المتحررة خلال إنشطار نواة من البلوتونيوم 241 .

c- يقال في بعض الأحيان هذا النوع من التفاعل يمكن أن يعطي سلسلة من التفاعلات . هل يمكنك تبرير ذلك ؟

d- البلوتونيوم 241 يمكن أيضا أن يصدر جسيمة β^- . معادلة تفككه : ${}^{241}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{241}_{95}\text{Am} + \beta^-$.

حدد بـ MeV قيمة الطاقة E_D المتحررة خلال التفكك β^- لنواة البلوتونيوم 241 .

c- احسب قيمة النسبة E_F / E_D . قارن بين E_F و E_D .

f- العلماء الفيزيائيون يؤكدون أن الفعل المتبادل بين النوكليونات المسمى القوة النووية الكبيرة هي المسؤولة عن الانشطار بينما الفعل المتبادل بين النوكليونات (مثل النيوترون) والإلكترونات المسمى القوة النووية الضعيفة هي المسؤولة عن التفكك β^- .

3- الدراسة التجريبية للنشاط الإشعاعي للبلوتونيوم 241

دراسة النشاط الإشعاعي لعينة تحتوي على البلوتونيوم 241 سمحت بالحصول على نسبة عدد الأنوية N الغير المتفككة على العدد الابتدائي N_0 للأنوية في العينة و هذا عند لحظات مختلفة :

t (ans)	0	3	6	9	12
N/N ₀	1	0,85	0,73	0,62	0,53

a- اكتب قانون التناقص الإشعاعي الممثل لتطور مجموع الأنوية المشعة .

b- حدد بيانيا أو حسابيا قيمة نصف العمر للبلوتونيوم 241 .

الحل - 12

a- الأنوية النظيرة : النظائر هي أنوية لنفس العنصر لها نفس العدد الذري (البروتونات) و تختلف في العدد الكتلي (النيوترونات)

- الاندماج النووي : هو التفاعل النووي الذي من خلاله يحدث اندماج بين نواتين صغيرتين لتتشكل نواة جديدة أثقل و أكبر مع توقع تشكل جسيمات أخرى (نيوترونات ، بروتونات) . يصاحب هذا التفاعل فقدان كتلة .

- زمن نصف العمر : هي المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة في البداية في العينة .

b- التمثيل الرمزي للنيوترون ${}^1_0\text{n}$ و β^- : ${}^0_{-1}\text{e}$

c- تحديد قيمة x و y في المعادلة (1) : ${}^{238}_{92}\text{U} + x\text{n} \rightarrow {}^{241}_{94}\text{Pu} + y\text{n}$: ${}^0_{-1}\text{e}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $92 = 94 - y \Rightarrow y = 2$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $238 + x = 241 \Rightarrow x = 3$

و منه : معادلة التفاعل : $^{238}_{92}\text{U} + 3\ ^1_0\text{n} \rightarrow ^{241}_{94}\text{Pu} + 2\ ^0_{-1}\text{e}^-$

2- تحديد الطاقات المتحررة خلال تحولات البروتونيوم .

a- إنشطار البلوتونيوم 241 يحدث حسب المعادلة التالية : $^{241}_{94}\text{Pu} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{141}_{55}\text{Cs} + ^{98}_{39}\text{Y} + 3\ ^1_0\text{n}$ (2)
b- تحديد بـ MeV قيمة الطاقة E_F المتحررة خلال إنشطار نواة من البلوتونيوم 241 : الطريقة 1 :

$$E_F = [m(\text{Pu}) + m(\text{n}) - m(\text{Cs}) - m(\text{Y}) - 3\ m(\text{n})] \cdot c^2 = [m(\text{Pu}) - m(\text{Cs}) - m(\text{Y}) - 2\ m(\text{n})] \cdot c^2$$

$$E_F = [241,00514 - 140,79352 - 97,90070 - 2 \cdot 1,00866] \cdot u \cdot c^2$$

و حيث أن : $u \cdot c^2 = 931,494\text{ MeV}$ و منه :

$$E_F = [241,00514 - 140,79352 - 97,90070 - 2 \cdot 1,00866] \cdot 931,494 = 273,487\text{ MeV}$$

الطريقة 2 :

$$E_F = [241,00514 - 140,79352 - 97,90070 - 2 \cdot 1,00866] \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 / (1,602177 \cdot 10^{-13})$$

$$E_F = 273,866\text{ MeV} = 274\text{ MeV} \text{ الطريقة 1 هي التي دقة أكبر .}$$

c- يقال في بعض الأحيان أن هذا النوع من التفاعل يمكن أن يعطي سلسلة من التفاعلات : التفاعل يحرق 3 نوترونات التي كل واحد يمكن أن يتصادم مع نواة البلوتونيوم . حينئذ تنشط 3 أنوية من البلوتونيوم . كل نواة من البلوتونيوم التي تنشط تحرر بدورها 3 نوترونات إلخ . و منه بداية التفاعل التسلسلي . و في زمن قصير يحدث عدد كبير من الانشطارات .

d- البلوتونيوم 241 يمكن أيضا أن يصدر جسيمة β^- . معادلة تفككه : $^{241}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{241}_{95}\text{Am} + \beta^-$
— تحديد بـ MeV قيمة الطاقة E_D المتحررة خلال التفكك β^- لنواة البلوتونيوم 241 :

$$E_D = [m(\text{Pu}) - m(\text{Am}) - m(\beta^-)] \cdot c^2$$

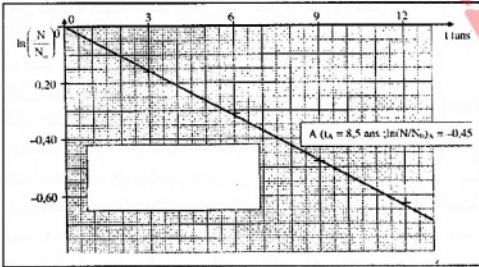
$$E_D = [241,00514 - 241,00457 - 0,00055] \cdot u \cdot c^2$$

و حيث أن : $u \cdot c^2 = 931,494\text{ MeV}$ و منه :

$$E_D = [241,00514 - 241,00457 - 0,00055] \cdot 931,494 = 1,86299 \cdot 10^{-2}\text{ MeV}$$

e- حساب قيمة النسبة E_F / E_D : $E_F / E_D = (273,486) / (1,86299 \cdot 10^{-2}) = 1,468 \cdot 10^4 \gg 1$
المقارنة بين E_F و E_D : الطاقة المتحررة من الانشطار أكبر بكثير من الطاقة المتحررة من التفكك (β^-) .

f- العلماء الفيزيائيون يؤكدون أن الفعل المتبادل بين النوكليونات المسمى القوة النووية الكبيرة هي المسؤولة عن الانشطار بينما الفعل المتبادل بين النوكليونات (مثل النوترون) والإلكترونات المسمى القوة النووية الضعيفة هي المسؤولة عن التفكك β^- : كلما كانت الطاقة المتحررة كبيرة كلما الفعل المتبادل يجعل الجسيمات مرتبطة فيما بينها بشكل كبير . و حيث أن الطاقة المتحررة من الانشطار أكبر بكثير من الطاقة المتحررة من التفكك (β^-) و منه نقول أن الفعل المتبادل بين النوكليونات المسمى القوة النووية الكبيرة هي المسؤولة عن الانشطار .



3- الدراسة التجريبية للنشاط الإشعاعي للبلوتونيوم 241

a- قانون التناقص الإشعاعي لتطور مجموع الأنوية :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

$$N(t) = N(t) = N_0 \cdot \exp[-(\ln 2 / t_{1/2}) \cdot t]$$

b- تحديد قيمة نصف العمر للبلوتونيوم 241 :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N/N_0 = \exp(-\lambda t)$$

و منه نستنتج أن :

$$-\ln(N/N_0) = \lambda \cdot t$$

$$\Rightarrow \ln(N/N_0) = -(\ln 2 / t_{1/2}) \cdot t$$

الطريقة 1: نرسم منحنى : $\ln(N/N_0) = f(t)$. نحصل على

خط مستقيم مائل ميله أو معامل توجيهه يساوي إلى $(\ln 2 / t_{1/2})$ - و الجدول التالي يساعد على رسم المنحنى :

t (ans)	0	3	6	9	12
N/N ₀	1	0,85	0,73	0,62	0,53
ln (N/N ₀)	0	- 0,16	- 0,31	- 0,48	- 0,63

معامل توجيه المنحنى يساوي إلى : $t_{1/2} = -(\ln 2) / (\ln(N/N_0)_A) \cdot t_A$. t_A

نختار نقطة A من المنحنى إحداثياتها : $A(t_A = 8,5\text{ ans} ; \ln(N/N_0)_A = -0,45)$

ملاحظة : لا تأخذ قيم الجدول لإيجاد إحداثيات النقطة A .

$$t_{1/2} = -(\ln 2) / (\ln(N/N_0)_A) \cdot t_A = -(\ln 2) / (-0,45) \cdot 8,5 = 13\text{ ans}$$

و منه :

الطريقة 2 : طريقة حسابية أقل دقة لأن القيم المستعملة نأخذها من الجدول من أجل تجربة واحدة :

$$(t = 3 \text{ ans} ; \ln(N/N_0) = -0,16) \text{ من الجدول : } \ln(N/N_0) = -(\ln 2 / t_{1/2}) \cdot t \Rightarrow t_{1/2} = -(\ln 2) / (\ln(N/N_0)) \cdot t$$

$$\text{و منه : } t_{1/2} = -(\ln 2) / (\ln(N/N_0)) \cdot t = -(\ln 2) / (-0,16) \cdot 3 = 13 \text{ ans}$$

الطريقة 3 : نرسم منحنى $(N/N_0) = f(t)$. نرسم المماس للمنحنى عند اللحظة $t = 0$. هذا المماس سوف يقطع محور الأزمنة عند اللحظة $t = \tau = 1/\lambda = t_{1/2} / \ln 2$. هذه الطريقة ليست دقيقة و ذلك لعدم التمكن من الحصول على الدقة الكافية عند رسم المماس .

التمرين 13

تقدير عمر الأرض : لقد كانت بداية تحديد عمر الأرض في القرن XVI تقريبا . و قدر تاريخها في حدود 5000 ans . في القرن XIX كان عمر الأرض بتقدير العلماء في حدود 10^8 ans . اكتشاف النشاط الإشعاعي من قبل H . Becquerel سنة 1896 قلب جميع المعطيات المعروفة في تلك الحقبة من الزمن . التاريخ — (اليورانيوم — رصاص) سمح بتحديد بنوع من الدقة عمر الأرض . نقترح في هذا التمرين تفسير تقنية هذا التاريخ .

1— دراسة العائلة : (اليورانيوم 238 — الرصاص 206)

نواة اليورانيوم 238 مشعة طبيعيا تتحول إلى نواة الرصاص 206 المستقر بعد سلسلة من التفككات المتتالية .

a— في المرحلة الأولى ، نواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ تخضع للتفكك α لتنتج نواة الإين و هي نواة الثوريوم Th .

♦ ما هي النواة المشعة ؟ ♦ اكتب معادلة التفاعل النووي محددا قوانين الحفظ المستعملة .

b— في المرحلة الثانية نواة الثوريوم 234 تتحول إلى نواة بروأكتينيوم $^{234}_{91}\text{Pa}$ معادلة التفاعل :

$^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{234}_{91}\text{Pa} + ^0_{-1}\text{e}^-$ ♦ حدد مع التبرير طبيعة الإشعاع الموافق لهذا التحول .

c— المعادلة الإجمالية لتحول نواة اليورانيوم 238 إلى نواة الرصاص 206 هي :

$^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + x\ ^4_2\text{He} + y\ ^0_{-1}\text{e}^-$ ♦ حدد مع التبرير عدد التفككات α و β^- خلال هذا التحول .

2— تاريخ العصور الجيولوجية Géocronologie

— نلاحظ من جهة ، أن الصخور الموجودة في نفس الطبقة الجيولوجية ، التي لها نفس العمر ، تحتوي على اليورانيوم 238

و الرصاص 206 بنسب تقريبا ثابتة . من جهة أخرى ، نلاحظ أن تزايد كمية الرصاص ، الموجود في صخرة ، يتناسب مع عمرها النسبي . إذن ، قياس كمية الرصاص 206 في عينة من صخرة قديمة ، باعتبار أنها غير موجودة من قبل ، يمكننا تحديد عمر الصخرة انطلاقا من منحنى التناقص الإشعاعي لعدد أنوية اليورانيوم 238 . ندرس عينة من صخرة قديمة حيث نعتبر أن عمرها موافق لعمر الأرض و نرمز له بـ t_{Terre} .

