توجيهي جيل 2007

الفيزياء النووية

المميز في الفيزياء

الفصل الدراسي الثاني

المعلم: عبد الفتاح نبيل أبو الحاج

0780199072

فهرس المواضيع

موضوع الصفحة	رقم الصفحة
مقدمة عن الوحدة	2
بنية النواة (مكونات النواة)	3-7
استقرار النواة	8-9
طاقة الربط النووية	10-11
أمثلة متنوعة	12-14
أسئلة مراجعة الدرس الأول	15-16
الاضمحلال الإشعاعي	17-18
اضمحلال (ألفا،بيتا،غاما)	19-22
أمثلة متنوعة	23-24
النشاطية الإشعاعية	25-27
سلاسل الاضمحلال الإشعاعي	28
أمثلة متنوعة	29
أسئلة مراجعة الدرس الثاني	30-31
التفاعل النووي	32-33
الانشطار النووي والمفاعل النووي	34-35
الاندماج النووي	36-37
تطبيقات على الفيزياء النووية	38
أمثلة متنوعة	39
أسئلة مراجعة الدرس الثالث	40-41
الإثراء والتوسع	42
أسئلة مراجعة الوحدة وإجاباتها	43-49
أسئلة تفكير ومهارات عليا	50-53

الفيزياء النووية

الدرس الأول: تركيب النواة و خصائصها
الدرس الثاني: الاشعاع النووي الطبيعي
الدرس الثالث: التفاعلات النووية

أهداف الدرس الأول:

1. أميز بين العدد الذري والعدد الكتلي لعنصر ما.
2. أنفّذ استقصاءً باستخدام رسوم توضيحية لتحديد مكوّنات النواة الأساسية، محدّداً خصائص كلٍّ منها من حيث الكتلة والشحنة وعدد كل منها.
3. أحلّل منحنى الاستقرار النووي.
4. أحسب متوسط طاقة الربط النووية لنواة عنصر بدلالة النقص في كتلة مكوّنات النواة.

أهداف الدرس الثاني:

1. أقارن بين جُسيمات ألفا وبيتا وأشعة غاما اعتمادًا على تفاعلاتها مع الأوساط المادّيّة.
2. أستقصي التغيّرات التي تطرأ على خصائص النواة عند انبعاث أحد الإشعاعات النووية منها (ألفا أو بيتا أو غاما.)
3. أحلّل رسومًا بيانيّة لتوضيح المقصود بمعدل الاضمحلال النووي لعينة من نوى نظير مشع، وأربط ذلك بعمر النصف للنظير المشع.

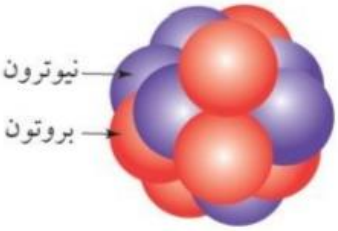
أهداف الدرس الثالث:

1. أفسر إمكانية حدوث الاندماج النووي بين النوى الخفيفة فقط، وإمكانية حدوث الانشطار للنوى الثقيلة.
2. أستخدم رسومًا توضيحية لأشرح كيف يولّد المفاعل النووي الطاقة الكهربائية. أذكر استخدامات النظائر المشعّة في مجالات الحياة المختلفة، وفوائدها ومضارها.
3. أبيّن الآثار الإيجابية والسلبية الناجمة عن استخدام الطاقة النووية.
4. أذكر أنّ الطاقة النووية واستخداماتها السلميّة أحد مصادر الطاقة البديلة. أحسب الطاقة الناتجة عن تفاعل نووي انشطاري أو اندماجي.

الدرس الأول (بنية النواة (مكونات النواة))

تتكوّن الذرّة من نواة موجبة الشحنة تتحرّك حولها إلكترونات سالبة الشحنة، ونظرًا إلى أنّ الذرة متعادلة كهربائيًا، فإنّ شحنة النواة الموجبة تساوي عدديًا شحنة الإلكترونات السالبة. وعلى الرغم من أنّ حجم النواة صغير جدًّا مقارنة بحجم الذرة، فإنّ معظم كتلة الذرة تتركز في النواة على نحو ما بينت نتائج تجربة رذرفورد.

أولًا: مكونات النواة



- تتكوّن النواة من نوعين من الجُسيمات؛ بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة الشحنة، وكتلة النيوترون مقاربة لكتلة البروتون.
- ويُطلق اسم نيوكليون Nucleon على كلٍّ من البروتون والنيوترون.
- يُطلق على عدد البروتونات داخل النواة اسم **العدد الذري Atomic number** ويُرمز إليه بالرمز **Z**

يُسمّى مجموع عدد البروتونات والنيوترونات داخل النواة **العدد الكتلي Mass number** ويُرمز إليه **بالرمز A.**

والعدد الذري يعبّر عن شحنة النواة، ويساوي عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة. ويُعبَّر عن نواة أيّ عنصر برمزه الكيميائي، إضافة إلى عددها الذري وعددها الكتلي على النحو الآتي: $^{A}_{Z}X$

حيث X تمثّل الرمز الكيميائي للعنصر.

النظائر:

وتتساوى نوى عنصر معيّن في عددها الذري، ولكنّها قد تختلف في عددها الكتلي؛ بسبب اختلاف عدد النيوترونات فيها، ومثال ذلك $^{12}_{6}C$ $^{14}_{6}C$ وهي ذرات للعنصر(الكربون) نفسه كونها تمتلك العدد الذريّ نفسه.

سؤال **هل تختلف النظائر بعضها عن بعض في الخصائص الكيميائية أم الفيزيائية؟**

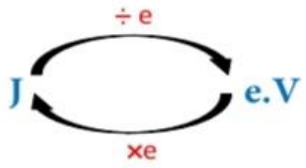
تختلف النظائر عن بعضها في الخصائص الفيزيائية، ولها نفس الخصائص الكيميائية.

ثانياً: قياسات و حسابات نووية

قياسات نووية:

- **الطاقة:**

التحويل بين J و e.V



الكتلة:

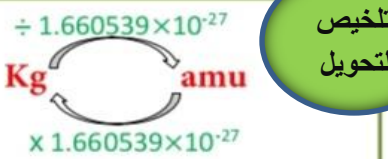
ونظرًا إلى صغر كتل النوى، فإن وحدة الكيلوغرام (kg) غير مناسبة للتعبير عن كتلها، لذا عُرِّفت وحدة كتلة جديدة تتناسب مع كتل النوى تُسمّى وحدة الكتلة الذرية **Atomic mass unit (*amu*)**، وتساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة نظير الكربون 12 $\left({}^{12}_{6}C\right)$:

$$1\ amu = 1.660539 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

الجُسيم	الكتلة (kg)	الكتلة (*amu*)
إلكترون	9.1094×10^{-31}	0.000549
بروتون	1.672619×10^{-27}	1.007276
نيوترون	1.674929×10^{-27}	1.008665

ويوضّح الجدول كتلة كل من البروتون والنيوترون والإلكترون، بوحدة الكيلوغرام ووحدة الكتل الذرية (amu) حيث أُضيف الإلكترون من أجل المقارنة.

تلخيص التحويل



رموز هامة: ${}^{0}_{-1}e$ ${}^{1}_{1}P$ ${}^{1}_{0}n$

كتلة الرمز الشحن

حسابات نووية:

1 حساب نصف قطر النواة:

معظم النوى تأخذ شكلاً كرويًّا تقريبًا، وقد أثبتت التجارب العملية أنّ نصف قطر النواة (r) يتناسب مع الجذر التكعيبي لعددها الكتلي: $r = r_0 A^{\frac{1}{3}}$

حيث r_0: ثابت يساوي تقريبًا $r_0 = 1.2 \times 10^{-15}\ \text{m}$

2 حساب حجم النواة:

حجم النواة (V) يتناسب طرديًّا مع عددها الكتلي:

$$V = \frac{4\pi}{3} r^3 = \frac{4\pi}{3} r_0^3 A$$

3 حساب كتلة النواة التقريبية:

ونظرًا إلى أنّ النواة تتكوّن من نيوكليونات (بروتونات ونيوترونات)كتلها متقاربة، فإنّه يمكن التعبير عن كتلة النواة بدلالة كتلة النيوكليون على النحو الآتي: $m = m_{nuc} A$

حيث: m_{nuc} متوسط كتلة النيوكليون وتساوي تقريبًا($1.66\times10^{-27}Kg$)

4 حساب كثافة النواة:

وبقسمة كتلة النواة على حجمها أجد أنّ كثافة النواة لا تعتمد على عددها الكتلي، ما يعني أنّ كثافة المادّة النووية متساوية في النوى جميعها، وهي تساوي تقريبًا ($2.3\times10^{17}Kg/m^3$) وهي كثافة كبيرة جدًّا، فلو افترضنا أنّ الأرض مصنوعة من مادّة نووية فقط (نيوكليونات)، لكانت كرة نصف قطرها تقريبًا 180 m فقط.

سؤال **هل تزداد كثافة النواة بزيادة العدد الكتلي أم تبقى ثابتة؟ أفسّر إجابتي.**

تبقى كثافة النواة ثابتة لأنها لا تعتمد على العدد الكتلي للنواة.

معادلة اينشتين في تكافؤ (الكتلة – الطاقة):

بيّن العالم أينشتين عام 1905 أنّ الطاقة (E) ترتبط بالكتلة (m) بالعلاقة الآتية:

$E = mc^2$

حيث c: سرعة الضوء في الفراغ $c = 3 \times 10^8$ m/s

و E: الطاقة المكافئة للكتلة بوحدة الجول (J)

و m: كتلة الجسم بوحدة (kg)

وتُسمّى العلاقة السابقة تكافؤَ (الكتلة - الطاقة).

خلُص أينشتين إلى أنّ كتلة الجسم هي مقياس لمحتوى الجسم من الطاقة وتتحوّل الكتلة إلى طاقة أو العكس حسب العلاقة $E = \Delta mc^2$ ، حيث Δm تمثّل التغيّر في كتلة الجسم. وهذه التغيّرات يمكن ملاحظتها على مستوى الأجسام الذريّة أو دون الذريّة(دون الجاهرية) على نحو ما هو موجود في التفاعلات النووية. وعليه، فإنّه عند دراسة التغييرات على المستوى دون الجاهري لا بدّ من تطبيق مبدأ حفظ (الكتلة -الطاقة) بدلاً من مبدأ حفظ الطاقة.