— نعتبر منحنى التناقص الإشعاعي للعدد $N_U(t)$ لأنوية اليورانيوم 238 الموجود في عينة من صخرة قديمة . أنظر الشكل المرفق .

a— حدد الكمية الابتدائية $N_U(0)$ لأنوية اليورانيوم 238 .

b— حدد بيانيا قيمة ثابت الزمن τ لليورانيوم 238 . استنتج قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ .

c— اعط عبارة $N_U(t)$ ، عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة عند اللحظة t بدلالة $N_U(0)$.

d— احسب عدد أنوية اليورانيوم 238 التي تبقى في الصخرة عند اللحظة $t_1 = 1,5 \cdot 10^9$ ans . تحقق بيانيا من هذه النتيجة

e— عرف ثم حدد بيانيا زمن نصف العمر لليورانيوم 238 .

f— كمية الرصاص المقاسة في الصخرة عند اللحظة t_{Terre} التي نرمز لها بـ $N_{\text{Pb}}(t_{\text{Terre}})$ تساوي إلى $2,5 \cdot 10^{12}$ atomes

g— اوجد العلاقة بين $N_U(0)$ و $N_{\text{Pb}}(t_{\text{Terre}})$. احسب الكمية $N_U(t_{\text{Terre}})$ لأنوية اليورانيوم .

h— حدد عمر الأرض t_{Terre} .

الحل — 13

1— دراسة العائلة (اليورانيوم 238 — الرصاص 206)

♦ النواة المشعة : هي نواة غير مستقرة تتفكك أنيا لتعطي نواة أخرى مع اصدار اشعاعات و جسيمات .

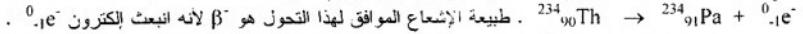
♦ كتابة معادلة التفاعل النووي محددا قوانين الحفظ المستعملة : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^b_a\text{X}$

قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $92 = 2 + a \Rightarrow a = 90$

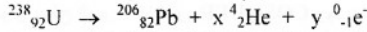
— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $238 = 4 + b \Rightarrow b = 234$

النواة المشكلة هي نواة عنصر الثوريوم : $^{234}_{90}\text{Th}$. و منه : معادلة التفاعل : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{234}_{90}\text{Th}$

ب- في المرحلة الثانية نواة الثوريوم $^{234}_{90}\text{Th}$ تتحول إلى نواة بروأكتينيوم $^{234}_{91}\text{Pa}$ معادلة التفاعل :



ج- تحديد مع التبرير عدد التفككات α و β^- خلال هذا التحول : - تحديد قيمة x و y في المعادلة (1) :



قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ العدد الكتلي : $238 = 206 + 4x \Rightarrow x = 8$

- قانون انحفاظ الشحنة : $92 = 82 + 2x - y \Rightarrow y = 6$

و منه : معادلة التفاعل : $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + 8\ ^4_2\text{He} + 6\ ^0_{-1}\text{e}^-$

خلال التحول ، اصدرت 8 جسيمات α و 6 إلكترونات ، إذن عدد التفككات α هو 8 و عدد التفككات β^- هو 6 .

2- تأريخ العصور الجيولوجية Géocronologie

أ- تحديد الكمية الابتدائية $N_U(0)$ لأنوية

اليورانيوم 238 : نقرأ على المنحنى :

$$N_U(0) = 5 \cdot 10^{12} \text{ noyaux}$$

ب- تحديد بيانيا قيمة ثابت الزمن τ

لليورانيوم 238 : نرسم مماس للمنحنى

لليورانيوم 238 : $N_U = f(t)$ عند اللحظة $t = 0$. هذا المماس

يقطع محور الفواصل عند اللحظة

$t = \tau = 6,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$. استنتاج قيمة ثابت

النشاط الإشعاعي λ :

$$\lambda = 1/\tau = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$$

طريقة 2 : ثابت الزمن τ : يوافق المدة الزمنية

التي من أجلها تتفكك N_0/e من عدد أنوية

اليورانيوم الموجودة في البداية في العينة :

$$N(t) = N_0/e$$

حيث e هو ثابت الدالة الأسية

من المنحنى التي ترتيبها N_0/e يوافق فاصلتها

اللحظة $t = \tau = 6,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$

استنتاج قيمة λ : $\lambda = 1/\tau = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$

ج- عبارة $N_U(t)$ ، عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة عند اللحظة t بدلالة $N_U(0)$:

د- حساب عدد أنوية اليورانيوم 238 التي تبقى في الصخر عند اللحظة $t_1 = 1,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$: عند $t_1 = 1,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$ نجد :

$$N_U(t_1) = 5 \cdot 10^{12} \cdot \exp[-(1,5 \cdot 10^9)(1,5 \cdot 10^{-10})] = 4 \cdot 10^{12} \text{ noyaux}$$

هـ- تعريف ثم تحديد بيانيا زمن نصف العمر لليورانيوم 238 : المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد أنوية اليورانيوم

238 المشعة الموجودة في البداية في العينة : $N_U(t_{1/2}) = N_U(0)/2$. نقرأ على المنحنى : $t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$

و- كتابة العلاقة بين $N_{Pb}(t_{\text{Terre}})$ و $N_U(0)$ ، $N_U(t_{\text{Terre}})$: عندما تتفكك نواة واحدة من اليورانيوم تعطي نواة واحدة من

الرصاص : $N_U(0) = N_U(t_{\text{Terre}}) + N_{Pb}(t_{\text{Terre}}) \Rightarrow N_U(t_{\text{Terre}}) = N_U(0) - N_{Pb}(t_{\text{Terre}})$

حساب الكمية لأنوية اليورانيوم :

$$N_U(t_{\text{Terre}}) = N_U(0) - N_{Pb}(t_{\text{Terre}}) = 5 \cdot 10^{12} - 2,5 \cdot 10^{12} = 2,5 \cdot 10^{12} \text{ noyaux}$$

ز- تحديد العمر t_{Terre} للأرض :

الطريقة 1 : نلاحظ أن : $N_U(t_{\text{Terre}}) = N_U(0)/2$: إذن $t_{\text{Terre}} = t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$

الطريقة 2 : $N_U(t) = N_U(0) \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N_U(t)/N_U(0) = \exp(-\lambda t) \Rightarrow \ln [N_U(t_{\text{Terre}})/N_U(0)] = -\lambda \cdot t_{\text{Terre}}$

و منه : $t = -1/\lambda \cdot \ln [N_U(t_{\text{Terre}})/N_U(0)] = -\tau \cdot \ln [N_U(t_{\text{Terre}})/N_U(0)] = -6,5 \cdot \ln(1/2) = 4,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$

التدريب 14

في الأجواء العليا ذرة الأتوت N في جزيئة غاز الأتوت الجوي N_2 تخضع إلى إشعاع . عندما يتصادم النوترون مع ذرة

الأوتوت يحدث تشكل لذرة الكربون 14 وجسيمة أخرى X ، حسب المعادلة التالية : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{X}$

أ- حدد طبيعة الجسيمة X .

ب- ذرة الكربون 14 الناتجة سوف تتواجد في جزيئة غاز CO_2 . يمكن أن يمتصه جسم نباتي بعملية التمثيل الخوضوري .

نسبة الكربون 14 إلى الكربون 12 تبقى ثابتة ما دام الجسم النباتي حي . عند موت الجسم النباتي يتناقص تركيز الكربون 14

بقيل التفكك الإشعاعي .

عـ ما هي النواة المشعة ؟ اذكر أربعة أنماط للإشعاعات التي تميز النشاط الإشعاعي .

دـ علما أن الكربون 14 له نمط إشعاعي β^- . اكتب معادلة تفككه .

في سنة 1991 الغطاس (COSQUER) Plongeur اكتشف قرب مدينة مارسيليا فتحة لمغارة COSQUER التي سميت باسمه في عمق البحر على عمق 37 m من مستوى سطح البحر . الغطاس COSQUER وجد داخل المغارة رسومات و نقوش منحوتة لبعض الحيوانات من بينها البطارق (Les Pingouins) . تحليل المادة الفحمية التي أستعملت في الرسومات ، بينت أن نسبة الكربون 14 فيها هي 9,20 % بالنسبة لكربون 14 الموجود في عضو حي .
يعطي نصف عمر الكربون 14 : $t_{1/2} = 5370$ ans

مغارة (COSQUER) : تقع قرب مدينة مارسيليا يمكن الوصول إليها عبر نفق طويل طوله 175 m حيث تقع على عمق 37 m من سطح البحر ، تحتوي على رسومات و نقوش منحوتة عمرها بين 2700 ans و 20000 ans بداخلها بعض الصور للبطارق (Les Pingouins) . البطارق Les Pingouins : تنتمي لعائلة الطيور التي لا تطير تعيش في الأماكن التي درجة الحرارة فيها تصل إلى -88°C . يمكن أن تمشي على الجليد دون انزلاق .

عـ عرف زمن نصف العمر . نذكر أن قانون التناقص الإشعاعي : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ علما أن : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$

فـ ما هو الاسم المصطلح الذي نعطيه للثابت λ و ما هي وحدته حسب المعطيات .

غـ حسب نسبة الكربون 14 المعطاة ، ما هي قيمة النسبة N / N_0 ؟ استنتج عمر الرسومات .

أـ نعلم حاليا أن تزايد الإحتباس الحراري له مخاطر على التوازن البيئي بالنسبة للمستقبل إحدى هذه المخاطر إرتفاع درجة الحرارة على سطح الأرض إلى جانب مخاطر ذوبان الجليد عند قطبي الأرض . ماذا يمكن أن نفهم عن وجود هذه الحيوانات في المغارة بالنسبة لمناخ تلك الفترة ؟ لماذا كانت المغارة يمكن أن يصلها الإنسان في تلك الفترة ؟

الحل 14

أـ تحديد طبيعة الجسيمة X : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^b_a\text{X}$: قانون انحفاظ الشحنة : $7 = a + 6 \Rightarrow a = 1$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ العدد الكتلي : $15 = 14 + b \Rightarrow b = 1$

الجسيمة الناتجة هي إذن بروتون ^1_1p أو نواة الهيدروجين ^1_1H ومنه : معادلة التفاعل : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{H}$

عـ النواة المشعة : هي نواة غير مستقرة تتفكك آنيا لتعطي نواة أخرى مع إصدار اشعاعات و جسيمات .

ذكر أربعة أنماط للإشعاعات التي تميز النشاط الإشعاعي :

• نوع التفكك (α) : الجسيمات α هي نواة الهليوم ^4_2He . في التناقص الإشعاعي α ، ينبعث جزء من النواة و هي الجسيمة α الجزء المتبقى هو نوية مختلفة . تكون المعادلة النووية على الشكل : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^{(A-4)}_{(Z-2)}\text{Y} + ^4_2\text{He}$

• نوع التفكك (β^-) : في التناقص الإشعاعي β^- ، ينبعث جزء من النواة و هي إلكترون : $^0_{-1}\text{e}$ ، الجزء المتبقى هو نوية مختلفة تكون المعادلة النووية على الشكل : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^{(A)}_{(Z+1)}\text{Y} + ^0_{-1}\text{e}$

• تفكك بيتا موجب (β^+) : في التناقص الإشعاعي β^+ ، ينبعث جزء من النواة و هي بوزيترون : $^0_{+1}\text{e}$ ، الجزء المتبقى هو نوية مختلفة . تكون المعادلة النووية على الشكل : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^{(A)}_{(Z-1)}\text{Y} + ^0_{+1}\text{e}$

• أشعة غاما γ : عند انبعاثها تنتقل النوية من حالة مثارة إلى حالة غير مثارة أقل طاقة : $^A_Z\text{X}^* \rightarrow ^A_Z\text{X} + ^0_0\gamma$

دـ كتابة معادلة تفككه : إذا كان الكربون 14 مشع بـ β^- فإنه ينبعث إلكترون $^0_{-1}\text{e}$. خلال تفككه : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^b_a\text{X}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : قانون انحفاظ الشحنة : $6 = a + 7 \Rightarrow a = -1$

قانون انحفاظ العدد الكتلي : $14 = 14 + b \Rightarrow b = 0$

الجسيمة الناتجة هي إذن إلكترون $^0_{-1}\text{e}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$

عـ تعريف زمن نصف العمر : المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد أنوية اليورانيوم 238 المشعة الموجودة

في البداية في العينة : $N(t_{1/2}) = N_0 / 2$

فـ الاسم المصطلح الذي نعطيه للثابت λ : هو ثابت النشاط الإشعاعي و يميز طبيعة النواة و وحدته حسب المعطيات هي : بما أن $t_{1/2}$ قدر بـ ans فإن λ سوف يقدر بالوحدة : ans^{-1} .