ونظرًا إلى أنّ سرعة الضوء كبيرة جدًّا، فإنّ تغيّرًا صغيرًا جدًّا في الكتلة ينتج عنه مقدار هائل من الطاقة. فتغيُّر الكتلة بمقدار ($1\ amu = 1.660539 \times 10^{-27}$ Kg) . ينتج عنه طاقة مقدارها (1.494449×10^{-10}J) وهذا يساوي (931.5MeV) تقريبًا، أيْ أنّ:

1 amu = 931.5 MeV

وبذلك عند استخدام الكتلة بوحدة(amu) ، يمكن كتابة معادلة تكافؤ(الكتلة – الطاقة) على الصورة:

$E = \Delta m \times 931.5\ MeV$

ومن الناحية العمليّة، فهذه الصورة لمعادلة تكافؤ (الكتلة-الطاقة) هي المستخدمة في الحسابات النووية.

ملاحظة

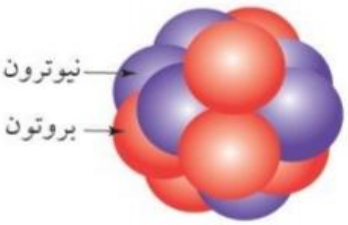
(العامة): [$E=\Delta mc^2$]= عند إعطاء الكتلة بوحدة (Kg Or g) و الطاقة الناتجة بوحدة (joule)

(الخاصة): [$E=\Delta m\times 931.5$] = عند إعطاء الكتلة بوحدة (a.m.u) و الطاقة الناتجة تكون بوحدة(m.e.v).

هذا الرقم لا يحفظ يعطى لك ثابت وزاري على النحو التالي (1 a.m.u = 931.5 MeV)

أمثلة متنوعة

مثال يمثّل الشكل نواة عنصر الكربون ورمزه C ، حيث تمثّل الكرات الحمراء البروتونات، والكرات الزرقاء النيوترونات. باستخدام الشكل المجاور أجد ما يأتي: العدد الذريّ، الشحنة الكهربائية للنواة، عدد النيوترونات، العدد الكتلي، عدد النيوكليونات.



العدد الذريّ يساوي عدد البروتونات وهو: $Z = 6$

الشحنة الكهربائية للنواة: $q = Ze = 6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-19} C$

عدد النيوترونات: $N = 6$

العدد الكتلي للنواة: $A = Z + N = 6 + 6 = 12$، وهو يساوي عدد النيوكليونات.

لذا تُكتب النواة على الشكل: ${}^{12}_{6}C$

مثال أجد لكلٍّ من النوى الآتية العدد الذريّ والعدد الكتليّ، وعدد النيوكليونات والنيوترونات، وأضعها في جدول:

${}^{16}_{8}O$, ${}^{17}_{8}O$, ${}^{206}_{82}Pb$, ${}^{208}_{82}Pb$

النواة	Z	N	A	عدد النيوكليونات
${}^{16}_{8}O$	8	8	16	16
${}^{17}_{8}O$	8	9	17	17
${}^{206}_{82}Pb$	82	124	206	206
${}^{208}_{82}Pb$	82	126	208	208

مثال أجد كتلة البروتون بوحدة الكتلة الذرية.

المُعطيات: كتلة البروتون $m_p = 1.672622 \times 10^{-27}\ \text{kg}$ من جدول (1).

المطلوب: $m_p = ?$ بوحدة amu.

الحلّ: $$m_p = 1.672622 \times 10^{-27}\ \text{kg} \times \frac{1\ amu}{1.660522 \times 10^{-27}\ \text{kg}} = 1.007276\ amu$$

مثال أجد نسبة نصف قطر النواة ${}^{A}_{Z}X$ إلى نصف قطر النواة ${}^{84}_{Z}Y$.

المُعطيات: $A_X = A, A_Y = 8A$

المطلوب: $\frac{r_X}{r_Y}$

الحلّ: $$\frac{r_X}{r_Y} = \frac{r_0\sqrt[3]{A_X}}{r_0\sqrt[3]{A_Y}} = \frac{\sqrt[3]{A}}{\sqrt[3]{8A}} = \frac{1}{\sqrt[3]{8}} = \frac{1}{2}$$

مثال في تفاعل نووي استخدمت كمية من الوقود النووي مقدارها (2amu) احسب الطاقة المتولدة بوحدة الجول .

الحل : $E = \Delta m \times 931 = 2 \times 931 = 1862\ \text{m.e.v} = 1862 \times 10^{6}\ \text{e.v}$

$= 1862 \times 10^{6} \times 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}$

مثال في تفاعل نووي نقصت كتلة الوقود النووي بمقدار ($\Delta m = 4g$) احسب الطاقة النووية بوحدة e.v .

الحل : $E = \Delta mc^2 = 4 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^{8})^2 = 36 \times 10^{13}\ \text{J}$

$$= \frac{36 \times 10^{13}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{36}{16} \times 10^{33}\ \text{e.v}$$

استقرار النواة وطاقة الربط النووية

سؤال **تحافظ النواة على تماسكها بالرغم من وجود قوة تنافر كهربائية بين بروتوناتها. علل ذلك .**

وذلك بسبب وجود قوة تجاذب بين البروتونات تتغلب على قوة التنافر الكهربائية و هذه القوة هي القوة النووية القوية.

القوة النووية القوية : هي قوة تجاذب كبيرة بين النيوكلونات .

سؤال **اذكر خصائص القوة النووية**

1.قوة تجاذب 2. مقدارها كبير 3. تحافظ على تماسك النواة و استقرارها في العديد من الأنوية.

4. لا تعتمد على الشحنة الكهربائية ، أي إنها تكون قوة تجاذب بين :

بروتون و بروتون ، بروتون و نيوترون ، نيوترون و نيوترون .

5. قصيرة المدى لا يظهر تأثيرها إلا اذا كانت النيوكلونات قريبة جداً بعضها من بعض .

Note فإذا زادت المسافة بين نيوكليون وآخر عن (3 fermi) تقريبًا، فإنّ القوة النووية تنعدم بينهما، علماً أنّ ($1\ fermi = 10^{-15}\ m$) ، حيث تُستخدم هذه الوحدة في الفيزياء النووية نظرًا إلى أنّ المسافات متناهية في الصغر على مستوى الأبعاد النووية.

استقرار النوى

النوى في الطبيعة
- مستقرة (تبقى على حالها بمرور الزمن)
- غير مستقرة (قد تفقد او تشع جسيمات نووية) و تتحول الى نوى أخرى أكثر استقراراً (يشرح في الدرس الثاني)

يخضع استقرار النواة لعدة عوامل :

1. نسبة عدد النيوترونات الى عدد البروتونات في النواة (نطاق الاستقرار)
2. طاقة الربط النووي لكل نيوكليون (يشرح لاحقاً)

1 نطاق الاستقرار

إن استقرار النواة يخضع لعوامل عدّة؛ أحدها نسبة عدد النيوترونات إلى عدد البروتونات في النواة، فلا يمكن لنواة تحتوي على البروتونات فقط (باستثناء ذرة الهيدروجين التي تتكوّن نواتها من بروتون واحد فقط) أن تكون مستقرة؛ لأنّ قوة التنافر الكهربائية بين البروتونات ستؤدي إلى عدم استقرار النواة. لذا حتى تكون النواة مستقرة فلا بدّ من أن تحتوي على عدد مناسب من النيوترونات. والنيوترونات متعادلة كهربائيًّا؛ لذا، فإنها تسهم في إضافة قوة تجاذب نووية دون أن تزيد من قوة التنافر الكهربائية داخل النواة. ما يعني أن نسبة عدد النيوترونات إلى عدد البروتونات عامل مهمّ في استقرار النواة.

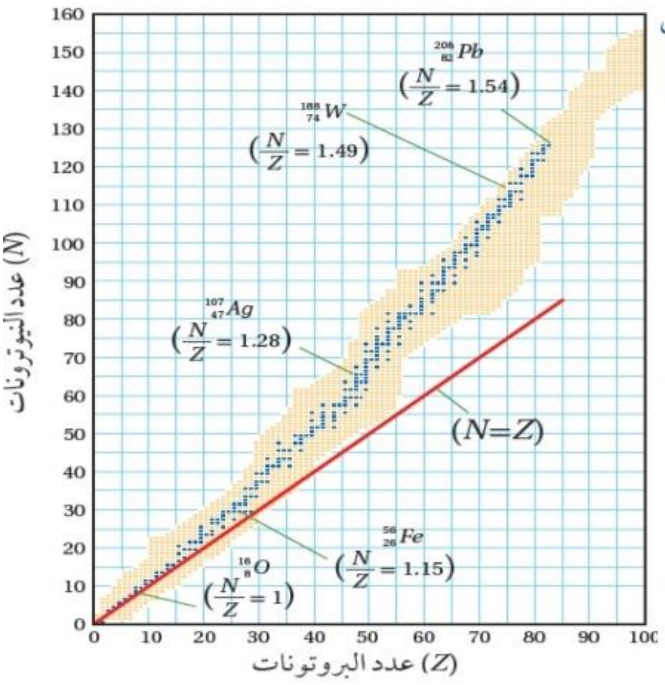
ولمعرفة المزيد عن هذا العامل، أتأمّل نسبة عدد النيوترونات إلى عدد البروتونات $\frac{N}{Z}$ لبعض النوى المستقرة المبينة في جدول وأستقصي هذه النسبة.

النواة	عدد البروتونات (Z)	عدد النيوترونات (N)	النسبة $\frac{N}{Z}$
$^{12}_{6}C$	6	6	1
$^{16}_{8}O$	8	8	1
$^{40}_{20}Ca$	20	20	1
$^{56}_{26}Fe$	26	30	1.15
$^{120}_{50}Sn$	50	70	1.4
$^{208}_{82}Pb$	82	126	1.54

لاحظ من الجدول :

1. النوى المستقرة التي يقلّ عددها الذري عن 20 أو يساويه ($Z \leq 20$) معظمها تمتلك العدد نفسه من البروتونات و النيوترونات.
2. لنوى المستقرة التي عددها الذري أكبر من 20 وأقل من 83 تحوي عددًا من النيوترونات أكبر من عدد البروتونات.
3. تزداد نسبة $\frac{N}{Z}$ مع زيادة العدد الذري للنوى المستقرة التي يقع عددها الذري بين 20 و 83.

وعند تمثيل العلاقة بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات للنوى بيانيًّا ، نحصل على منحنى يُسمى منحنى (N-Z). أتأمّل الشكل حيث مثّلت النوى المستقرة بنقاط زرقاء في حين تمثل النقاط البرتقالية النوى غير المستقرّة، ويُلاحظ من الشكل أنّ النوى المستقرة تقع ضمن نطاق ضيق يُسمّى **نطاق لاستقرار Stability valley** ممثلا بالنقاط الزرقاء.



ألاحظ من الرسم أنّ معظم النوى المستقرة التي لها ($Z \leq 20$) تكون نسبة (N/Z=1)، مثل $^{12}_{6}C$ ، $^{16}_{8}O$ و $^{40}_{20}Ca$ بينما هذه النسبة تقريبا تساوي 1 لنواة $^{7}_{3}Li$ وبزيادة عدد البروتونات تزداد قوة التنافر بينها،

فيتطلّب ذلك عددًا أكبر من النيوترونات لجعل القوة النووية هي القوة السائدة في النواة ما يؤدي إلى استقرارها. وتزداد النسبة $\frac{N}{Z}$ بزيادة عدد البروتونات لتصل إلى 1.54 تقريبًا لنواة الرصاص $^{208}_{82}Pb$. إنّ امتلاك نواة الرصاص 126 نيوترونًا مقابل 82 بروتونًا يسهم في زيادة القوة النووية؛ كي تتغلب على قوى التنافر الكهربائية المتبادلة بين البروتونات، ما يؤدي إلى استقرار النواة.

سؤال **فسر لا يوجد نوى مستقرة عددها الذري أكبر من 82 (Z > 82) ؟**

لأنّ عدد البروتونات يصبح كبيرًا، فتزداد قوة التنافر الكهربائية إلى حدٍّ تتغلب فيه على قوة التجاذب النووية، ما يؤدي إلى عدم استقرار النواة. فزيادة بروتون واحد يؤدي إلى زيادة كبيرة في مقدار قوة التنافر الكهربائي؛ لأنّه يتنافر مع ما يزيد على 82 بروتوناً، أمّا إضافة نيوترون واحد فلا يضيف إلّ قليلً من قوة التجاذب النووية؛ لأنّها قوة قصيرة المدى، والنيوترون الإضافي يتفاعل مع النيوكليونات القريبة منه فقط، ولا يؤثر في النيوكليونات البعيدة عنه.

سؤال **أيهما أكبر القوة النووية المؤثرة في نيوكليون موجود على سطح النواة أم المؤثرة في نيوكليون موجود داخل النواة؟ أفسّر ذلك.**

النيو كليونات الموجودة داخل النوى تتأثر بقوة نووية أكبر من تلك الموجودة على سطح النواة، لأن النيوكليون الموجود داخل النوى محاط بنيوكليونات من جميع الجوانب، لذلك يتأثر بقوة نووية أكبر من ذلك الموجود على سطح النوى.

طاقة الربط النووية

ترتبط النيوكليونات داخل النواة بعضها ببعض بقوة التجاذب النووية القوية. ولفصل النيوكليونات بعضها عن بعض يجب تزويدها بطاقة تمكّنها من التغلّب على قوة التجاذب النووية.

طاقة الربط النووية Nuclear binding energy (BE) بأنّها الطاقة التي يجب تزويدها للنواة لفصل مكوّناتها (النيوكليونات) بعضها عن بعض نهائيًّا.

إنّ فرق الكتلة بين كتلة النواة ومجموع كتل مكوّناتها يساوي المكافئ الكتلي لطاقة الربط النووية، ويُحسب فرق الكتلة من العلاقة الآتية:

$$\Delta m = (Z\, m_p + N\, m_n - M)$$

حيث :M كتلة النواة

وmp :كتلة البروتون

و mn: كتلة النيوترون

ويتّضح من العلاقة السابقة أنّ مجموع كتل مكوّنات النواة دائمًا أكبر من كتلة النواة.

وتُحسب طاقة الربط النووية (BE) بوحدة (MeV) لأيّ نواة من العلاقة الآتية:

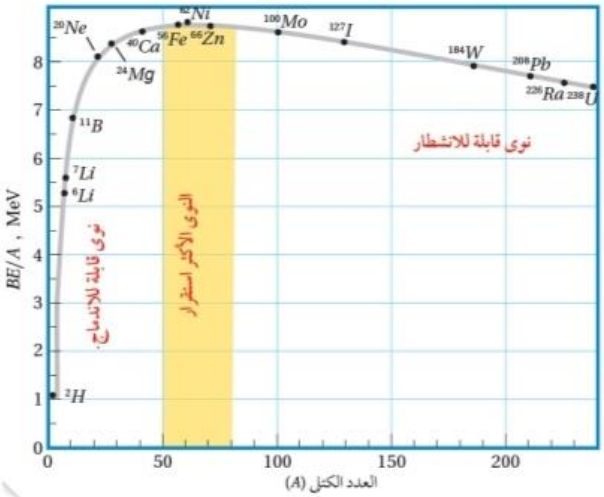
$$BE = \Delta m \times 931.5 = (Z\, m_p + N\, m_n - M) \times 931.5$$

Note كلّما زاد عدد النيوكليونات زادت الطاقة اللازمة لفصلها، أيْ زادت طاقة الربط النووية.

2 طاقة الربط النووي لكل نيوكليون

عند تزويد النواة بطاقة (تساوي طاقة الربط النووية) لفصل مكوّناتها كلّها، فإنّ هذه الطاقة تتوزّع على النيوكليونات. ويمكن حساب متوسط الطاقة التي حصل عليها كلّ نيوكليون بقسمة طاقة الربط النووية للنواة (BE) على عدد النيوكليونات التي تحتويها(A) .وتُسمّى (BE/A) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون التي تُعدّ مؤشراً على استقرار النواة. فنواة $^{62}_{28}N$ لها أكبر طاقة ربط نووية لكل نيوكليون (8.795 MeV)، لذا فهي أكثر استقرارًا من النوى الثلاثالأخرى المُبيَّنة في الجدول . فكلما زادت طاقة الربط النووية لكل نيوكليون زاد استقرار النواة.

النواة	A	BE (MeV)	BE/A (MeV)
ليثيوم ($^{7}_{3}Li$)	7	39.24	5.606
نيكل ($^{62}_{28}Ni$)	62	545.26	8.795
فضة ($^{107}_{47}Ag$)	107	915.26	8.554
رصاص ($^{206}_{82}Pb$)	206	1622.32	7.875



الشكل يمثّل العلاقة بين طاقة الربط النووية لكلّ نيوكليون والعدد الكتلي.
ألاحظ أنّ طاقة الربط النوويّة لكلّ نيوكليون تصل إلى قيمة عظمى عند نواة النيكل (62Ni) يليها نواة الحديد (56 Fe)ما يعني أنّهما أكثر استقرارًا من غيرهما.
لذلك فإن النوى الخفيفة تميل إلى الاندماج لتكوين نواة أثقل ذات طاقة ربط نوويّة لكل نيوكليون أكبر.
وكذلك فإن انشطار نواة ثقيلة ينتج عنه نوى ذات طاقة ربط نوويّة لكل نيوكليون أكبر على نحو ما سأدرس لاحقا في هذه الوحدة.
إن طاقة الربط النوويّة لكل نيوكليون تتغير بمقدار قليل مع زيادة العدد الكتلي للنوى التي عددها الكتلي .(A > 50) ويعزى ذلك إلى صغر مدى القوة النووية القوية، بمعنى أن النيوكليون داخل النواة يتجاذب مع النيوكليونات المحيطة به فقط، ولا يتأثر ببقية النيوكليونات وهذا ما يعرف بإشباع القوة النووية القوية.

سؤال

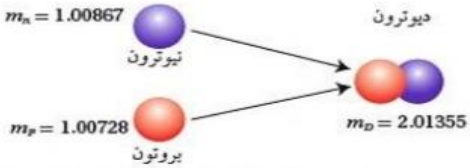
اندماج نواتين خفيفتين أو انشطار نواة ثقيلة يحرر طاقة . فسر؟

لأن القوى الناتجة ذات طاقة ربط نوويه لكل نيوكليون أكبر حيث النوى الناتجة دائما مجموع كتلتها اقل من النواة الداخلة في الاندماج او الانشطار و هذا الفرق في الكتلة حسب معادلة اينشتين يحرر طاقة .

أمثلة متنوعة

مثال

تُسمّى نواة الديتيريوم بالديوترون ($_1^2H \equiv D$)، وتتكوّن من بروتون ونيوترون على نحو ما يوضّح الشكل أحسب فرق الكتلة بين كتلة الديوترون ومجموع كتلتي البروتون والنيوترون، ثم أحسب الطاقة المكافئة لها، معتمدًا على الجدول الآتي:



اندماج النيوترون والبروتون لتكوين الديوترون.

الجسيم أو النواة	الكتلة (amu)
m_p	1.00728
m_n	1.00867
m_D	2.01355

المُعطيات: الكتل في الجدول

المطلوب: $\Delta m = ?\ ,\ BE = ?$

$$\Delta m = m_n + m_p - m_D = 2.01595 - 2.01355 = 0.00240\ amu$$

$$BE = \Delta m \times 931.5 = 0.00240 \times 931.5 = 2.2356\ \text{MeV}$$

ألاحظ أنّ مجموع كتلتي البروتون والنيوترون منفردين أكبر من كتلة الديوترون، فأين ذهب فرق الكتلة؟ لقد تحوّل فرق الكتلة إلى طاقة. ولفصل الديوترون إلى مكوّناته يجب تزويده بطاقة مقدارها يساوي مقدار الطاقة المتحررة عند إندماج البروتون والنيوترون لتكوين الديوترون، وتساوي طاقة الربط النووي للديوترون.

مثال

إذا كان فرق الكتلة بين كتلة نواة ($_{82}^{208}Pb$) وكتلة مكوّناتها يساوي ($2.90 \times 10^{-27}\ \text{kg}$)، أحسب طاقة الربط النووية للنواة بوحدة J وبوحدة MeV.

المُعطيات: $\Delta m = 2.90 \times 10^{-27}\ \text{kg},\ c = 3 \times 10^8\ \text{m/s},\ 1\ amu = 931.5\ \text{MeV}$

المطلوب: BE بوحدة J وبوحدة MeV.