غـ نسبة الكربون 14 فيها هي 9,20 % بالنسبة لكربون 14 الموجود في عضو حي يعني : $N(t) = 0,0920 N_0$. ومنه : $N(t) / N_0 = 0,0920$

أـ استنتاج عمر الرسومات : قانون التناقص الإشعاعي : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ علما أن : $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$

ومنه : $N(t) / N_0 = \exp(-\lambda t) \Rightarrow \ln(N(t) / N_0) = -\lambda \cdot t = -(\ln 2) / t_{1/2} \cdot t$

ومنه : $t = -(\ln 2) / \lambda \cdot \ln(N(t) / N_0) = -(5370) / (\ln 2) \cdot \ln 0,0920 = 1,85 \cdot 10^4$ ans

أـ نفهم عن وجود هذه الحيوانات في المغارة بالنسبة لمناخ تلك الفترة : وجود رسومات لحيوان البطريق يشير إلى أن بالرجوع بـ 20000 سنة إلى الوراء كان المناخ في تلك الفترة أكثر برودة بالنسبة للوقت الحاضر لأن البطارق تعيش في الأماكن الجليدية التي

درجة الحرارة فيها تصل إلى 88°C - .
ما نفهمه من إمكانية وصول الإنسان إلى المغارة في ست الفترة : في تلك الفترة مستوى سطح البحر كان أقل ارتفاع مما هو عليه اليوم و أن مستوى سطح البحر يكون أخفض في المناخ البارد (جليدي) مما هو بالنسبة لمناخ البحر الأبيض المتوسط .

التمرين 15

نص المقدمة من جريدة (Pour la science) :

مرحلة الاندماج (أو الإحتراق) للهيدروجين هي الفترة الأطول من حياة النجوم . إذا كانت كتلة نجم هي نفس أو أقل من كتلة الشمس فإن درجة الحرارة المركزية تكون أقل بـ $20 \cdot 10^6 \text{ }^{\circ}\text{C}$. في هذه الشروط ، اندماج نواتين من الهيدروجين ينتج نواة من الديوتريوم الذي بدوره يمتص بروتون ليشكل نواة الهيليوم 3 و أخيرا نواتين من الهيليوم 3 تندمجان لتعطيان نواة الهيليوم $4 \text{ }^2\text{He}$. مجموع هذه التفاعلات تشكل إحدى السلاسل بروتون - بروتون الأكثر أهمية في حالة الشمس .

الجزء 1

a- عرف الاندماج و الإشطار النوويين . b- اشرح لماذا تفاعلات الاندماج لا تحدث إلا في درجة حرارة عالية .

الجزء 2 . تعطى :

هيليوم 4	تريسيوم	ديتريوم	بروتون	بوزيترون	جسم أو كتلة
$4\text{ }^2\text{He}$	$3\text{ }^1\text{H}$	$2\text{ }^1\text{H}$	$1\text{ }^1\text{H}$	$0\text{ }^+1\text{e}$	رمز
4,0026	3,015 5	2,013 6	1,0073	0,0006	كتلة بـ u

سرعة الضوء في الفراغ	إلكترون فولت	طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	وحدة الكتلة الذرية
$c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$	$E = 931,5 \text{ Mev}$	$u = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- a- اكتب معادلة تفاعل الاندماج لنواتين من الهيدروجين لتتشكل نواة الديوتريوم و الجسيمة ^A_ZX . ما هي هذه الجسيمة ؟
b- اكتب معادلة تفاعل اندماج نواة ديوتريوم و البروتون لتتشكل نواة الهيليوم 3 . هذا التفاعل يصاحبه انبعاث إشعاع γ كيف يمكننا تفسير هذا الانبعاث ؟
c- اكتب معادلة اندماج نواتين من الهيليوم 3 لتتشكل نواة الهيليوم 4 . هذا الاندماج يصاحبه صدور نواتين متماثلتين . ماهما ؟
d- اكتب معادلة حسيمة التفاعلات الثلاث للاندماج السابقة التي تسمح بالحصول على نواة الهيليوم 4 انطلاقا من أنوية الهيدروجين .

الجزء 3

لتعتبر معادلة التفاعل التالية : $4\text{ }^1\text{H} \rightarrow \text{ }^4\text{He} + 2\text{ }^0\text{ }^+1\text{e} + 2\gamma$

- a- احسب الضياع في الكتلة الموافق لهذا الاندماج .
b- استنتج قيمة الطاقة المتحررة لكل نوكلون خلال هذا الاندماج : a- $0,6 \text{ MeV}$ b- 6 MeV c- 60 MeV .
c- تحول الشمس خلال كل ثانية $720 \cdot 10^6 \text{ tonnes}$ من الهيدروجين إلى الهيليوم 4 . اوجد الضياع في كتلة الشمس خلال كل ثانية : a- 4500 tonnes b- $450 000 \text{ tonnes}$ c- $4500 000 \text{ tonnes}$.

الحل 15

الجزء 1

a- تعريف الاندماج : هو التفاعل النووي الذي خلاله يحدث اندماج بين نواتين صغيرتين لتتشكل نواة جديدة أثقل و أكبر مع توقع تشكل جسيمات أخرى (نوترونات ، بروتونات) . يصاحب هذا التفاعل فقدان كتلة .
تعريف الإشطار النووي : خلال الإشطار ، نواة ثقيلة غير مستقرة ، تحت تأثير نوترون ، تتحطم أو تنكسر إلى نواتين أصغر منها . هذا التفاعل النووي يصاحبه تحرر طاقة .

b- شرح لماذا تفاعلات الاندماج لا تحدث إلا في درجة حرارة عالية : النواة تحتوي على بروتونات شحنتها موجبة . إذن وجود نواتين متقاربتين يحدث بينهما تآثر نتيجة قوة التآثر الإلكترونيستاتيكية لكلولمب . و منه حتى يحدث تفاعل الاندماج يجب أن تكون حركة انتقال النواتين سريعة جدا حتى تغلب على هذه القوة . و حتى تكون هذه الحركة سريعة فإنها تتطلب طاقة حركية كبيرة و للحصول على طاقة حركية كبيرة يجب توفر درجة حرارة عالية جدا .

الجزء 2

a- كتابة معادلة تفاعل الاندماج لنواتين من الهيدروجين : $1\text{ }^1\text{H} + 1\text{ }^1\text{H} \rightarrow 2\text{ }^1\text{H} + ^A_Z\text{X}$

قوانين الإحفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $2 = 1 + Z \Rightarrow Z = 1$

- قانون انحفاظ العدد الكتلي : $2 = 2 + A \Rightarrow A = 0$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن بوزيتون $^0\text{ }^+1\text{e}$ و منه : معادلة التفاعل : $1\text{ }^1\text{H} + 1\text{ }^1\text{H} \rightarrow 2\text{ }^1\text{H} + 0\text{ }^+1\text{e}$ (1)

b- كتابة معادلة تفاعل اندماج نواة ديوتريوم و البروتون لتتشكل نواة الهيليوم 3 : $1\text{ }^1\text{H} + 2\text{ }^1\text{H} \rightarrow 3\text{ }^2\text{He} + ^b\text{ }^A_Z\text{X}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $2 = 2 + a \Rightarrow a = 0$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $3 = 3 + b \Rightarrow b = 0$

الإشعاع الناتج خلال هذا التفاعل هو إذن إشعاع γ . ومنه : معادلة التفاعل : ${}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_0\gamma$ (2)
هذا التفاعل يصاحبه انبعاث إشعاع γ لأن نواة الهيليوم 3 الناتجة مثارة و حتى تستقر و تصبح في حالة غير مثارة تنبع فوتونات طاوية على إشعاع يسمى إشعاع γ : ${}^3_2\text{He}^* \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_0\gamma$

— كتابة معادلة اندماج نواتين من الهيليوم 3 لتتشكل نواة الهيليوم 4 : ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^1_1\text{H}$: $4 = 2 + 2 a \Rightarrow a = 1$

— قانون انحفاظ الشحنة : $6 = 4 + 2 b \Rightarrow b = 1$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن بروتون ${}^1_1\text{H}$. ومنه : معادلة التفاعل (3) ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^1_1\text{H}$
— كتابة معادلة حصيلية التفاعلات الثلاث للاندماج السابقة التي هي تنطلق من أنوية الهيدروجين لتنتهي بنواة الهيليوم 4 :
نضرب المعادلة (1) في 2 حتى نحصل على نواتين من الدوتريوم و نضرب المعادلة (2) في 2 حتى نحصل على نواتين من الهيليوم 3 ثم نجمع المعادلات الثلاث طرفا لطرف فنحصل على : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_{+1}e + 2 \gamma$

الجزء 3

لنعتبر معادلة التفاعل التالية : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_{+1}e + 2 \gamma$

a — حساب الضياع في الكتلة الموافق لهذا الاندماج : $\Delta m = 4 m({}^1_1\text{H}) - m({}^4_2\text{He}) - 2 m({}^0_{+1}e) = 0,0254 \text{ u}$

b — استنتاج قيمة الطاقة المتحررة خلال هذا الاندماج : $E = \Delta m \cdot c^2 = 0,0254 \cdot 931,5 = 23,66 \text{ MeV}$

— استنتاج قيمة الطاقة المتحررة لكل نوكليون خلال هذا الاندماج : $E' = E/4 = 5,91 \text{ MeV}$
إذن القيمة التي نختارها هي : 6 MeV .

c — تحول الشمس خلال كل ثانية $720 \cdot 10^6 \text{ tonnes}$ من الهيدروجين إلى الهيليوم 4 . الضياع في كتلة الشمس خلال كل ثانية :
كتلة الهيدروجين المستهلكة خلال اندماج $4 {}^1_1\text{H}$: $4 \cdot m({}^1_1\text{H}) = 4 \cdot 1,0073 = 4,0292 \text{ u}$

الضياع في الكتلة الموافق لهذا الاندماج حسبناه سابقا : $0,0254 \text{ u}$

كتلة الهيدروجين المستهلكة في الشمس خلال 1 s هي : $720 \cdot 10^6 \text{ tonnes}$

الضياع في كتلة الشمس خلال 1 s هي : x .

مما سبق نجد : $x = (720 \cdot 0,0254)/(4,0292) = 720 \cdot 1/100 = 72/16 = 4500 \text{ tonnes}$

إذن القيمة التي نختارها هي : 4500 tonnes .

التمرين 16

من أهم المنابع للإشعاعات المؤينة التي يتعرض لها الإنسان هو منبع لعنصر طبيعي عرفه العلماء تحت اسم الرادون 222 . هذا النظير للرادون ينتمي إلى عائلة النشاط الإشعاعي لليورانيوم 238 . يتفكك الرادون بنفسه باعًا جسيمات α . نصف عمره 3,8 jours لا يمكن ملاحظته في محيطنا إذا لم يتشكل باستمرار وبشكل دائم . الرادون هو العنصر الوحيد ذو الطبيعة الغازية المتولد من اليورانيوم . الطبيعة الغازية للرادون 222 تسمح له بالانتقال إلى الجو منطلقًا من الصخور تحت الأرض ، يمكن بسهولة أن يدخل إلى شقوق بعض المبانيات و يتخزن في الأماكن العديدة التهوية كالطوايق تحت الأرض للبنانيات . الأجسام الصلبة التي تتحرر من الرادون و التي يمتصها على شكل دقائق الغبار تنبعث منها إشعاعات مؤينة . الرادون يسبب سرطان الرئتين . الرادون خطير حيث يستدعي أخذ الاحتياطات إذا كان تركيزه 400 Bq/m^3 و تكون الحالة خطيرة جدا عندما يصل تركيزه 1000 Bq/m^3 . تعطى معلومات مستخرجة من جدول الدوري للعناصر :

الأكتينيوم	الراديوم	الفرانسيوم	الرادون	الأستات	البولونيوم	البيزموت	الاسم
Ac	Ra	Fr	Rn	At	Po	Bi	الرمز
89	88	87	86	85	84	83	الرقم الذري

1- تفكك الرادون 222

a — اعط تركيب نواة النظير ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ للرادون .

b — مستعينا بنص المقدمة اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق لتفكك الرادون 222 بفرض أن نواة الإبن غير مثارة .

c — اشرح باختصار لماذا الحالة الغازية للرادون جعلته خطير ؟

2- تحديد نصف العمر للرادون 222

نريد تحديد زمن نصف العمر للرادون 222 ، من أجل ذلك أخذنا عينة من الغاز و وضعناها في مخبر غازي و هذا الأخير

دخله في جهاز الذي يقيس النشاط الإشعاعي المتوسط A للغاز . بفرض أن الرادون 222 هو الغاز الوحيد المشع في

المخبر . نعيد نفس العملية السابقة في كل 50 h خلال مدة زمنية كلية تفوق 200 h .

النتائج سمحت برسم المنحنى $\ln A = f(t)$.

— قانون التناقص الإشعاعي يطبق على النشاط الإشعاعي المتوسط : $A = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ حيث λ هو ثابت نشاط الإشعاعي .

- a— برر مظهر شكل المنحنى المرسوم . b— استنتج قيمة λ .
- c— عرف زمن نصف العمر $t_{1/2}$ للرادون .
- d— اعط العلاقة بين $t_{1/2}$ و λ . احسب نصف العمر للرادون .
- e— قارن النتيجة مع القيمة المعطاة في المقدمة .

الجزء 3

قياس النشاط الإشعاعي للرادون في بيت قديم أعطى النتيجة 6000 Bq لكل 1 m^3 من هواء البيت .

- a— احسب ثابت النشاط الإشعاعي τ للرادون 222 . b— ماهي كتلة الرادون 222 الموجودة في 1 m^3 من هواء هذا البيت .
- c— اوجد المدة الزمنية التي من أجلها يصبح النشاط الإشعاعي للرادون 222 في البيت 400 Bq/m^3 .
- d— ما هي الإحتياجات البسيطة التي يجب أخذها من أجل أن تنقص من تركيز الرادون في البيت .

الحل 16

1— تفكك الرادون 222

a— تركيب نواة النظير $^{222}_{86}\text{Rn}$ للرادون : رمز نواة الرادون 222 هو : $^{222}_{86}\text{Rn}$ و رقمه الذري هو : $Z = 86$ النواة تتشكل من 222 نوكليون : 86 بروتون و 136 نوترون .

b— كتابة معادلة تفكك الرادون 222 . يتفكك جسيمات α حسب المعادلة : $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^A_Z\text{X}$ قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $86 = 2 + Z \Rightarrow Z = 84$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $222 = 4 + A \Rightarrow A = 218$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر البولونيوم $^{218}_{84}\text{Po}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{218}_{84}\text{Po}$

c— شرح باختصار لماذا الحالة الغازية للرادون جعلته خطير : الحالة الغازية للرادون جعلته خطير لأنه يمكنه من الانتشار بسهولة في المحيط . إذن يمكن أن يستنشق .

2— تحديد نصف العمر للرادون 222

a— تبرير مظهر شكل المنحنى المرسوم : $A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ حيث A_0 النشاط الإشعاعي للعينة عند اللحظة $t = 0$ ، من هذه العلاقة يمكن أن نكتب : $\ln A = \ln(A_0 \cdot \exp(-\lambda t)) = \ln(A_0) - \lambda t$ أي : $\ln A = \ln(A_0) - \lambda \cdot t$

هذه المعادلة $\ln A = \ln(A_0) - \lambda \cdot t$ هي معادلة خط مستقيم مائل معامل توجيهه $-\lambda$ و يقطع محور الترتيب عند $\ln(A_0)$. المنحنى الممثل لـ $\ln A$ بدلالة الزمن هو مستقيم مائل معامل توجيهه هو a و يقطع محور الترتيب عند $\ln(A_0) = 6,4$. إذن هذه العلاقة توافق المنحنى المقترح سابقا .

b— استنتاج قيمة λ : المنحنى خط مستقيم معامل توجيهه a ومنه : $\lambda = -a = -(5 - 6,4)/(200 - 50) = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$

c— تعريف زمن نصف العمر $t_{1/2}$ للرادون : المدة الزمنية التي من أجلها تتفكك نصف عدد أنوية الرادون 222 المشعة الموجودة في البداية في العينة : $N(t_{1/2}) = N_0/2$

d— العلاقة بين $t_{1/2}$ و λ : من التعريف $t_{1/2} = \ln 2/\lambda$

حساب نصف العمر للرادون : $t_{1/2} = \ln 2/\lambda = \ln 2/(7,3 \cdot 10^{-3}) = 95 \text{ h}$

e— المقارنة بين النتيجة و القيمة المعطاة في المقدمة : 91 h : الاختلاف في القيمتين يرجع إلى أن القيمة التجريبية لا يمكن أن تخلو من الأخطاء و خاصة أنها تحسب من خلال ميل المنحنى المستقيم الذي من الصعب جدا الحصول عليه بشكل دقيق .

الجزء 3

a— حساب ثابت النشاط الإشعاعي λ للرادون 222 : $\lambda = \ln 2/t_{1/2} = 2,10 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

b— كتلة الرادون 222 الموجودة في 1 m^3 من هواء هذا البيت : $M = 1,05 \cdot 10^{-12} \text{ g}$: $m = A(t)/(\lambda \cdot N_A)$

c— المدة الزمنية التي من أجلها يصبح النشاط الإشعاعي في البيت 400 Bq/m^3 : $t = 1/\lambda \cdot \ln(A_0/A(t)) = 15 \text{ jours}$

d— الإحتياجات البسيطة التي يجب أخذها من أجل أن تنقص من تركيز الرادون في البيت : التهوية الجيدة للبيت و كذا تغليف أسوار البيت بمواد عازلة .

التمرين 17

منذ عدة سنوات تجري أبحاث في حول تفاعلات الاندماج النووي المراقب . و تتعلق بشكل أساسي بنظائر الهيدروجين : الديوتريوم و التريسيوم . هذا المزيج المتفاعل يتحقق في درجة حرارة جد عالية بحيث تتحرر الطاقة التي تدعى بالطاقة الحرارية النووية $\text{énergie thermonucléaire}$.

على المدى الطويل ، الطاقة الحرارية النووية يمكن أن تعوض الطاقة التي تنتجها المحطات النووية للإشطار الحالية . تعطى :

هيليوم 4	هيليوم 3	تريسيوم	ديتريوم	هيدروجين	إلكترون	بروتون	نيترون	جسم أو كتلة
${}^4_2\text{He}$	${}^3_2\text{He}$	${}^3_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^1_1\text{H}$	${}^0_{-1}\text{e}^-$	${}^1_1\text{P}$	${}^1_0\text{n}$	رمز
4,00150	3,014 93	3,015 50	2,013 55	1,00728	0,00055	1,007 28	1,008 66	كتلة بـ u
						1,672623	1,674929	كتلة بـ 10^{-27}kg

سرعة الضوء في الفراغ	إلكترون فولت	طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	وحدة الكتلة الذرية
$c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$	$E = 931,5 \text{ Mev}$	$u = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$

1- العناصر والأنوية

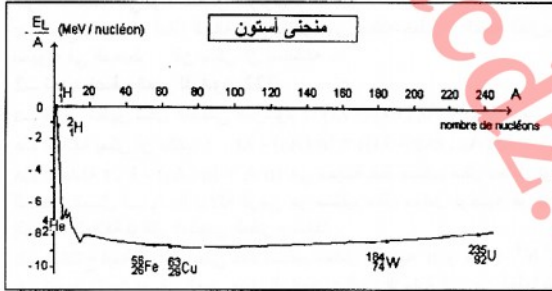
تمثل ذرة نواة X بالرمز ${}^A_Z\text{X}$. **a** - ماذا تمثل كل من A و Z ؟ **b** - لماذا تختلف نظائر نفس العنصر ؟
c - اعط تركيب نواة الدوتريوم . **d** - اعط اسم لنظير الدوتريوم وكذا تركيب نواته .

2- التفاعلات النووية

حاليا تجري الأبحاث حول المزيج دوتريوم - تريسيوم ، هناك عدة تفاعلات نووية يمكن حدوثها مثلا : إنطلاق من نواتين من دوتريوم نحصل على المعادلة : (1) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$ أو المعادلة (2) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
a - من أجل كل معادلة : (1) و (2) ، اعط اسم و رمز الأنوية المتشكلة : ${}^A_Z\text{X}$ و ${}^{A'}_{Z'}\text{X}'$.
b - اشرح العبارة "التنافر الكولومبية" .
c - ما هي إشارة الشحنة الكهربائية لأنوية الدوتريوم و التريسيوم .

3- منحنى أستون

خلال التصادم ، تنفصل كل النوكليونات للأنوية عن بعضها البعض ثم تجتمع من جديد لتشكل أنوية جديدة . يجب إذن توفير طاقة للنواة من أجل ذلك . هذه الطاقة المحسوبة موجبا تكون على الأقل تساوي طاقة الربط للأنوية . كلما كانت النواة تحتوي على عدة نوكليونات كلما كبرت طاقة الربط لها .



a - اعط تعريف طاقة الربط E_b .
b - احسب بـ MeV طاقة الربط لنواة التريسيوم .
c - لمقارنة إستقرار الأنوية فيما بينها ، تستعمل طاقة الربط لكل نوكليون .

d - منحنى أستون الممثل في الشكل المرفق يمثل المعاكس لطاقة الربط لكل نوكليون (E_b/A) بدلالة عدد النوكليونات A ، حدد على المنحنى المنطقة أين توجد الأنوية الأكثر إستقرار .
e - من بين تفاعلات الإندماج الممكنة في المقاعل النووي Takamaks ، التفاعل بين الدوتريوم و التريسيوم هو الذي يحرر طاقة أكبر . التفاعل (3) يكتب : ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ طاقة الربط لكل نوكليون لنواة التريسيوم هي حوالي 2,8 MeV .

a - حدد على المنحنى مكان وجود نواة التريسيوم .
b - مستعينا بالمنحنى ، قارن بين طاقة الربط لكل نوكليون لنواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ و طاقة الربط لكل من ${}^3_1\text{H}$ و ${}^2_1\text{H}$. استنتج الغائدة الطاقوية من التفاعل (3) .

4- الحصيلة الطاقوية

- بين أن الطاقة المتحررة من التفاعل (3) قيمتها 17,6 MeV .

الحل - 17

1- العناصر والأنوية

a - تمثل ذرة نواة X بالرمز ${}^A_Z\text{X}$: تمثل A عدد النوكليونات (العدد الكتلي) و Z عدد البروتونات (العدد الذري) .
b - تختلف نظائر نفس العنصر في العدد الكتلي و بالاضبط في عدد النوترونات .

c - تركيب نواة الدوتريوم : رمز نواة الدوتريوم هو : ${}^2_1\text{H}$. النواة تتشكل من 2 نوكليونات : 1 بروتون و 1 نوترون .
d - اسم لنظير الدوتريوم وكذا تركيب نواته : التريسيوم : ${}^3_1\text{H}$. النواة تتشكل من 3 نوكليونات : 1 بروتون و 2 نوترون .

2- التفاعلات النووية

a - كتابة معادلة تفاعل الإندماج لنواتين من الدوتريوم : (1) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $2 = 0 + Z_1 \Rightarrow Z_1 = 2$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $4 = 1 + A_1 \Rightarrow A_1 = 3$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن الهيليوم ${}^3_2\text{He}$ و منه : معادلة التفاعل : (1) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

— كتابة معادلة تفاعل الاندماج لنواتين من الدوتريوم : (2) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{A_2}_{Z_2}\text{X} + {}^1_1\text{P}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $2 = 1 + Z_2 \Rightarrow Z_2 = 1$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $4 = 1 + A_2 \Rightarrow A_2 = 3$

الجسيمة المنبعثة خلال هذا التفاعل هي إذن التريسيوم ${}^3_1\text{H}$ و منه : معادلة التفاعل : (2) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{P}$

بـ شرح العبارة "التناثر الكولمبية" : النواة تحتوي على بروتونات شحنتها موجبة . إذن وجود نواتين متقاربتين من نفس الإشارة لشحنتيهما يحدث بينهما تناثر نتيجة قوة التناثر الإلكترونيةستاتيكية لكولومب "التناثر الكولمبية". و منه حتى يحدث تفاعل الاندماج يجب أن تكون حركة انتقال النواتين سريعة جدا حتى تتغلب على هذه القوة . و حتى تكون هذه الحركة سريعة فإنها تتطلب طاقة حركية كبيرة و للحصول على طاقة حركية كبيرة يجب توفر درجة حرارة عالية جدا .

جـ إشارة الشحنة الكهربائية لأنوية الدوتريوم و التريسيوم : موجبة . لأن النواة تحتوي على بروتونات شحنتها موجبة .