الحلّ:

$$BE = \Delta m\, c^2 = 2.90 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 = 2.61 \times 10^{-10}\ \text{J}$$

لحساب الطاقة بوحدة (MeV)، أحوّل الطاقة من وحدة (J) إلى وحدة (MeV) على النحو الآتي:

$$BE = 2.61 \times 10^{-10}\ \text{J} \times \frac{1\ \text{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}} = 1.631 \times 10^9\ \text{eV} = 1631\ \text{MeV}$$

أو يمكن تحويل الكتلة من (kg) إلى وحدة (amu).

$$\Delta m = 2.90 \times 10^{-27}\ \text{kg} \times \frac{1\ amu}{1.66 \times 10^{-27}\ \text{kg}} = 1.75\ amu$$

ثم أستخدم العلاقة

$$BE = \Delta m \times 931.5 = 1.75 \times 931.5 = 1630\ \text{MeV}$$

مثال أجد طاقة الربط النووية وطاقة الربط النووية لكلِّ نيوكليون لنواة كلٍّ من (الرصاص $^{206}_{82}Pb$ والليثيوم $^{7}_{3}Li$)، علمًا أنّ كتل النوى مرفقة في الجدول الآتي:

الجُسيم أو النواة	m_p	m_n	$m_{^{7}_{3}Li}$	$m_{^{206}_{82}Pb}$
الكتلة (amu)	1.00728	1.00867	7.01436	205.92945

$$BE(Pb) = (Z\,m_p + N\,m_n - M) \times 931.5$$

$$= (82 \times 1.00728 + 124 \times 1.00867 - 205.92945) \times 931.5$$

$$= 1.7426 \times 931.5 = 1623\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE(Pb)}{A} = \frac{1623}{206} = 7.878\ \text{MeV}$$

$$BE(Li) = (Z\,m_p + N\,m_n - M) \times 931.5$$

$$= (3 \times 1.00728 + 4 \times 1.00867 - 7.01436) \times 931.5$$

$$= 0.04216 \times 931.5 = 39.27\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE(Li)}{A} = \frac{39.27}{7} = 5.61\ \text{MeV}$$

تدريب

اذا علمت أن كتلة نواة الليثيوم li_3^8 تساوي $m_{li}=8.029amu$ و ان $m_p=1.008amu$ و $M_n=1.009amu$ ، أجب عما يلي :

1. أوجد مقدار كل من (N, Z,A)

2. احسب مقدار نصف قطر نواة و حجمها و كثافتها .

3. اوجد مقدار مجموع كتل البروتونات في نواة الليثيوم
4. أوجد مقدار مجموع كتل النيوترونات في نواة الليثيوم
5. اوجد مقدار مجموع كتل مكونات نواة الليثيوم
6. اوجد فرق الكتلة بين مجموع كتلة مكونات الليثيوم و كتلة نواة الليثيوم
7. جد مقدار الطاقة المكافئة لفرق الكتلة في الفرع السابق
8. ماذا تسمى تلك الطاقة
9. جد مقدار طاقة الربط لكل نيوكلون لنواة الليثيوم .

أسئلة مراجعة الدرس الأول

الفكرة الرئيسية

سؤال 1 أوضّح المقصود بما يأتي: العدد الذري، العدد الكتلي، النيوكليون، طاقة الربط النووية، نطاق الاستقرار.

العدد الذري: عدد البروتونات في النواة.

العدد الكتلي: مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة.

النيوكليون: أسم يطلق على كل من البروتون أو النيوترون.

طاقة الربط النووية: الطاقة التي يجب تزويدها للنواة لفصل مكوناتها (النيوكليونات) عن بعضها نهائياً.

نطاق الاستقرار: النطاق التي تقع ضمنه النوى المستقرة في منحنى(Z-N)

أستخدم المتغيرات

سؤال 2 النواة (X) لها ثمانية أضعاف العدد الكتلي للنواة (Y). أجد نسبة:

أ . نصف قطر النواة (X) إلى نصف قطر النواة (Y).

ب . حجم النواة (X) إلى حجم النواة(Y)

ج. كثافة النواة (X) إلى كثافة النواة (Y).

أ. نصف قطر النواة (X) الى نصف قطر النواة (Y) :

$$\frac{r_X}{r_Y} = \frac{r_0\sqrt[3]{A_X}}{r_0\sqrt[3]{A_Y}} = \frac{\sqrt[3]{8A_Y}}{\sqrt[3]{A_Y}} = 2$$

ب . حجم النواة (X) إلى حجم النواة (Y):

$$\frac{V_X}{V_Y} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_X^3}{\frac{4}{3}\pi r_Y^3} = \frac{r_0^3 A_X}{r_0^3 A_Y} = \frac{8A_Y}{A_X} = 8$$

ج. كثافة النواة (X) إلى كثافة النواة (Y):

لأن كثافة النواة ثابتة (تقريبا) لا تعتمد على العدد الكتلي. $\frac{\rho_X}{\rho_Y} = 1$

سؤال 3 أجد لنواة ^7_3Li عدد البروتونات وعدد النيوترونات وعدد النيوكليونات.

عدد البروتونات = 3

عدد النيوكليونات = 7

عدد النيوترونات 4= 3- 7

سؤال 4 **أناقش** للنيوترون دور مهمّ في استقرار النواة. أناقش صحّة هذه العبارة.

بما أن النيوترون متعادل الشحنة فلا يساهم بقوة تنافر كهربائية ولكنه يساهم في إضافة قوة تجاذب نووي، فوجود النيوترونات داخل النواة يزيد من قوة التجاذب النووية حتى تصبح القوة النووية هي القوة السائدة مما يساهم في استقرار النواة.

سؤال 5

أتوقّع: أيّ النوى الآتية مستقر، وأيّها غير مستقر، مع بيان السبب: $^{238}_{92}U$ $^{24}_{12}Mg$

$^{238}_{92}U$ غير مستقرة حيث عددها الذري أكبر من 82

$^{24}_{12}Mg$ مستقرة، حيث أن عددها الذري أقل من 20 ، وعدد بروتوناتها يساوي عدد نيوتروناتها.

سؤال 6

أحسب طاقة الربط النووية وطاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواتي (النيكل $^{62}_{28}Ni$ ، والحديد $^{56}_{26}Fe$)، حيث:

الجسيم أو النواة	m_p	m_n	$m_{^{62}_{28}Ni}$	$m_{^{56}_{26}Fe}$
الكتلة (amu)	1.00728	1.00867	61.91297	55.92066

$$\Delta m = Z\,m_p + N\,m_n - m_{^{62}_{28}Ni}$$
$$= 28 \times 1.00728 + 34 \times 1.00867 - 61.91297 = 0.58565\ amu$$
$$BE_{^{62}_{28}Ni} = \Delta m \times 931.5 = 0.58565 \times 931.5 = 545.5\ \text{MeV}$$
$$\frac{BE_{^{62}_{28}Ni}}{A} = \frac{545.5}{62} = 8.799\ \text{MeV}$$

لنواة $(^{56}_{26}Fe)$:

$$\Delta m = Z\,m_p + N\,m_n - m_{^{56}_{26}Fe}$$
$$= 26 \times 1.00728 + 30 \times 1.00867 - 55.92066 = 0.52872\ amu$$
$$BE_{^{56}_{26}Fe} = \Delta m \times 931.5 = 0.52872 \times 931.5 = 492.5\ \text{MeV}$$
$$\frac{BE_{^{56}_{26}Fe}}{A} = \frac{492.50}{56} = 8.795\ \text{MeV}$$

سؤال 7

أستنتج: يمثّل الجدول الآتي: طاقة الربط النووية والعدد الكتلي لبعض النوى، فأيّ النوى أكثر استقراراً ؟ أفسّر إجابتي.

النواة	طاقة الربط النوويّة	العدد الكتلي
X	1600 MeV	200
Y	492 MeV	56
Z	28 MeV	4

أجد طاقة الربط لكل نيوكليون لكل منها

النواة	طاقة الربط MeV	العدد الكتلي	طاقة الربط لكل نيوكليون MeV
X	1600	200	$\frac{1600}{200} = 8.00$
Y	492	56	$\frac{492}{56} = 8.79$
Z	28	4	$\frac{28}{4} = 7.00$

إن طاقة الربط لكل نيوكليون للنواة (Y) هي الأكبر لذلك هي الأكثر استقراراً.

سؤال 8 (التفكير الناقد)

لاحظ من منحنى طاقة الربط النووية لكلّ نيوكليون مع العدد الكتلي أنّ طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لا تتغيّر كثيرًا بعد العدد الكتلي (60). فهل لذلك علاقة بأنّ القوة النوويّة قصيرة المدى؟ أفسّر إجابتي

بما أن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لا تتغير كثيرًا، فهذا يعني أن إضافة نيوكليونات جديدة للنواة لا يؤثر كثيرا في طاقة الربط النووية لكل نيوكليو ن، والسبب في ذلك أن القوة النووية قصيرة المدى، أي أن النيوكليون داخل النواة يتجاذب مع النيوكليونات المحيطة به فقط، ولا يتأثر ببقية النيوكليونات وهذ ما يعرف بإشباع القوة النووية القوية.

الدرس الثاني (الاضمحلال الإشعاعي)

المقدمة

اكتشف العالم بيكرل عام 1896 أنّ أملاح اليورانيوم تؤثّر في الألواح الفوتوغرافية، بالرغم من تغليفها لحمايتها من الضوء ومنعه من التأثير فيها، وخلص إلى أنّ أملاح اليورانيوم تبعث تلقائيًّا، دون الحاجة إلى تحفيز خارجيّ، نوعًا جديدًا من الإشعاع. وفي نهاية القرن التاسع عشر، اكتشفت ماري كوري وزوجها بيير كوري عنصرين جديدين يُصدران نوعًا مماثلً للإشعاع الصادر عن أملاح اليورانيوم، وأطلقا عليهما اسمي البولونيوم والراديوم.

و بينت التجارب ان هنالك ثلاث انواع من الاشعاعات أطلق عليها أسماء :

الاشعاعات النووية الثلاثة

- ألفا (α): و جسيمات الفا عبارة عن نوى الهيليوم $({}^4_2He)$
- بيتا (β): جسيمات بيتا فقد تكون
  - بيتا السالبة(β^-) و هي عبارة عن الكترونات ${}^0_{-1}e$
  - بيتا موجبة (β^+) و هي عبارة عن بوزيترونات ${}^0_{+1}e$
- غاما(γ): أشعة كهرمغناطيسي(فوتونات) ذات تردد عال ليس له كتلة أو شحنة

Note البوزيترون : جسم له كتلة الإلكترون نفسها ، لكنه يحمل شحنه موجبة مساوية لشحنة الإلكترون ($+1.6\times10^{-19}c$).

سؤال وضح المقصود بالاضمحلال الإشعاعي ؟

هو التحوّل التلقائي لنواة غير مستقرة إلى نواة أكثر استقرارًا عن طريق انبعاث جسيمات مثل جُسيم ألفا أو جُسيم بيتا، وغالبًا ما يصاحب ذلك انبعاث أشعة غاما.

سؤال الاشعاعات النووية الثلاثة ، ألفا و بيتا و غاما، تعيد جميعها من الإشعاعات النووية المؤينة علل ذلك

بسبب قدرتها على تأيين ذرات الوسط الذي تمر فيه

سؤال اذكر خصائص الاشعاعات النووية .

1) قدرتها على التأين (التصادم مع المادة)و التفاعل معها و علاقتها الطردية مع كتلة الجسيم.
2) قدرتها على النفاذ (القدرة على الاختراق) و علاقتها عكسية مع كتلة الجسيم .

Note نلاحظ ان علاقة بين الخاصيتين علاقة عكسية فالجسم الذي له قدرة كبيرة على التأين يكون قليل النفاذ و العكس صحيح .

سؤال **علل قدرة جسيمات ألفا على تأين ذرات الوسط الذي تمر فيه أبر من قدرة جيسمات بيتا و أشعة غاما**

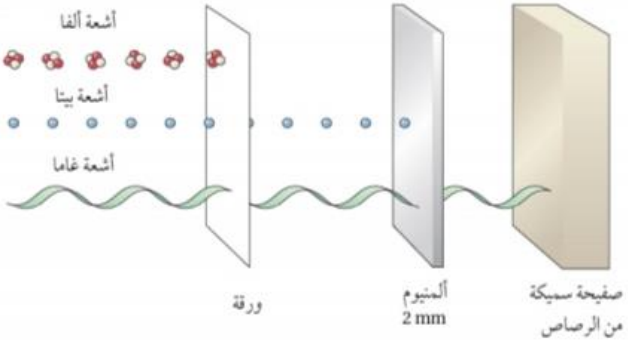
إنّ كتلة جسيمات ألفا نحو أربعة أضعاف كتلة البروتون تقريبًا، وشحنتها ضعفا شحنة البروتون، ما يجعل تفاعلها مع ذرات الوسط الذي تمرّ فيه كبيرًا مقارنة بتفاعل جسيمات بيتا وأشعة غاما، فتفقد طاقتها بسرعة.

Note قدرة جسيمات ألفا على النفاذ اصغر و في المتوسط تعبر جسيمات ألفا في الهواء مسافة (3.7 cm) تقريبًا قبل أن تُمتصّ طاقتها كاملة. ويمكن أيضًا امتصاص طاقة جَسيم ألفا كاملة باستخدام حاجز رقيق من الورق.

سؤال **علل أشعة عاما الأقل قدرة على التأين و الأكثر قدرة على الاختراق ؟**

لأنها لا تحكل شحنة كهربائية و ليس لها كتلة .

سؤال **يمثل الشكل المجاور مقارنة قدرة انواع الاشعاعات النووية الثلاثة على اختراق الاوساط المادية لماذا اخترقت أشعة غاما الوقة و الألمنيوم في حين لم تخترق ألفا الورقة ؟**



بسبب شحنة الفا وكتلتها فإنها تتفاعل مع ذرات الورقة بشكل أكبر من أشعة غاما؛ لذلك تفقد طاقتها بسرعة وتكون قدرتها على الاختراق قليلة.

أقارن بين الإشعاعات النووية ألفا وبيتا وغاما من حيث قدرة كلٍّ منها على التأين و شحنتها و كتلتها، وقدرتها على الاختراق.

نوع الأشعة	ألفا	بيتا	غاما
الشحنة	$+2e$	$+e$ أو $-e$	ليس لها شحنة
الكتلة	$4.0015\ amu$	$0.0005\ amu$	صفر
القدرة على النفاذ	قليلة (تُمتصّ باستخدام حاجز رقيق من الورق)	متوسطة (بضعة ملمترات من الألمنيوم)	كبيرة (سنتمترات عدة من الرصاص)
القدرة على التأيين	كبيرة	متوسطة	قليلة

اضمحلال (ألفا، بيتا، وغاما)

أولاً : اضمحلال الفا (α)

جسيمات ألفا (α) تنبعث في الغالب من النوى الثقيلة ($Z > 82$) غير المستقرة، وينتج نواة جديدة تختلف في عددها الذري وعددها الكتلي عن النواة الأم، على نحو ما هو موضَّح فيما يأتي:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

فجُسيم ألفا انبعث من نواة نظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ غير المستقر (النواة الأم) لينتج عن ذلك نواة نظير الثوريوم $^{234}_{90}Th$ وعندما يغادر جسيم ألفا النواة، فإنّها تخسر بروتونين ونيوترونين؛ لذا فإنّ العدد الذريّ للنواة الناتجة يقلّ ٢، في حين يقلّ عددُها الكتلي بمقدار ٤ مقارنة بالنواة الأم، على نحو ما هو واضح في المعادلتين السابقتين.

ويمكن التعبير عن معادلة اضمحلال ألفا بالمعادلة الآتية:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

ألاحظُ أن مجموع العدد الذريّ للنوى والجسيمات الناتجة من الاضمحلال يساوي العدد الذري للنواة المضمحلّة، وكذلك مجموع العدد الكتلي للنوى والجسيمات الناتجة من الاضمحلال يساوي العدد الكتلي للنواة المضمحلّة.

ثانياً : اضمحلال بيتا (β)

إنّ النوى التي تقع فوق نطاق الاستقرار تمتلك فائضًا من النيوترونات، ويلزمها تقليل عدد النيوترونات وزيادة عدد البروتونات لتقترب نسبة $(\frac{N}{Z})$ فيها من نسبة الاستقرار، ويتم ذلك عن طريق إشعاع جسيم بيتا السالبة (β^-) وهو عبارة عن إلكترون ($^{0}_{-1}e$) ومثال ذلك التفاعل الآتي:

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}$$

أُلاحظ أنّ العدد الذري للنواة الناتجة قد زاد بمقدار (1)، في حين بقي العدد الكتلي ثابتًا مقارنة بالنواة الأم.

والرمز (ν) يمثّل جسيمًا يُسمّى ضديد النيوترينو، وهو جسيم متعادل الشحنة، وكتلته متناهية في الصغر.

وينتج جسيم بيتا السالبة من تحلّل أحد نيوترونات النواة (وهي نواة الكربون($^{14}_{6}C$) في هذا المثال) وتحوّله إلى بروتون، وجسيم بيتا السالبة، وضديد النيوترينو (ν) على نحو ما في المعادلة الآتية:

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{+1}p + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}$$

أمّا النوى التي تقع أسفل نطاق الاستقرار، فإنّها تمتلك فائضًا من البروتونات، ولكي تصل إلى حالة الاستقرار يتطلّب ذلك تقليل عدد البروتونات وزيادة عدد النيوترونات، ويتحقّق ذلك بإشعاع جسيم بيتا الموجبة(β^+) وهو عبارة عن بوزترون ($^{0}_{+1}e$) ومثال ذلك التفاعل الآتي: $^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu$

أُلاحظ أنّ العدد الذري للنواة الناتجة يقلّ بمقدار (1) عن النواة الأم، في حين بقي العدد الكتلي ثابتاً. ويُطلق على الجسيم (ν) اسم النيوترينو، وهو جُسيم متعادل الشحنة ذو كتلة متناهية في الصغر مثل، ضديد النيوترينو.
وينتج جسيم بيتا الموجبة من تحلُّل أحد بروتونات النواة الأم (وهي $^{12}_{7}N$) في هذا المثال) وتحوّله إلى نيوترون وجسيم بيتا الموجبة ونيوترينو على نحو ما في المعادلة الآتية:

$$^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e + \nu$$

وتجدر الإشارة إلى أنّ النواة لا تحتوي على إلكترونات أو بوزترونات، وهذه الجسيمات تنشأ لحظة تحوّل بروتون إلى نيوترون، أو العكس عند حدوث اضمحلال بيتا، وتغادر النواة مباشرة.
ويمكن التعبير عن معادلتي اضمحلال بيتا السالبة وبيتا الموجبة بالمعادلتين الآتيتين:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}$$

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + \nu$$

ثالثاً: اضمحلال غاما (γ)

تعلّمتُ أنّ الإلكترونات تتوزّع في مستويات طاقة في الذرة، كذلك تتوزّع النيوكليونات في مستويات طاقة داخل النواة تبدأ من **مستوى الاستقرار** Ground state؛ وهو المستوى الأقل طاقة للنواة. وعند إشعاع النواة لجسيمات بيتا أو جسيمات ألفا، قد تكون النواة الناتجة في مستوى الاستقرار أو في مستوى إثارة (مستوى طاقة أعلى من مستوى الاستقرار). فإذا كانت النواة الناتجة في مستوى إثارة، فإنّها تنتقل إلى مستوى الاستقرار عن طريق إطلاق أشعة غاما، وهي أشعة كهرمغناطيسية (فوتونات) ذات تردّد كبير جدًّا، وليس لها شحنة أو كتلة؛ لذلك لا يتغيّر العدد الذري أو العدد الكتلي للنواة عند انبعاثها. ويمكن التعبير عن اضمحلال غاما بالمعادلة الآتية:

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$$

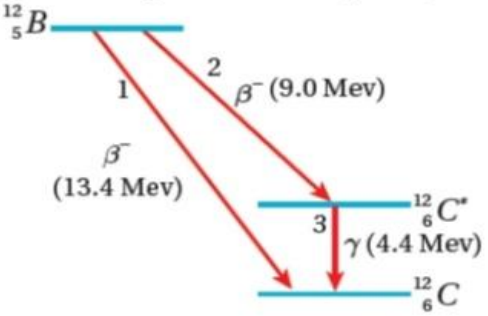
حيث $^{A}_{Z}X^{*}$: النواة في مستوى إثارة.

و $^{A}_{Z}X$: النواة في مستوى الاستقرار.

و γ : أشعة غاما المنبعثة.