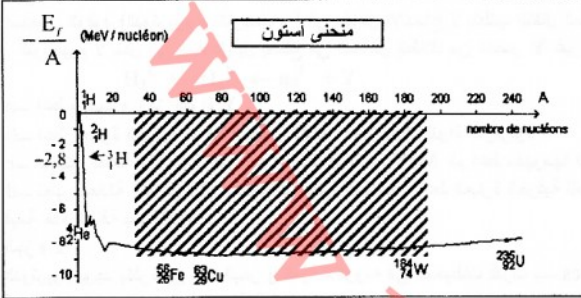
3ـ منحني استون

ـ تعريف طاقة الربط E_L : طاقة الربط هي الطاقة الواجب تقديمها للنواة لفصلها عن مختلف النوكليونات المكونة لها لتصبح منفردة و ساكنة . تحسب طاقة الربط بالعلاقة :

$$E_L = [Z m_p + (A - Z) m_n - m] \cdot c^2$$

بـ حساب طاقة الربط لنواة التريسيوم : c^2

$$E_L = [Z m_p + (A - Z) m_n - m] \cdot c^2$$



$$E_L = [1,00728 + (2) \cdot 1,00866 - 3,01550] \cdot 931,5 = 8,477 \text{ MeV}$$

جـ تحديد على المنحني المنطقة أين توجد الأنوية الأكثر استقرار : الأنوية الأكثر استقرار تملك طاقة ربط لكل نوكليون (E_L/A) الأكبر قيمة . إذن تملك طاقة ربط لكل نوكليون $(-E_L/A)$ الأقل قيمة . انظر الشكل المرفق .

دـ تحديد على المنحني مكان وجود نواة التريسيوم : انظر الشكل المرفق .

ـ المقارنة بين طاقة الربط لكل نوكليون لنواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ و طاقة الربط لكل من ${}^3_1\text{H}$ و ${}^2_1\text{H}$: من القراءة على المنحني بالقيم التقريبية نجد : $(-E_L/A)({}^4_2\text{He}) = -7 \text{ MeV}$ ، $(-E_L/A)({}^3_1\text{H}) = -2,8 \text{ MeV}$ و $(-E_L/A)({}^2_1\text{H}) = -1,1 \text{ MeV}$

الطاقة المتحررة من خلال التفاعل (3) ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ تساوي :

$$E = (E_L/A)({}^3_1\text{H}) \cdot A + (E_L/A)({}^2_1\text{H}) \cdot A - (E_L/A)({}^4_2\text{He}) \cdot A$$

حيث : $(E_L/A)({}^3_1\text{H}) \cdot A + (E_L/A)({}^2_1\text{H}) \cdot A$ هي الطاقة التي تستقبلها النواتين ${}^3_1\text{H}$ و ${}^2_1\text{H}$ لفصل نوكليونات منفردة و معزولة و ساكنة و $(E_L/A)({}^4_2\text{He}) \cdot A$ هي الطاقة التي تقدمها النواة ${}^4_2\text{He}$ لجمع نوكليونات المنفردة و المعزولة و الساكنة

لتشكيل النواة ${}^4_2\text{He}$. $E = 2,8 \cdot 3 + 2 \cdot 1,1 - 4 \cdot 7 = -17,4 \text{ MeV}$

الجملة تعطي طاقة أكبر من قيمة الطاقة التي تستقبلها . الجملة تعطي طاقة للوسط الخارجي خلال تفاعل الاندماج .

4ـ الحصيلة الطاقوية

ـ اثبات أن الطاقة المتحررة من التفاعل (3) قيمتها $17,6 \text{ MeV}$:

ـ حساب التغير في الكتلة خلال تفاعل اندماج نواة الدوتريوم و نواة التريسيوم :

$$\Delta m = [m(\text{He}) + m(\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] = -0,1886 \text{ u} = -0,1886 \cdot 1,6654 \cdot 10^{-27} = -3,1367 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

بـ تحديد الطاقة الناتجة من هذا التفاعل بـ MeV :

$$E = \Delta m \cdot c^2 = [-3,1376 \cdot 10^{-27} \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2] / [1,602 \cdot 10^{-13}] = -17,60 \text{ MeV}$$

التمرين 18ـ

اتفق في يوم 21 جوان 2005 على إنجاز مشروع دولي للاندماج النووي ITER بمنطقة Cadarache بفرنسا . اندماج نواتين خفيفتين يعطي نواة أثقل منهما و تتحرر طاقة . هذا ما يحدث في حالة تشكل نواة الهيليوم 4 انطلاقاً من التفاعل بين

الدوتريوم و التريسيوم حسب المعادلة التالية : (1) ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

لتحقيق هذا التفاعل يجب أن تقترب النواتين إلى بعضهما البعض إلى مسافة أقل من 10^{-14} m ، و هذا يتطلب التغلب على التناثر الإلكترونيستاتيكي ، من أجل ذلك نرفع درجة حرارة المادة إلى أكثر من $10^6 \text{ }^\circ\text{C}$.

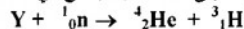
عند نهاية حياة مفاعل الإدماج ، تبقى المواد المكونة للمفاعل مشعة و منه فإن إختيار العناصر المكونة له التي زمن تناقصها الإشعاعي سريع ، يسمح بتقليل كمية النفايات المشعة . 100 سنة بعد التوقف النهائي للمفاعل ، أغلبية المواد المكونة له تعتبر نفايات نشاطها الإشعاعي ضعيف جدا . تعطى :

هيليوم 4	تريسيوم	ديتريوم	هيدروجين	إلكترون	بروتون	نيوترون	جسم أو كتلة
${}^4_2\text{He}$	${}^3_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^1_1\text{H}$	${}^0_{-1}\text{e}^-$	${}^1_1\text{P}$	${}^1_0\text{n}$	رمز
4,00150	3,015 50	2,013 55	1,00728	0,00055	1,007 28	1,008 66	كتلة بـ u
6,646483	5,008271	3,344497	1,672622		1,672622	1,674927	كتلة بـ 10^{-27}kg

سرعة الضوء في الفراغ	(إلكترون فولت)	طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	وحدة الكتلة الذرية
$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	$E = 931,5 \text{ Mev}$	$u = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$

الجزء 1

استعمال الوقود (الدوتريوم و التريسيوم) في مفاعل الإدماج لا يتطلب انتقال المادة المشعة إليه حيث أن الدوتريوم ليس مشع . التريسيوم لا ينقل إلى المفاعل بل يصنع في المفاعل انطلاقا من عنصر Y غير مشع حسب المعادلة التالية :



a- اعط تركيب و رمز النواة Y .

b- اعط العبارة الحرفية ثم قيمة نقص الكتلة $\Delta m({}^2_1\text{H})$ لنواة الدوتريوم .

c- استنتج الطاقة $E({}^2_1\text{H})$ الموافقة لها بـ J ثم بـ MeV . ثم اعط مفهومها الفيزيائي .

d- تعتبر معادلة التفاعل (1) المعطاة في نص المقدمة ، اعط العبارة الحرفية للطاقة المتحررة منها بدلالة المعطيات ثم احسب قيمة هذه الطاقة بـ MeV .

الجزء 2

الدوتريوم يوجد بكثرة في ماء البحر و كمية مخزونه في المحيطات قدرت بـ $4,6 \cdot 10^{13} \text{ tonnes}$. التفاعل (1) يحرر طاقة قدرها 17,6 MeV . (تعتبر كتلة ذرة الدوتريوم تساوي نواتها) .

a- حدد العدد N للأتوية الموجودة في $m = 1,0 \text{ kg}$ من الدوتريوم . b- استنتج الطاقة المتحررة من $m = 1,0 \text{ kg}$ منه .

c- $4 \cdot 10^{20} \text{ J}$ هي كمية الطاقة المستهلكة دوليا في كل سنة . تعتبر أن مردود مفاعل الإدماج هو نفسه مردود المحطة النووية من أجل التبسيط . هذا بنا إلى اعتبار أن 33 % من الطاقة المتحررة من تفاعل الإدماج هي التي تتحول فقط إلى طاقة كهربائية . اوجد المدة Δt اللازمة لإستهلاك الدوتريوم الموجود في المحيطات الموافق لنسبة الإستهلاك السنوي الحالي .

الجزء 3

نفايات المحطات النووية الحالية تنتج الطاقة بتفاعلات الإشطار النووي .

هذه التفاعلات تنتج نفايات مشعة التي ترتب إلى زمر حسب نصف

عمرها و قيمة نشاطها الإشعاعي . النفايات ذات النشاط الإشعاعي

المتوسط (زمرة B) نصف عمرها أكبر من 30 ans و تصدر إشعاعات

α ، ذات نشاط إشعاعي أكبر من $3,7 \cdot 10^3 \text{ Bq}$ لكل 1 g من الأتوية

المشعة . الأمريكيوم 241 هو من بين العناصر الموجود في هذه النفايات

المنحني الموضح في الشكل المقابل يمثل عدد الأتوية لعينة من

الأمريكيوم 241 كتلتها $m = 1,0 \text{ g}$. معادلة المنحني هي :

$$N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \quad \text{حيث} \quad \lambda = 5,1 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$$

a- باستخدام المنحني السابق حدد نصف العمر .

b- الأمريكيوم 241 يتفكك حسب المعادلة التالية :



c- عبارة النشاط الإشعاعي للعينة تعطى : $A = \lambda \cdot N$.

d- باستعمال معادلة المنحني أوجد المدة الزمنية t_1 التي من خلالها ، 1 g من الأمريكيوم 241 يصبح نشاطه الإشعاعي يساوي

$3,7 \cdot 10^3 \text{ Bq}$. خلال هذه المدة يمكن اعتبار الأمريكيوم 241 ، الناتج من المحطة النووية ، من نفايات الإشطار ضعيفة

النشاط الإشعاعي .

e- قيمة t_1 من رتبة 10^4 ans . في مجال النفايات ، الإدماج أفضل من الإشطار . حدد محاسن الإدماج بالنسبة للإشطار .

الحل 18

الجزء 1

a- تركيب و رمز النواة Y : ${}^1_0\text{n} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $a + 0 = 2 + 1 \Rightarrow a = 3$

— قانون انحفاظ العدد الكلي : $b + 1 = 4 + 3 \Rightarrow b = 6$

الجسيمة ${}^6_3\text{Li}$ هي إذن نواة الليثيوم ${}^6_3\text{Li}$ ومنه : ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_1\text{H}$

بـ العبارة الحرفية ثم قيمة نقص الكتلة $\Delta m({}^2_1\text{H})$ لنواة الدوتريوم : $\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_X$

ومن منه : العبارة الحرفية لنقص الكتلة $\Delta m({}^2_1\text{H})$ لنواة الدوتريوم : $\Delta m({}^2_1\text{H}) = m_p + m_n - m({}^2_1\text{H})$

$$\Delta m({}^2_1\text{H}) = 1,672622 \cdot 10^{-27} + 1,674927 \cdot 10^{-27} - 3,344497 \cdot 10^{-27} = 3,052 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

جـ استنتاج الطاقة $E({}^2_1\text{H})$ الموافقة لها بـ J ثم بـ MeV : $E({}^2_1\text{H}) = [Z m_p + (A - Z) m_n - m] \cdot c^2$

ومن منه نحسب طاقة الربط بالعلاقة : $J = (3,00 \cdot 10^8)^2 \cdot 2,75 \cdot 10^{-13} = 2,75 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

— استنتاج الطاقة $E({}^2_1\text{H})$ بـ MeV : $E({}^2_1\text{H}) = (2,75 \cdot 10^{-13}) / (1,60 \cdot 10^{-13}) = 1,72 \text{ MeV}$

— اعطاء مفهومها الفيزيائي : الطاقة الموافقة لنقص الكتلة

Δm لنواة توافق طاقة الربط لتلك النواة . إن طاقة الربط

هي الطاقة الواجب تقديمها للنواة لفصلها عن مختلف

النوكليونات المكونة لها لتصبح فردية و منعزلة و ساكنة

و هي دللنا موجبة .

لـ العبارة الحرفية للطاقة المتحررة من التفاعل (1)

بدلالة المعطيات ثم حساب قيمة هذه الطاقة بـ MeV :

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

$$E = [m(\text{He}) + m(\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2$$

$$E = [6,646483 + 1,674927 - 3,344497 - 5,008271] \cdot 10^{-27} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 = -2,82 \cdot 10^{-12} \text{ J} = -17,6 \text{ MeV}$$

الجزء 2

الدوتريوم يوجد بكثرة في ماء البحر و كمية مخزونه في المحيطات قدرت بـ $4,6 \cdot 10^{13} \text{ tonnes}$. التفاعل (1) يحرر طاقة

قدرها $17,6 \text{ MeV}$. (نعتبر كتلة ذرة الدوتريوم تساوي نواتها) .