وطاقة أشعة غاما المنبعثة تساوي فرق الطاقة بين مستوى الإثارة ومستوى الاستقرار للنواة الناتجة. ومن الأمثلة على ذلك، نواة البورون $^{12}_{5}B$ حيث تُعدّ نواة البورون من باعثات بيتا السالبة؛ لأنّها تمتلك عددًا من النيوترونات أكبر من عدد البروتونات، وعددها الكتلي أقل من 20،
لذا فهي تقع فوق نطاق الاستقرار .ويبيّن الشكل رسمًا تخطيطيًّا لتغيّرات الطاقة عند اضمحلال نواة البورون $^{12}_{5}B$ بطريقتين؛ الطريقة الأولى تنتج نواة الكربون - 12في مستوى الاستقرار حسب المعادلة الآتية:

$$^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}$$



حيث يتحرّر 13.4 MeV من الطاقة نتيجة لهذا الاضمحلال. والطريقة الثانية ينتج عنها نواة الكربون - 12 في مستوى إثارة طاقته 4.4 MeV، على نحو ما هو مبيَّن في المعادلة الآتية:

$$^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C^{*} + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

حيث $^{12}_{6}C^{*}$ نواة الكربون المُثارة، ويتحرّر مقدارٌ من الطاقة يساوي 9.0 MeV نتيجةً لهذا الاضمحلال. وتتخلّص ذرة الكربون المثارة ($^{12}_{6}C^{*}$) من الطاقة الفائضة بإطلاق أشعة غاما طاقتها تساوي 4.4 MeV لتصل إلى مستوى الاستقرار، حسب المعادلة الآتية:

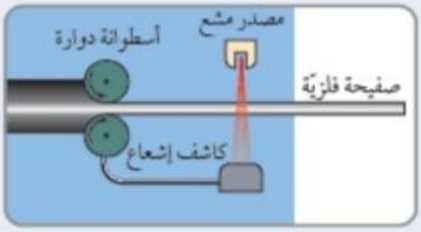
$$^{12}_{6}C^{*} \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma$$

الربط بالحياة

تحوي أجهزة إنذار الدخان مصدرًا إشعاعيًّا صغيرًا يُطلِق جسيمات ألفا، وعادةً ما يكون نظير الأمريسيوم −241. حيث تعمل جسيمات ألفا على تأيين جزيئات الهواء داخل جهاز الإنذار، ما يؤدي إلى مرور تيار كهربائي. وعندما يمتصّ الدخان بعض جسيمات ألفا، فإنّه يقلّل من عدد الأيونات في الهواء ويقل التيار الكهربائي، فينطلق جهاز إنذار الحريق، أتأمّل الشكل.

الربط بالتكنولوجيا

تُستخدم أشعة بيتا في التكنولوجيا لضبط سُمك الورق والصفائح الفلزيّة على نحو ما هو مبيَّن في الشكل أدناه، فعند زيادة سمك الصفيحة أو نقصه يتغيّر عدد جسيمات بيتا التي تصل إلى الكاشف؛ ليصل على شكل تغيّر، إلى التيار في جهاز التحكّم الذي يقوم بدوره بضبط الجهاز مرّة أخرى.



الربط بالتكنولوجيا

تُستخدم أشعة غاما في الصناعة للكشف عن الشقوق في لحام المعادن، حيث يوضع مصدر غاما على أحد جانبي اللحام، وتوضع لوحة فوتوغرافية على الجانب الآخر. وسوف تظهر نقاط الضعف في اللحام على اللوحة الفوتوغرافية بطريقة مشابهة لصورة الأشعة السينية للعظم المكسور.

سؤال **تُستخدم أشعة بيتا في ضبط سُمك الورق، فهل تصلح أشعة غاما أو ألفا لذلك؟**

لا تصلح أشعة غاما بسبب قدرتها العالية على الاختراق، ولا تصلح أشعة ألفا بسبب قدرتها القليلة على الاختراق.

سؤال ابين ما التغير الذي يطرأ على كل من العدد الذري و العدد الكتلي للنواة الأم عند انبعاث كل من جسيم الفا ، جسم بيتا ، اشعة غاما ؟

عند انبعاث جسيم ألفا من نواة يقل عددها الكتلي بمقدار (4) ويقل عددها الذري بمقدار (2)

عند انبعاث β^+ من نواة لا يتغير عددها الكتلي ويقل عددها الذري بمقدار (1)

وعند انبعاث β^- من نواة لا يتغير عددها الكتلي ويزداد عددها الذري بمقدار (1)

انبعاث أشعة غاما من نواة لا يغيّر من عددها الذري أو عددها الكتلي

أمثلة متنوعة

مثال أدرس المعادلة الآتية، ثمّ أُقارن بين كلٍّ من: العدد الذري، والعدد الكتلي للنواة الناتجة والنواة الأم، وأفسّر سبب هذا التغيّر. $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

يتكوّن جسيم ألفا من بروتونين ونيوترونين، وعند انبعاث جسيم الفا من النواة الأم فإنّها تخسر بروتونين ونيوترونين؛ لذا يقلّ عددها الذريّ بمقدار (2)، وعددها الكتلي بمقدار (4) .

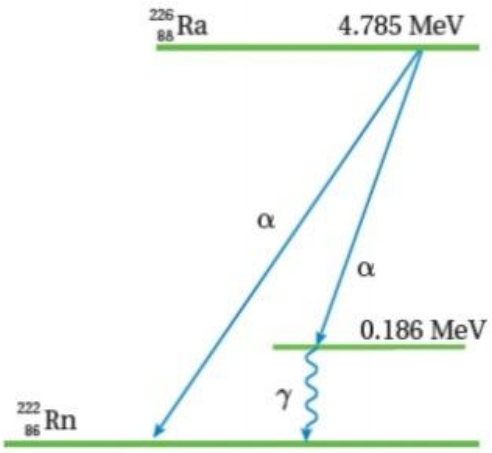
مثال يمثّل الشكل اضمحلال نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ إلى نواة الرادون $^{222}_{86}Rn$ عند الكشف عن جسيمات ألفا، وجِد أنّها توجد بطاقتين مختلفتين.

أ . ما مقدار طاقتي جُسيم ألفا؟

ب. ما مقدار طاقة أشعّة غاما؟

ج. أكتب معادلة اضمحلال أشعّة غاما.

د . أكتب معادلة اضمحلال ألفا الذي ينتج عنه طاقة أكبر.



أ . طاقتا جُسيم ألفا هما: $E_\alpha = 4.785\ \text{MeV}$ و $E_\alpha = 4.785 - 0.186 = 4.599\ \text{MeV}$

ب. طاقة أشعة غاما $E_\gamma = 0.186\ \text{MeV}$

جـ. معادلة اضمحلال غاما $^{222}_{86}Rn^{*} \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + \gamma$

د . معادلة اضمحلال ألفا الذي ينتج عنه طاقة أكبر $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$

مثال أدرس التفاعلين النوويين الآتيين، ثمّ أبيّن التغيّرات التي طرأت على كلٍّ من العدد الذري والعدد الكتلي للنواة التي تشعّ جُسيمات بيتا السالبة أو بيتا الموجبة.

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

$$^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu$$

عند انبعاث جسيم بيتا السالبة، فإنّ العدد الذري للنواة الأم يزداد بمقدار (1)، في حين لا يتأثر العدد الكتلي.

أمّا عند انبعاث جسيم بيتا الموجبة، فإنّ العدد الذري للنواة الأم يقلّ بمقدار (1)، في حين يبقى العدد الكتلي ثابتًا.

مثال

أُكمل المعادلات النوويّة الآتية:

1. $^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + \ldots\ldots + \ldots\ldots$
2. $^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + \ldots\ldots + \ldots\ldots$
3. $^{234}_{92}U \rightarrow {}^{230}_{90}Th + \ldots\ldots$
4. $^{234}_{91}Pa^{*} \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + \ldots\ldots$

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

$$^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e + \nu$$

$$^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{230}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

$$^{234}_{91}Pa^{*} \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + \gamma$$

النشاطية الإشعاعية

المقدمة

إنّ انبعاث جسيمات بيتا أو ألفا من نواة عنصر مشعّ يؤدّي إلى تحوّل النواة الأم إلى نواة جديدة تُسمى النواة الناتجة. وبمرور الزمن يقلّ عدد النوى المشعّة، ويقلّ عدد النوى التي تضمحلّ. ويتناسب عدد النوى المضمحلّة في الثانية الواحدة طرديًّا مع عدد النوى المشعّة عند لحظة زمنيّة معينة.

ويمكن التعبير رياضيًّا عن عدد النوى المشعة المتبقية بدلالة الزمن بالمعادلة الآتية:

$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$$

Note هي المعادلة للإطلاع فقط

حيث (λ) : ثابت التناسب، ويُسمّى ثابت الاضمحلال Decay constant.

N_0 : عدد النوى المشعّة عند الزمن ($t = 0$).

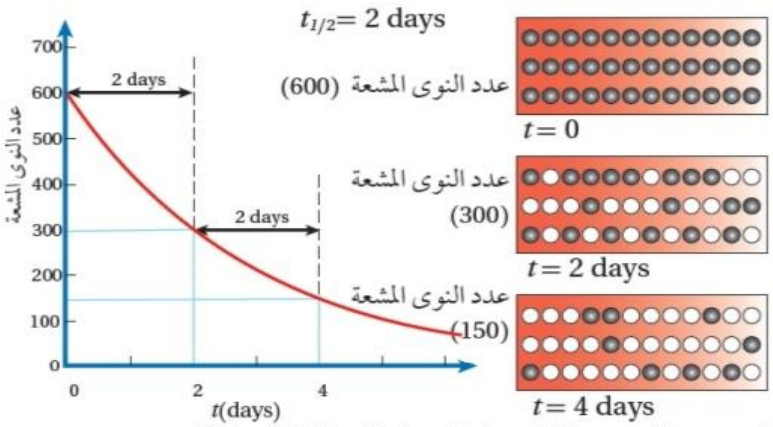
و $N(t)$: عدد النوى المشعّة المتبقية عند الزمن (t).

أظهرت التجارب أنّ بعض النظائر المشعّة تضمحلّ خلال مُدد زمنية صغيرة، وبعضها الآخر يضمحلّ خلال مُدد زمنيّة كبيرة.

إنّ الزمن اللازم لاضمحلال نصف عدد النوى المشعّة يُسمى

عمر النصف ($t\frac{1}{2}$) Half-life

ففي التجربة السابقة يمكن معاملة المحاولة الواحدة معاملة عمر نصف واحد، فبعد كل محاولة يقلّ عدد القطع التي ظهرت الصورة فيها للأعلى إلى النصف تقريبًا. فلو بدأنا بعينة عدد النوى المشعة فيها (600) مثلً، وعمر النصف لها يومان($t1/2 = 2$ days) ، فإنّ عدد النوى المتبقية منها بعد يومين (300)، وبعد يومين آخرين يصبح (150 نواة) وهكذا، على نحو ما يوضّح الشكل



ويبين الجدول بعض النظائر المشعّة وعمر النصف لها.

العنصر	عمر النصف
$^{238}_{92}U$	4.47×10^9 y
$^{235}_{92}U$	7.04×10^8 y
$^{232}_{90}Th$	1.41×10^{10} y
$^{137}_{55}Cs$	30.08 y
$^{60}_{27}Co$	5.27 y
$^{191}_{76}Os$	15.4 days
$^{211}_{83}Bi$	2.14 min
$^{144}_{56}Ba$	11.9 s

ويمكن ربط عمر النصف وعدد النوى المشعة المتبقية على النحو الآتي:

$$N_0 \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{2t_{1/2}} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{3t_{1/2}} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{4t_{1/2}} \frac{N_0}{16} \ldots\ldots$$

حيث يمكن التوصّل إلى العلاقة الرياضية الآتية: $\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$

يسهُلُ استخدام هذه العلاقة عندما يكون (t) عددًا صحيحًا من مضاعفات عمر النصف.

ويرتبط عمر النصف ($t\frac{1}{2}$) بثابت التحلل (λ) بالعلاقة الآتية: $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$

ويُلاحَظ من العلاقة السابقة أنّ عمر النصف يتناسب عكسيًا مع ثابت الاضمحلال، فعندما يكون ثابت الاضمحلال كبيراً يكون عمر النصف صغيراً.

مفهوم النشاطية الإشعاعية

وبمرور الزمن يتناقص عدد النوى المشعة، ما يؤدي إلى تناقص معدل الاضمحلال وهو ما يعرف باسم النشاطيّة الإشعاعيّة Activity وهي تعبّر عن عدد الاضمحلالات في الثانية الواحدة، ويُرمز إليها بالرمز(A) ، وتُحسب بالعلاقة الآتية: $A = \lambda N$

وعند ($t = 0$) فإنّ $A_0 = \lambda N_0$ وهي النشاطية الإشعاعية الابتدائية.

تُقاس (A) بوحدة بيكرل becquerel (Bq) ، وهي تساوي اضمحلالً واحدًا في الثانية الواحدة، أو بوحدة كوري curie (Ci) ، حيث: ($1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$).

وعند مرور زمن يساوي عمر النصف على العينة المشعّة، فإنّ النشاطيّة الإشعاعيّة لها تقلّ إلى النصف. لذلك يمكن الربط بينهما على النحو الآتي:

$$A_0 \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{A_0}{2} \xrightarrow{2t_{1/2}} \frac{A_0}{4} \xrightarrow{3t_{1/2}} \frac{A_0}{8} \xrightarrow{4t_{1/2}} \frac{A_0}{16} \ldots\ldots$$

وعليه يمكن التوصل إلى العلاقة الرياضية الآتية:

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

أمثلة متنوعة

مثال

يستخدم نظير الكوبالت –60 في تعقيم الأجهزة الطبية وفي علاج مرض السرطان. عمر النصف لنظير الكوبالت ($^{60}_{27}Co$) يساوي (5.27 y)، قِستُ النشاطيّة الإشعاعيّة لعينة منه عند لحظة زمنيّة معينة فوجدتها ($0.200\ \mu Ci$). أجد ما يأتي:

أ . عدد النوى المشعّة في العينة.

ب. النشاطيّة الإشعاعيّة بعد زمن يساوي ثلاثة أضعاف عمر النصف.

أ . أولاً نحوّل النشاطيّة الإشعاعيّة من وحدة μCi إلى وحدة Bq

$$A_0 = 0.200\ \mu Ci = 0.200 \times 3.7 \times 10^{10} \times 10^{-6} = 7.40 \times 10^{3}\ Bq$$

أحوّل عمر النصف إلى وحدة (s)

$$t_{1/2} = 5.27\ y = 5.27 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 166 \times 10^{6}\ s$$

وأجد λ من العلاقة

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{166 \times 10^{6}} = 4.18 \times 10^{-9}\ s^{-1}$$

ثم أعوّض في العلاقة

$$A_0 = \lambda N_0$$

$$7.4 \times 10^{6} = 4.18 \times 10^{-9} N_0$$

$$N_0 = 1.8 \times 10^{15}\ atoms$$

ب. بعد مرور زمن بمقدار عمر نصف واحد تقلّ النشاطيّة الإشعاعيّة للنصف، وتصبح ($0.100\ \mu Ci$)، وبعد مرور عمر نصف ثانٍ تصبح النشاطيّة الإشعاعيّة ($0.050\ \mu Ci$)، وبعد عمر نصف ثالث تصبح النشاطيّة الإشعاعيّة ($0.025\ \mu Ci$).

مثال يُستخدم الغاليوم - 67 في التشخيص الطبّي. إذا علمت أنّ ثابت الاضمحلال له ($2.4\times10_{-6}s_{-1}$) ، وقستُ النشاطيّة الإشعاعيّة لعينة منه فكانت (4680 Bq)، فأجد الزمن اللازم حتى تصبح النشاطيّة الإشعاعيّة (1170 Bq).

$$\frac{A}{A_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} \quad \Rightarrow \quad \frac{1170}{4680}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\frac{1}{4}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{1}{2}\right)^{2}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

وهذا يعني أنّ $\frac{t}{t_{1/2}}=2 \Rightarrow t=2t_{1/2}=\frac{2\times0.693}{\lambda}=\frac{1.39}{2.4\times10^{-6}}=5.8\times10^{5}\ \text{s}$

مثال يُستخدم اليود المشعّ في علاج سرطان الغدة الدرقيّة، فإذا كان عمر النصف له (8 days) تقريبًا، أجد الزمن اللازم حتى يضمحلّ (% 75) منه.

حتى يضمحل (75%) منه تعني أن نسبة ما تبقى من النوى المشعة يساوي (25%)، أي أن:

$$\frac{N}{N_0}=\frac{25}{100}=\frac{1}{4}$$

$$\frac{N}{N_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\frac{1}{4}=\left(\frac{1}{2}\right)^{2}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{8}}$$

وفي حالة تساوي الأساسات تتساوى الأسس $\frac{t}{8}=2 \quad \Rightarrow \quad t=16\ \text{days}$

سلاسل الاضمحلال الإشعاعي

اليورانيوم $^{238}_{92}U$ عنصر مشعّ يضمحلّ لينتج عنه نظير الثوريوم $^{234}_{90}Th$ حسب التفاعل الآتي:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

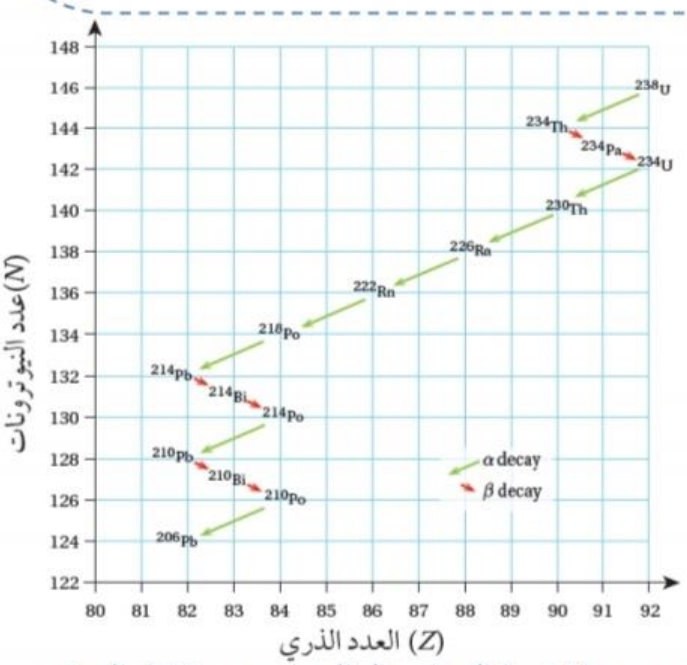
لكن نظير الثوريوم $^{234}_{90}Th$ مشعّ أيضًا، ويضمحلّ لينتج عنه نظير مشعّ جديد $^{234}_{91}Pa$ وتستمر سلسلة الاضمحلالات عن طريق إشعاع جسيمات ألفا أو بيتا حتى تنتهي بعنصر مستقر على النحو الآتي:

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{91}Pa \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{92}U \xrightarrow{\alpha} {}^{230}_{90}Th \xrightarrow{\alpha} {}^{226}_{88}Ra \ldots \rightarrow {}^{206}_{82}Pb \text{ (مستقر)}$$

تُسمّى مجموعة الاضمحلالات التلقائيّة التي تبدأ بعنصر مشعّ ثقيل (موجود في الطبيعة)، وتنتهي بعنصر مستقر من خلال اضمحلالات عدة لألفا وبيتا **بسلسلة الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي** وسلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي المشهورة ثلاث سلاسل، هي:

سلسلة اليورانيوم وتبدأ بنظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ وسلسلة الثوريوم وتبدأ بنظير $^{234}_{90}Th$ وسلسلة الأكتينيوم وتبدأ بنظير اليورانيوم $^{235}_{92}U$

وجميع هذه السلاسل تبدأ بنظير ثقيل مشعّ عمر النصف له كبير، وتنتهي بأحد نظائر الرصاص المستقر. وتُسمّى كل سلسلة باسم النظير المشعّ الذي له أطول عمر نصف فيها.



ونظرًا إلى أنّ اليورانيوم $^{238}_{92}U$ له أكبر عمر نصف $(4.47\times10^{9}y)$ بين النظائر المشعّة في سلسلة اليورانيوم، فقد سُمّيت باسمه. ويمكن التعبير عن هذه السلسلة بيانيًا على منحنى (N-Z) على نحو ما هو مبيّن في الشكل ويمكن التعبير عن هذه السلسلة أيضًا بالمعادلة الآتية:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + 8{}^{4}_{2}He + 6{}^{0}_{-1}e + 6\bar{\nu}$$

ألاحظ من المعادلة السابقة أنّ العدد الذريّ والعدد الكتلي محفوظان.

الربط بعلوم الأرض

غاز الرادون المشع أحد النظائر في سلسلة اليورانيوم.

يستقصي الجيولوجيون نسبة الرادون في المياه الجوفية والتربة للتنبؤ بالنشاط الزلزالي. فزيادة تركيزه قد تكون علامة على وقوع زلزال قريب. ويستطيع الجيولوجيون تقدير عمر الصخور من معرفة نسبة الرصاص إلى اليورانيوم – 238في الصخور.

الربط بعلم الآثار

تحتوي أجسام الكائنات الحية على نظير الكربون المشع $^{14}_{6}C$ ونسبته لنظير الكربون المستقر $^{12}_{6}C$ ثابتة في أجسام الكائنات الحيّة خ الل وجودها على قيد الحياة. وبمجرد موت الكائن الحي تقل هذه النسبة. وبمعرفة هذه النسبة يستطيع علماء الآثار حساب زمن وفاة الكائن الحيّ.

أمثلة متنوعة

مثال

يمكن التعبير عن سلسلة اضمحلال الثوريوم بالمعادلة:

$$^{232}_{90}Th \rightarrow {}^{208}_{82}Pb + n\,^{4}_{2}He + m\,^{0}_{-1}e + m\,\bar{\nu}$$

أجد عدد جُسيمات بيتا السالبة(m) ، وعدد جسيمات ألفا (n) في المعادلة السابقة.