أـ تحديد العدد N للأنوية الموجودة في $m = 1,0 \text{ kg}$ من الدوتريوم : لدينا : $m({}^2_1\text{H}) = 3,344497 \cdot 10^{-27} \text{ g}$

ومن منه : $N = m / m({}^2_1\text{H}) = 1,0 / (3,344497 \cdot 10^{-27}) = 3,0 \cdot 10^{26} \text{ noyaux}$

بـ استنتاج الطاقة المتحررة من $m = 1,0 \text{ kg}$ من الدوتريوم : التفاعل السابق يحدث $3,0 \cdot 10^{23}$ مرة محررا طاقة قدرها :

$$E_L = -8,4 \cdot 10^{14} \text{ J} \quad \text{أي} \quad E_L = -17,60 \cdot 3,0 \cdot 10^{23} = -5,3 \cdot 10^{27} \text{ MeV}$$

جـ المدة Δt اللازمة لإستهلاك مخزون الدوتريوم الموجود في المحيطات : الطاقة المتحررة من اندماج

$$E' = 4,6 \cdot 10^{16} \cdot E_L \quad \text{من الدوتريوم} \quad m = 4,6 \cdot 10^{13} \text{ tonne} = 4,6 \cdot 10^{16} \text{ kg}$$

$$E' = 3,9 \cdot 10^{31} \text{ J} \quad \text{إذن نحصل على} \quad E' = 4,6 \cdot 10^{16} \cdot E_L = 4,6 \cdot 10^{16} \cdot (-8,4 \cdot 10^{14}) = -3,9 \cdot 10^{31} \text{ J}$$

من الطاقة . أخذا بعين الإعتبار النسبة % 33 نجد : $E_{\text{elec}} = E' \cdot 0,33 = 3,9 \cdot 10^{31} \cdot 0,33 = 1,3 \cdot 10^{31} \text{ J}$

ومن منه المدة Δt اللازمة لإستهلاك مخزون الدوتريوم : كل 1 an تقابل $4 \cdot 10^{20} \text{ J}$ إذن Δt تقابل $1,3 \cdot 10^{31} \text{ J}$ ومنه :

$$\Delta t = (1,3 \cdot 10^{31}) / (4 \cdot 10^{20}) = 3 \cdot 10^{10} \text{ ans}$$

الجزء 3

نفايات المحطات النووية الحالية تنتج الطاقة بتفاعلات الإنشطار النووي . هذه التفاعلات تنتج نفايات مشعة التي رتبت إلى زمر

حسب نصف عمرها و قيمة نشاطها الإشعاعي . النفايات ذات النشاط الإشعاعي المتوسط (زمرة B) نصف عمرها أكبر من 30

ans و تصدر إشعاعات α ، ذات نشاط إشعاعي أكبر من $3,7 \cdot 10^3 \text{ Bq}$ لكل 1 g من الأنوية المشعة .

الأمريسيوم 241 هو من بين العناصر الموجود في هذه النفايات . المنحنى الموضح في الشكل المقابل يمثل عدد الأنوية لعينة من

الأمريسيوم 241 كتلتها $m = 1,0 \text{ g}$. معادلة المنحنى هي : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ حيث : $\lambda = 5,1 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$.

أـ تحدد نصف العمر باستخدام المنحنى المعطى : نرسم على الشكل المستقيم الذي معادلته : $N = N_0/2$

$$N = N_0/2 = (2,47 \cdot 10^{21})/2 = 1,24 \cdot 10^{21}$$

$$3000 \text{ ans} \quad \text{إذن} \quad 1,5 \text{ cm} \quad \text{توافق} \quad t_{1/2} \quad \text{ومن منه} \quad t_{1/2} = (1,5 \cdot 3000)/10,4 = 4,3 \cdot 10^2 \text{ ans}$$

$$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / (5,1 \cdot 10^{-11}) = 1,4 \cdot 10^{10} \text{ s} = 4,3 \cdot 10^2 \text{ ans}$$

بـ الأمريسيوم 241 يتفكك حسب المعادلة التالية : ${}^{241}_{95}\text{Am} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{237}_{93}\text{Np}$. نمط التفكك هو α .

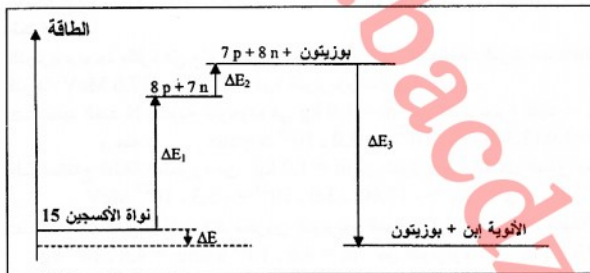
— عبارة النشاط الإشعاعي للعينة تعطى : $A = \lambda \cdot N$.

ـ إيجاد المدة الزمنية t_1 التي من خلالها، 1 g من الأمريكيوم 241 يصبح نشاطه الإشعاعي يساوي $3,7 \cdot 10^3 \text{ Bq}$:
 قانون التناقص الإشعاعي : $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ علما أن : $A = \lambda \cdot N$: إذن : $A = \lambda \cdot N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$.
 ومنه : $(A(t_1)/(\lambda \cdot N_0) = \exp(-\lambda t) \Rightarrow \ln [(A(t_1)/(\lambda \cdot N_0))] = -\lambda \cdot t_1 \Rightarrow \lambda \cdot t_1 = \ln [(\lambda \cdot N_0)/(A(t_1))]$
 ومنه : $t_1 = 1/\lambda \cdot \ln [(\lambda \cdot N_0)/(A(t_1))] = 1,1 \cdot 10^4 \text{ ans}$:
 لـ تحديد محاسن الإندماج بالنسبة للإنشطار في مجال النفايات : قيمة t_1 من رتبة 10^4 ans أي يجب انتظار 10^4 ans للحصول على نفايات ضعيف النشاط الإشعاعي في الإنشطار . في الإندماج تنقص مدة الإنتظار هذه بـ 100 مرة .

التمرين 19

في علم Neurobiologie ، توجد مجموعة تقنيات حيث كل واحدة منها تكشف صور خاصة لهندسة المخ و وظائفه . عملية طبية تسمى Tomographie (PET) (تعطي صور إشعاعية لمستوى معين من الدماغ باتباع بوزيترونات) يمكن أن تعطي تغيرات لتدفق الدم ، التي تعكس النشاط الإشعاعي لمجموع التحولات الفيزيائية والكيميائية في النسيج الحي للدماغ (metabolisme cérébrale) . من هذا الإكتشاف ، نشأت فكرة إمكانية الملاحظة من الخارج النشاط الإشعاعي الحادث داخل الجسم . في تقنية (PET) نلتقط جزيئة الماء (الموجودة بكمية كبيرة في المخ) بإستعمال الماء المشع الذي تحقنقه للمريض . في جزيئة الماء المشعة نواة الأوكسجين (المتكونة من 8 بروتون و 8 نوترون) تستبدل بنواة الأوكسجين تحتوي على 8 بروتون و 7 نوترون : الأوكسجين 15 . الأوكسجين 15 له نمط الإشعاعي β^+ : إحدى بروتوناته يتحول بسرعة إلى نوترون باعثة بوزيترون . تعطي :

فلور $^{15}_5\text{F}$	أكسجين $^{15}_8\text{O}$	أزوت $^{15}_7\text{N}$	كربون $^{16}_6\text{C}$	بوزيترون $^0_1e^+$	بروتون ^1_1P	نيترون ^1_0n	جسم أو كتلة
6,483	7,463	7,699	6,676				رمز
							طاقة الربط لكل نوكلليون MeV/nucl
							كتلة بـ kg
				$9,109 \cdot 10^{-31}$	$1,67262 \cdot 10^{-27}$	$1,67492 \cdot 10^{-27}$	



تفكك الأكسجين 15

1- اكتب معادلة التفكك لنواة الأكسجين 15 .
 بفرض أنه لا تنتج النواة الابن في حالة مثارة في الشكل المرفق ، يعطى تغير الطاقة ΔE للجذلة ، أثناء تفكك نواة الأكسجين 15 .
 يمكن حسابها باستعمال المخطط الطاقى في هذا الشكل .

2- عرف طاقة الربط E_1 للنواة .

3- احسب بـ MeV تغير الطاقة ΔE_3 المبينة في الشكل . بطريقة حسابية مماثلة نجد : $\Delta E_1 = 111,9 \text{ MeV}$.

4- باستخدام كتل الجسيمات ، احسب بـ MeV ، تغير الطاقة ΔE_2 المبينة في الشكل .

5- استنتج من النتائج السابقة بـ MeV ، قيمة تغير الطاقة ΔE للجذلة أثناء تفكك نواة الأكسجين 15 . المخطط الطاقى :

الحل 19

- التمثيل الرمزي لنواة الأكسجين 15 : نواة الأوكسجين تحتوي على 8 بروتون و 7 نوترون : $^{15}_8\text{O}$.
- كتابة معادلة التفكك لنواة الأكسجين 15 : الأوكسجين 15 له نمط إشعاعي β^+ : $^{15}_8\text{O} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_1e^+$: قانون انحفاظ الشحنة : $8 = a + 1 \Rightarrow a = 7$: قانون انحفاظ العدد الكتلي : $15 = b + 0 \Rightarrow b = 15$:
 النواة المتشكلة هي نواة عنصر الأزوت 15 : $^{15}_7\text{N}$. ومنه : معادلة التفاعل : $^{15}_8\text{O} \rightarrow ^{15}_7\text{N} + ^0_1e^+$

3- تعريف طاقة الربط E_1 للنواة : الطاقة الموافقة لنقص الكتلة Δm لنواة توافق طاقة الربط لتلك النواة . إن طاقة الربط هي الطاقة الواجب تقديمها للنواة لفصلها عن مختلف النوكليونات المكونة لها لتصبح فردية و منعزلة و ساكنة و هي دلما موجبة .

4- حساب بـ MeV تغير الطاقة ΔE_3 : $\Delta E_3 = -E_1(^{15}_7\text{N}) - A \cdot E_1/A = -15 \cdot 7,699 = -115,5 \text{ MeV}$: $\Delta E_2 = \Delta m \cdot c^2 = (7m_p + 8m_n + m_e - 8m_p - 7m_n) \cdot c^2$:

5- حساب بـ MeV ، تغير الطاقة ΔE_2 : $\Delta E_2 = (-m_p + m_n + m_e) \cdot c^2 = (-1,67262 \cdot 10^{-27} + 1,67492 \cdot 10^{-27} + 9,109 \cdot 10^{-31}) \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2$: $\Delta E_2 = 2,8859 \cdot 10^{-13} \text{ J} = (2,8859 \cdot 10^{-13})/(1,602 \cdot 10^{-13}) = 1,8 \text{ MeV}$

6- استنتاج قيمة تغير الطاقة ΔE للجملة أثناء تفكك نواة الأكسجين 15 : $\Delta E_3 = -E_i(^{15}_7\text{N})$ و $\Delta E_3 = \Delta E - \Delta E_1 - \Delta E_2$: $\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 = \Delta E_1 + \Delta E_2 - A \cdot E_i/A(^{15}_7\text{N}) = 111,9 + 1,8 - 15 \cdot 7,699 = -1,8 \text{ MeV}$

التمرين 20-

دراسة التفاعلات النووية التي تحدث في الكون و بالضبط في النجوم التي تحتضن عملية تركيب العناصر الكيميائية . تعطى :

جسم أو كتلة	نيوترون	بروتون	بوزيترون
رمز	^1_0n	^1_1p	$^0_{+1}\text{e}$
كتلة بـ kg	$1,67492 \cdot 10^{-27}$	$1,67 \cdot 10^{-27}$	$9,109 \cdot 10^{-31}$

ثابت النشاط الإشعاعي للبريليوم : $\lambda = 1 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$.

1- العناصر الأولى الموجودة في الكون

منشأ العناصر الأولى في الكون حسب نموذج BIG - BANG : يضع ثواني بعد الانفجار الأصلي الأولى ، العناصر الكيميائية الأولى الموجودة كانت الهيدروجين 90 % ، الهيليوم و الثيوم ، هذا الأخير موجود بكميات جد ضعيفة . حاول الفيزيائيون فهم مصدر العناصر الأخرى الموجودة في الكون .

أ- حدد تركيب أنوية ذرات الهيليوم ^4_2He و ^3_2He و كذا شاردة الهيليوم $^4_2\text{He}^{2+}$.

ب- تركيب العناصر الكيميائية الأثقل يتم بالتفاعلات النووية . لماذا طريقة تركيب هذه العناصر لا يمكن أن تتم بتفاعلات كيميائية ؟

2- اندماج الهيدروجين

تحت تأثير قوة الجذب العام ، العناصر الأولى (هيدروجين ، هيليوم و ...) اجتمعت مشكلة سحابة غازية في بعض الأماكن للكون ثم هذه السحابة انحلت حول نفسها و زادت درجة الحرارة المركزية لتصل حوالي 10^7 K . عند هذه الدرجة بدأ التفاعل النووي الأول بالاندماج الهيدروجين حسب المعادلة : $4\ ^1_1\text{H} \rightarrow\ ^4_2\text{He} + 2\ ^0_{+1}\text{e}$ و منه ولدت أول نجمة .

أ- اكتب العبارة الحرفية للطاقة $|\Delta E|$ المتحررة من التفاعل السابق : $4\ ^1_1\text{H} \rightarrow\ ^4_2\text{He} + 2\ ^0_{+1}\text{e}$: التطبيق العددي لهذه القيمة أعطت : $|\Delta E| = 4 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

ب- عند مولد الشمس ، قدرت كتلتها بحوالي $M_S = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. فقط 1/10 من هذه الكتلة مكونة من هيدروجين درجة حرارته كافية لحدوث تفاعلات الاندماج . نعتبر أن الكمية المهمة من الطاقة المنتجة تأتي من تفاعل الاندماج السابق . بين أن الطاقة الكلية التي يمكن إنتاجها من تفاعلات الاندماج هذه قيمتها في حدود $E_T = 10^{44} \text{ J}$.

ج- قام الفيزيائيون بقياس كمية الطاقة التي تستقبلها الأرض فوجدوا أن الطاقة E_S المتحررة من الشمس خلال سنة هي : $E_S = 10^{34} \text{ J/an}$. استنتج المدة Δt اللازمة لكي يستهلك الشمس كل مخزونه من الهيدروجين .

3- ناتج اندماج الهيليوم

تفاعلات أخرى للتركيب nucleosynthèse يمكن أن تحدث في قلب النجم . حسب النماذج المقدمة من الفيزيائيين ، تراكم أنوية الهيليوم المشكلة نتيجة الدوران (الجذب العام) يؤدي إلى رد فعل من قلب النجم و منه ترتفع درجة الحرارة ، عندما تصل إلى حوالي 10^8 K يبدأ اندماج الهيليوم : $4\ ^4_2\text{He} \rightarrow\ ^{12}_6\text{C}$ و هكذا تنشأ أنوية البريليوم 8 المشعة عمرها صغير . نعتبر $N(t)$ عدد أنوية البريليوم 8 الموجودة في العينة عند اللحظة t و N_0 عددها عند اللحظة $t = 0$.

أ- انطلاقاً من قانون التناقص الإشعاعي أثبت العلاقة : $t_{1/2} = \ln 2/\lambda$. ب- احسب نصف عمر البريليوم 8 . ج- استنتج قيمة النسبة $N(t_1)/N_0$ عند اللحظة $t_1 = 1,4 \cdot 10^{16} \text{ s}$.

4- نحو العناصر الأثقل

في النجوم التي كتلتها أكبر بأربع مرات كتلة الشمس ،

تغطي عناصر أثقل بالاندماج ، مثل الكربون 12 ،

و الأكسجين 16 و المغنيزيوم 24 و و الحديد 56 .

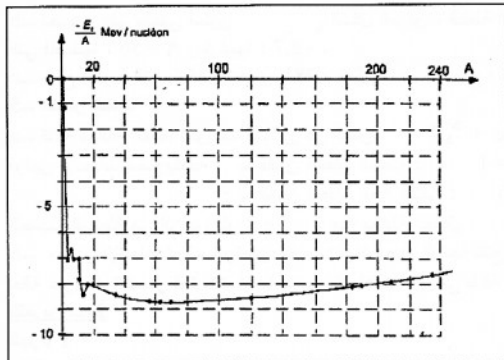
أ- اعط العبارة الحرفية لطاقة الربط لكل نوكلون E_i/A لنواة الحديد 56 .

ب- حدد ، على منحنى أستون الموضح في الشكل المرفق ، النقطة الموافقة لوضعية نواة الحديد 56 .

ج- مستعينا بالمنحنى السابق ، أذكر أين تقع الأنوية التي بإمكانها تحرير طاقة ، خلال تفاعل الاندماج .

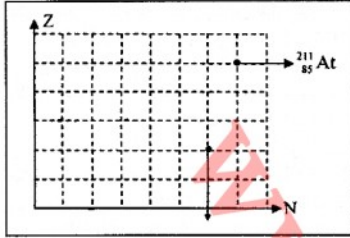
د- عنصر الحديد

في بعض النجوم ، و في نهاية طور الاندماج يحدث انفجار و تتحرر طاقة أنوية . أنوية من الحديد تتفكك و



تشكل $2,7 \cdot 10^{15}$ من أنوية الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ بعد 1 h من الزمن انطلاقاً من $t = 0$ مع نواة أخرى X .
تعطي :

الراديوم	الرادون	البيزموت	البولونيوم	الرصاص	الإسم
${}^{212}_{88}\text{Ra}$	${}^{214}_{86}\text{Rn}$	${}^{207}_{83}\text{Bi}$	${}^{210}_{84}\text{Po}$	${}^{206}_{82}\text{Pb}$	الرمز



1- اكتب معادلة تفكك الأستات ${}^{211}_{85}\text{At}$ مبينا فيها طبيعة النواة X .
ما نوع هذا التفكك ؟ برر اجابته .

2- عين على المخطط موقع X . 3- احسب زمن نصف عمر الأستات .
4- تتفكك النواة X فتعطي نواة Y (انظر موقعها في المخطط) .
ما هو نمط تفكك X ؟

5- عند اللحظة $t = 0$ ، نأخذ عينة من X ، نشاطها الإشعاعي $2,0 \cdot 10^9 \text{ Bq}$. احسب نشاطها الإشعاعي في اللحظة $t_1 = 4 \ln 2 / \lambda$ ، حيث λ هو الثابت الإشعاعي لـ X .
الجزء 2

النظير 210 للبيزموت ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ نمط إشعاعه β^- ، نصف عمره 5 jours .

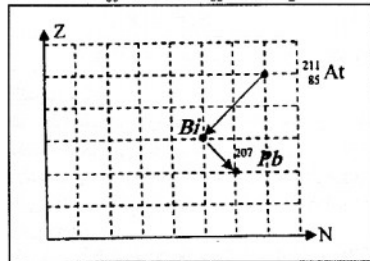
1- حدد الطاقة المتحررة خلال 15 jours من عينة تحتوي إبتدائيا 4,2 g من البيزموت 210 .
2- اوجد الإستطاعة المتحررة :

3- خلال الخمسة الأيام الأولى .
b- بين اليوم الخامس و اليوم العاشر .
c- بين اليوم العاشر و اليوم الخامس عشر .
تعطي الكتل التالية : $m({}^{210}_{84}\text{Po}) = 210,04962 \text{ u}$ ، $m({}^{210}_{83}\text{Bi}) = 210,05088 \text{ u}$ ، $m(e) = 0,00055 \text{ u}$.

الحل -21

الجزء 1

1- كتابة معادلة تفكك الأستات ${}^{211}_{85}\text{At}$: تفكك الأستات يؤدي إلى تشكل أنوية الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ التي تمثل جسيمات α إذن نواة الأستات تخضع لتفكك من نوع α : ${}^{211}_{85}\text{At} \rightarrow {}^b_a\text{X} + {}^4_2\text{He}$
قوانين الإحتفاظ تسمح بكتابة : - قانون انحفاظ الشحنة : $85 = a + 2 \Rightarrow a = 83$
- قانون انحفاظ العدد الكلي : $211 = b + 4 \Rightarrow b = 207$
النواة المتشكلة هي نواة عنصر البيزموت : ${}^{207}_{83}\text{Bi}$. ومنه : معادلة التفاعل : ${}^{211}_{85}\text{At} \rightarrow {}^{207}_{83}\text{Bi} + {}^4_2\text{He}$



2- تعيين على المخطط موقع X : عند الإشعاع α : Z و N تتناقص بـ 2 ، انظر الشكل .

3- حساب زمن نصف عمر الأستات : - إثبات العلاقة : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$:
 $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$
من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0/2$:
 $N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0/2$

$\Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2$
 $\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$
- نحسب عدد الأنوية N_0 الموجودة إبتدائيا في العينة :

$$N_0 = m / M(\text{At}) \cdot N_A = (10 \cdot 10^{-9}) / (211 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}) = 2,85 \cdot 10^{16} \text{ noyaux}$$

- عدد جسيمات α الناتجة تمثل عدد التفككات و هذه الأخيرة تمثل عدد الأنوية المتفككة ومنه : $N_d = 2,7 \cdot 10^{15} \text{ noyaux}$
إذن عدد الأنوية المتبقية : $N_d = N_0 - N_d = 2,58 \cdot 10^{16} \text{ noyaux}$

و من علاقة التناقص الإشعاعي : $\lambda = 9,95 \cdot 10^{-2} \text{ h}^{-1} \Rightarrow N / N_0 = \exp(-\lambda(1h)) \Rightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / (9,95 \cdot 10^{-2}) = 6,93 \text{ h}$: ومنه :

4- نمط تفكك X : حسب المخطط N تزداد بوحدة و Z تنقص بوحدة و يحدث هذا في الإشعاع بيتا موجبة (β^+) .
5- حساب النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة $t_1 = 4 \ln 2 / \lambda$: نلاحظ أن : $t_1 = 4 \ln 2 / \lambda = 4 t_{1/2}$.

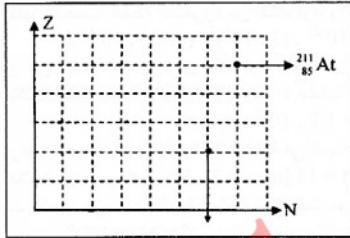
- التعبير عن النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة t خلال n أنصاف الأعمار بدلالة النشاط الإشعاعي الإبتدائي A_0 :
 $A = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow A(n t_{1/2}) = A_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = A_0 \cdot \exp(-(n \ln 2)) = A_0 \cdot (1/2)^n$

و منه : $A(t_1) = (2,0 \cdot 10^9) / (2)^4 = 1,25 \cdot 10^8 \text{ Bq}$ ولدينا $n = 4$ ومنه : $A(n t_{1/2}) = A_0 / (2)^n$
الجزء 2

1- تحديد الطاقة المتحررة خلال 15 jours : أولا : نكتب معادلة التفاعل النووي لتفكك : نواة البيزموت تخضع لتفكك من

تشكل $2,7 \cdot 10^{15}$ من أنوية الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ بعد 1 h من الزمن انطلاقاً من $t = 0$ مع نواة أخرى X .
تعطى :

الراديوم	الرادون	البيزموت	البولونيوم	الرصاص	الإسم
${}^{212}_{88}\text{Ra}$	${}^{214}_{86}\text{Rn}$	${}^{207}_{83}\text{Bi}$	${}^{210}_{84}\text{Po}$	${}^{206}_{82}\text{Pb}$	الرمز



- 1- اكتب معادلة تفكك الأستات ${}^{211}_{85}\text{At}$ ميئنا فيها طبيعة النواة X .
ما نوع هذا التفكك ؟ برر اجابتك .
- 2- عين على المخطط موقع X . 3- احسب زمن نصف عمر الأستات .
- 4- تتفكك النواة X فتعطي نواة Y (انظر موقعها في المخطط) .
ما هو نمط تفكك X ؟
- 5- عند اللحظة $t = 0$ ، نأخذ عينة من X ، نشاطها الإشعاعي $2,0 \cdot 10^9\text{ Bq}$. احسب نشاطها الإشعاعي في اللحظة $t_1 = 4 \ln 2 / \lambda$ ، حيث λ هو الثابت الإشعاعي لـ X .

الجزء 2

النظير ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ للبيزموت ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ نمط إشعاعه β^- ، نصف عمره 5 jours .

- 1- حدد الطاقة المتحررة خلال 15 jours من عينة تحتوي إبتدائياً $4,2\text{ g}$ من البيزموت ${}^{210}_{83}\text{Bi}$.
- 2- اوجد الإستطاعة المتحررة :

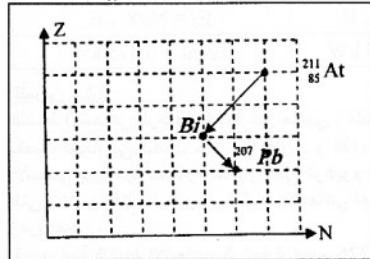
ـ خلال الخمسة الأيام الأولى .
ـ بين اليوم الخامس و اليوم العاشر .
ـ بين اليوم العاشر و اليوم الخامس عشر .
تعطى الكتل التالية : $m({}^{210}_{84}\text{Po}) = 210,04962\text{ u}$ ، $m({}^{210}_{83}\text{Bi}) = 210,05088\text{ u}$ ، $m(e) = 0,00055\text{ u}$.

الحل - 21

الجزء 1

- 1- كتابة معادلة تفكك الأستات ${}^{211}_{85}\text{At}$: تفكك الأستات يؤدي إلى تشكل أنوية الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ التي تمثل جسيمات α إذن نواة الأستات تخضع لتفكك من نوع α : ${}^{211}_{85}\text{At} \rightarrow {}^b_aX + {}^4_2\text{He}$.
قوانين الإنحفاظ تسمح بكتابة : ـ قانون انحفاظ الشحنة : $85 = a + 2 \Rightarrow a = 83$
ـ قانون انحفاظ العدد الكتلي : $211 = b + 4 \Rightarrow b = 207$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر البيزموت ${}^{207}_{83}\text{Bi}$. و منه : معادلة التفاعل : ${}^{211}_{85}\text{At} \rightarrow {}^{207}_{83}\text{Bi} + {}^4_2\text{He}$.



- 2- تعيين على المخطط موقع X : عند الإشعاع α : Z و N تتناقص بـ 2 ، انظر الشكل .
- 3- حساب زمن نصف عمر الأستات : ـ اثبات العلاقة $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$:
 $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2})$
من التعريف : $N(t_{1/2}) = N_0 / 2$ إذن :
 $N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = N_0 / 2$
 $\Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = 1/2$
 $\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln(1/2) \Leftrightarrow t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

ـ نحسب عدد الأنوية N_0 الموجودة إبتدائياً في العينة :
 $N_0 = m / M(\text{At}) \cdot N_A = (10 \cdot 10^{-9}) / (211 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}) = 2,85 \cdot 10^{16}\text{ noyaux}$

ـ عدد جسيمات α الناتجة تمثل عدد التفككات و هذه الأخيرة تمثل عدد الأنوية المتفككة و منه : $N_d = 2,7 \cdot 10^{15}\text{ noyaux}$
إذن عدد الأنوية المتبقية : $N_d = N_0 - N_d = 2,58 \cdot 10^{16}\text{ noyaux}$

و من علاقة التناقص الإشعاعي : $\lambda = 9,95 \cdot 10^{-2}\text{ h}^{-1} \Rightarrow N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N / N_0 = \exp(-\lambda(1\text{h}))$
و منه : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 / (9,95 \cdot 10^{-2}) = 6,93\text{ h}$

4- نمط تفكك X : حسب المخطط N تزداد بوحدة و Z تنقص بوحدة و يحدث هذا في الإشعاع بيتا موجبة (β^+) .

ـ حساب النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة $t_1 = 4 \ln 2 / \lambda$: نلاحظ أن : $t_1 = 4 \ln 2 / \lambda = 4 t_{1/2}$.

ـ التعبير عن النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة t خلال t من أنصاف الأعمار بدلالة النشاط الإشعاعي الإبتدائي A_0 :

$$A = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow A(t_{1/2}) = A_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = A_0 \cdot \exp(-\lambda \ln 2) = A_0 \cdot (1/2)$$

و منه : $A(t_1) = (2,0 \cdot 10^9) / (2)^4 = 1,25 \cdot 10^8\text{ Bq}$ و لدينا $n = 4$ و منه : $A(t_1) = A_0 / (2)^n$

الجزء 2

- 1- تحديد الطاقة المتحررة خلال 15 jours : أولاً : نكتب معادلة التفاعل النووي لتفكك : نواة البيزموت تخضع لتفكك من

نوع β^- إذن انبعاث الإلكترون يوافق هذا التفكك : $^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^b_a\text{X} + ^0_{-1}\text{e}^-$

قوانين الانحفاظ تسمح بكتابة : — قانون انحفاظ الشحنة : $83 = a - 1 \Rightarrow a = 84$

— قانون انحفاظ العدد الكتلي : $210 = b + 0 \Rightarrow b = 210$

النواة المتشكلة هي نواة عنصر البولونيوم : $^{210}_{84}\text{Po}$. ومنه معادلة التفاعل : $^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po} + ^0_{-1}\text{e}^-$

ثانيا : نحسب الطاقة المتحررة من تفكك نواة واحدة : $E = |\Delta m| \cdot c^2 = [(m(\text{Bi}) - m_e - m(\text{Po}))] \cdot c^2$

$$E = [210,05088 - 0,00055 - 210,04962] \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

و هي الطاقة المتحررة من تفكك نواة واحدة من البزموت 210 .

ثالثا : نحسب عدد الأنوية N_0 الموجودة ابتدائيا في العينة :

$$N_0 = m / m(\text{Bi}) = (4,2 \cdot 10^{-3}) / (210 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}) = 1,2 \cdot 10^{22} \text{ noyaux}$$

رابعا : نحسب عدد الأنوية N المتبقية في العينة و عدد الأنوية المختفية N_d ، بعد مرور 15 jours :

نلاحظ أن : $t = 15 \text{ jours} = 3 \cdot 5 = 3 t_{1/2}$

— التعبير عن عدد الأنوية المشعة التي بقيت موجودة خلال n من أنصاف الأعمار بدلالة العدد الابتدائي للأنوية المشعة N_0 :

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow N(n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = N_0 \cdot \exp(-\lambda n t_{1/2}) = N_0 \cdot (1/2)^n$$

ومنه : $N(3 t_{1/2}) = (1,2 \cdot 10^{22}) / (2)^3 = 1,5 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$ و لدينا $n = 3$ و $N(n t_{1/2}) = N_0 / (2)^n$

إذن عدد الأنوية المتبقية هو : $1,5 \cdot 10^{21}$. ومنه عدد الأنوية المختفية N_d :

خامسا و أخيرا : نحسب الطاقة المتحررة خلال 15 jours : بمعرفة الطاقة المتحررة E من تفكك نواة واحدة نستنتج الطاقة

$$\text{المتحررة خلال } 15 \text{ jours} : E_{15} = N_d \cdot E = 1,11 \cdot 10^9 \text{ J}$$

2— إيجاد الإستطاعة المتوسطة المتحررة : نلخص تطور عدد الأنوية في العينة في الجدول التالي :

t (jours)	t = 5 j = 1.5 = 1 t _{1/2}	t = 10 j = 2.5 = 2 t _{1/2}	t = 15 j = 3.5 = 3 t _{1/2}
عدد الأنوية المتبقية	N ₀ /2	N ₀ / (2) ² = N ₀ /4	N ₀ / (2) ³ = N ₀ /8
عدد الأنوية المختفية	N ₀ - N ₀ /2 = N ₀ /2	N ₀ - N ₀ /4 = 3 N ₀ /4	N ₀ - N ₀ /8 = 7 N ₀ /8

t (jours)	من t = 0 إلى t = 5	من t = 5 إلى t = 10	من t = 10 إلى t = 15
Δt (s)	(5 - 0) . 24 . 3600	(10 - 5) . 24 . 3600	(15 - 10) . 24 . 3600
عدد الأنوية المختفية	N ₀ /2	3 N ₀ /4 - N ₀ /2 = N ₀ /4	7 N ₀ /8 - 3 N ₀ /4 = N ₀ /8
الطاقة المتحررة	E ₁ = N ₀ /2 . E	E ₂ = N ₀ /4 . E	E ₃ = N ₀ /8 . E
الإستطاعة المتحررة	E ₁ / Δt = 1,5 kW	E ₂ / Δt = 0,75 kW	E ₃ / Δt = 0,375 kW

التمرين 22

النشاط الإشعاعي للراديوم عمليا غير منتهى . دلت الحسابات على أنه نقصت كميته إلى النصف خلال 16 قرن . وهذا ما يفسر الفرق الأساسي بين كمية محضرة تحتوي على الراديوم فعليا و المواد الأخرى التي أنتت من تفكك الراديوم . النشاط الإشعاعي لهذا التفكك يختفي في زمن قصير .

1— دراسة النشاط الإشعاعي الراجع لراديوم 226 . يعطى ثابت

$$\lambda = 1,35 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1} : \text{النشاط الإشعاعي للراديوم 226}$$

2— أعط تركيب نواة الراديوم 226 $^{226}_{88}\text{Ra}$. بـ اكتب معادلة

تفككه علما أنه من نمط α .

عند اللحظة $t = 0$ ، نحضر 100 g من منتج صناعي يحتوي على $N_0 = 3,33 \cdot 10^{14}$ من أنوية الراديوم .

3— احسب كتلة الراديوم 226 الموجودة ابتدائيا في 100 g من المنتج الصناعي .

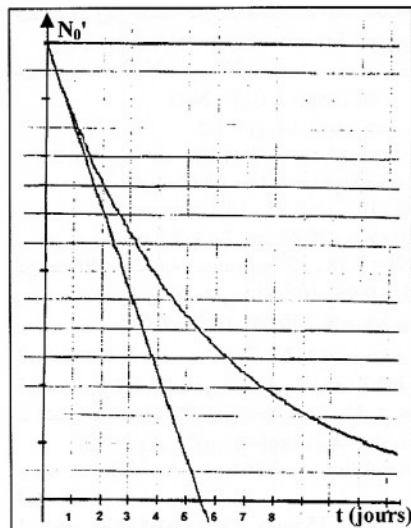
4— اكتب عبارة التناقص الإشعاعي بدلالة الزمن للراديوم 226 .

5— احسب نسبة الأنوية المتبقية عند اللحظة $t = 10 \text{ ans}$.

لماذا يمكن القول أن النشاط الإشعاعي الراجع للراديوم 226

الموجود في المنتج الصناعي لا يتغير عمليا خلال المدة الزمنية

$t = 10 \text{ ans}$



g- برر الجملة المذكورة في نص المقدمة : "دلت الحسابات على أنه نقصت كميته إلى النصف خلال 16 قرن " .

2- دراسة النشاط الإشعاعي الراجع للرادون 222

نصف عمر الرادون 222 هو 3,8 jours . الرادون 222 مشع بالنمط α ، ينتج من تفكك الراديوم 226 . يوضح الشكل

المقابل منحنى التناقص الإشعاعي لعينة من الرادون 222 يحتوي ابتدائيا على N_0 noyaux .

h- حدد بيانيا ثابت الزمن τ . b- عرف زمن نصف العمر ثم اكتب عبارته بدلالة τ ثم احسب قيمته . هل القيمة المحسوبة

توافق القيمة المعطاة ؟ c- ارسم على نفس الشكل و بنفس السلم المنحنى الممثل لقانون التناقص الإشعاعي للرادون 222 من أجل عدد ابتدائي للأتوية أقل بـ 2 مرة مما سبق .

الحل - 22 حل مختصر

1- دراسة النشاط الإشعاعي الراجع للراديوم 226 .

a- تركيب نواة الراديوم 226 : 88 بروتون ، 138 نوترون .

b- كتابة معادلة تفككه علما أنه من نمط α : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$

c- حساب كتلة الراديوم 226 الموجودة ابتدائيا في 100 g من المنتج الصناعي : $m = N_0/N_A \cdot M = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{ g}$

e- كتابة عبارة التناقص الإشعاعي بدلالة الزمن للراديوم 226 : $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

f- حساب نسبة الأتوية المتبقية عند اللحظة $t = 10 \text{ ans}$: $p = N/N_0 \cdot 100 = \exp(-\lambda t) = 1,0 \cdot 10^2 \%$

من خلال صغر نسبة التفكك ، يمكن القول أن النشاط الإشعاعي الراجع للراديوم 226 الموجود في المنتج الصناعي لا يتغير عمليا خلال المدة الزمنية $t = 10 \text{ ans}$.

g- تبرير الجملة المذكورة في نص المقدمة : "دلت الحسابات على أنه نقصت كميته إلى النصف خلال 16 قرن " : نحسب نسبة التفكك خلال

16 قرن أي $t = 16 \cdot 10^2 \text{ ans}$ فنجد :

p = $N/N_0 \cdot 100 = \exp(-\lambda t) = 51 \%$

2- دراسة النشاط الإشعاعي الراجع للرادون 222

a- تحديد بيانيا ثابت الزمن τ : $\tau = 5,5 \text{ jours}$

b- زمن نصف العمر : $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \ln 2 \cdot \tau = 3,8 \text{ jours}$

نعم ، القيمة المحسوبة توافق القيمة المعطاة .

c- رسم على نفس الشكل و بنفس السلم المنحنى الممثل لقانون التناقص

الإشعاعي للرادون 222 من أجل عدد ابتدائي للأتوية أقل بـ 2 مرة

مما سبق . انظر الشكل المرفق .