أُطبّق أولاً مبدأ حفظ العدد الكتلي لحساب (n)

$$\sum A_{before} = \sum A_{after}$$

$$232 = 208 + 4n + 0(m)$$

$$n = \frac{232 - 208}{4} = 6$$

ثمّ أطبّق مبدأ حفظ العدد الذري لحساب (m)

$$\sum Z_{before} = \sum Z_{after}$$

$$90 = 82 + 2 \times 6 - m$$

$$m = 4$$

مثال

تمثّل المعادلة الآتية جزءًا من سلسلة اليورانيوم:

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{h} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{g} {}^{234}_{91}Pa \ \ldots \rightarrow {}^{A}_{Z}X \ \ldots.$$

أ . ما اسم الجُسيمين (g) و (h)؟

ب. إذا انبعث 6 جُسيمات ألفا وجُسيما بيتا السالبة للوصول إلى النواة $(^{A}_{Z}X)$، أجد Z و A.

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{h} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{g} {}^{234}_{91}Pa \ \ldots \rightarrow {}^{A}_{Z}X \ \ldots.$$

أ. الجسيم (h) هو ألفا والجسيم (g) هو بيتا السالبة.

ب.

$$A = 238 - 6 \times 4 = 214$$

$$Z = 92 - 2 \times (-1) - 6 \times 2 = 82$$

أسئلة مراجعة الدرس الثاني

أسئلة مراجعة الدرس

سؤال 1

الفكرة الرئيسية أوضّح المقصود بالاضمحلال الإشعاعي وعمر النصف والنشاطيّة الإشعاعيّة.

الاضمحلال الإشعاعي: هو التحوّل التلقائي لنواة غير مستقرة إلى نواة أكثر استقراراً رعن طريق انبعاث جُسيم ألفا أو جُسيم بيتا، وغالبًا ما يصاحب ذلك انبعاث أشعة غاما.

عمر النصف: المدة الزمنية اللازمة لاضمحلال نصف عدد النوى المشعة.

النشاطيّة الإشعاعيّة: عدد الاضمحلالات في الثانية الواحدة.

سؤال 2

افسر انبعاث أشعة غاما من النواة.

عند انبعاث جسيمات بيتا أو ألفا من نوى بعض النظائر المشعة قد لا تكون النوى الناتجة في مستوى الاستقرار، بل في أحد مستويات الإثارة لها. وحتى تنتقل النوى الناتجة لمستوى الاستقرار فإنها تخسر طاقة تطلقها على شكل أشعة غاما.

سؤال 3

أستخدم المتغيّرات: يقوم أسامة بدراسة نظير مشع في مختبر الإشعاع في جامعته. قاس نشاطيّته الإشعاعيّة فوجدها (400) اضمحلال لكل دقيقة، وبعد ثلاث ساعات أصبحت (100) اضمحلال لكل دقيقة. أجد عمر النصف للنظير المشعّ بالدقيقة.

النشاطية الاشعاعية الابتدائية (400 اضمحلال لكل دقيقة) وبعد مضي زمن يساوي عمر النصف تصبح (200 اضمحلال لكل دقيقة) وبعد مضي عمر نصف آخر تصبح (100 اضمحلال لكل دقيقة)، وهذا يعني أن العينة مرة عليها زمن يساوي ضعفي عمر النصف، أي أن الثلاث ساعات تساوي ضعفي عمر النصف، ما يعني أن عمر النصف يساوي ساعة ونصف. أو من خلال

$$\frac{A}{A_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} \Rightarrow \frac{100}{400}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{t_{1/2}}} \rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^{2}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{t_{1/2}}}$$

وبما أن الأساسات متساوية فإنّ الأسس متساوية، أي أن: $\frac{3}{t_{1/2}}=2 \Rightarrow t_{1/2}=1.5\ \text{h}$

سؤال 4

أحسب: نظير مشعّ نشاطيّته الإشعاعيّة الآن (800 Bq)، وثابت الاضمحلال له ($4\ln(2)\ \text{days}^{-1}$)، فما المدّة الزمنيّة اللازمة حتى تصبح نشاطيّته الإشعاعيّة (100 Bq) ؟

نلاحظ أن: $\frac{100}{800}=\frac{1}{8}=\left(\frac{1}{2}\right)^{3}$، أي أن: $\frac{t}{t_{1/2}}=3$

$$t=3t_{1/2}=3\frac{\ln(2)}{\lambda}=3\frac{\ln(2)}{4\ln(2)}=\frac{3}{4}\text{days}$$

سؤال 5

أستخدم المتغيّرات: عينة من نظير الثوريوم $^{228}_{90}Th$ تحتوي على (2.53×10^{21} atoms) وثابت الاضمحلال له يساوي ($1.15\times10^{-8}s^{-1}$) أجد:

أ . عمر النصف للثوريوم $^{228}_{90}Th$

ب. النشاطيّة الإشعاعيّة لهذه العينة

أ:

$$t_{1/2}=\frac{\ln(2)}{\lambda}=\frac{0.693}{1.15\times10^{-8}}=6.02\times10^{7}\ s$$

ب.

$$A=N_0\,\lambda\ =2.53\times10^{21}\times\ 1.15\times10^{-8}=2.9\times10^{13}\ Bq$$

سؤال 6

أحلل: الفلور-18 $^{18}_{9}F$ نظير مشع مُعَدّ صناعيًّا، عمر النصف له (110 min) ، يُستخدم في التصوير الطبّي حيث يضمحلّ ليعطي أحد نظائر الأكسجين وبوزيترون. أعدّت سارة عينة منه تحتوي على (2.1×10^{16} atoms) لتصوير أحد المرضى.

أ . أكتب معادلة موزونة لاضمحلال الفلور.

ب. أحسب ثابت الاضمحلال له.

ج. ما عدد النوى المشعّة بعد مضي (220min)؟

أ.

$$^{18}_{9}F\rightarrow\ ^{A}_{Z}X\ +\ ^{0}_{+1}e\ +\nu$$

نجد أن $A=18\ ,\ Z=8$ والعنصر X هو نظير الأكسجين $^{18}_{8}O$

ب.

$$\lambda=\frac{\ln(2)}{t_{1/2}}=\frac{0.693}{110}=6.30\times10^{-3}\ min^{-1}$$

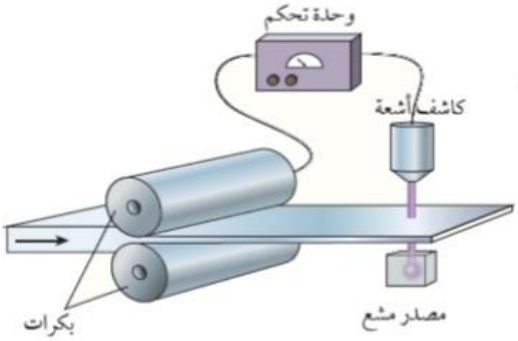
ج. بعد مضي 220 min يكون قد مضى على العينة زمن يساوي ضعفي عمر النصف، ما يعني أن عدد النوى المشعة سيقل للربع ويصبح ($\frac{2.1\times10^{16}}{4}=5.25\times10^{15}\ atoms$)

سؤال 7

افسر انبعاث جُسيمات بيتا السالبة من النواة بالرغم من عدم احتواء النواة على إلكترونات.

ينبعث جسيم بيتا السالبة من النواة نتيجة اضمحلال أحد نيوترونات النواة وتحوله إلى بروتون وجسيم بيتا السالبة و ضديد نيوترينو.

سؤال 8 (التفكير الناقد)



تُستخدم الأشعّة النوويّة في التحكّم في سُمك الموادّ المصنَّعة على نحو ما هو مبيَّن في الشكل. حيث يوضع أسفل الشريط مصدر مشعّ، وتُستقبل الأشعة بعد نفاذها من الشريط عن طريق كاشف يُرسِل بدوره إشارة إلى جهاز التحكّم عن مقدار الأشعة التي وصلت إليه. فأيّ الأشعّة النوويّة أفضل في هذا الاستخدام؟ ولماذا؟

جسيمات بيتا هي الأنسب لهذا الاستخدام. فنفاذية جسيمات الفا صغيرة جداً، يمتصها الشريط ولا يصل أي منها للكاشف.

أما نفاذية أشعة غام فعالية وتفاعلها مع الوسط قليل وقد لا تؤثر التغيرات في سمك الشريط على شدة أشعة غاما التي تصل الكاشف.

الدرس الثالث (التفاعلات النووية)

الدرس الثالث: التفاعلات النووية

- التفاعل النووي
- الانشطار النووي و المفاعل النووي
- الاندماج النووي
- تطبيقات على الفيزياء النووية

التفاعل النووي

سؤال متى يحدث التفاعل النووي ؟

تفاعلٌ نوويٌّ Nuclear reaction عند اصطدام نواتي ذرتين، أو اصطدام جُسيم نووي مثل، البروتون أو النيوترون بنواة ذرة أخرى، وقد ينتج عن ذلك نواة جديدة أو أكثر.

سؤال كيف يمكن احداث تفاعل نووي ؟

لإحداث تفاعل نووي بين جُسيم ونواة، تقذف النواة بذلك الجسيم وعندما يقترب منها مسافة كافية، يبدأ عندها تأثير القوة النوويّة. ويمكن التعبير عن التفاعل النووي بالصورة الآتية:

$$a + X \longrightarrow b + Y$$

حيث يُسمّى الجسيم (a) **القذيفة** Projectile في حين تُسمى (X) **النواة الهدف** Target ، و (b) الجُسيم الناتج من التفاعل النووي،و (Y) النواة الناتجة.

النواة المركبة (CN):

في بعض التفاعلات النووية، تمتصّ النواة الهدف القذيفةَ لتشكّل **نواة مركّبة (Compound nucleus (CN)** والتي لا تلبث أن تضمحلّ لتعطي نوى وجسيمات من الممكن أن تختلف عن تلك الداخلة في التفاعل. ومن الأمثلة على ذلك، ما قام به رذرفورد عام ١٩١٩ عندما قذف نواة النيتروجين $^{14}_{7}N$ بجسيمات ألفا (α) ونتج عن ذلك تحرّر بروتون على النحو الآتي:

$$\alpha + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{18}_{9}F \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}p$$

$$a + X \longrightarrow (CN) \longrightarrow y + b$$

توضيح

لقد بدأ هذا التفاعل بنواة النيتروجين $^{14}_{7}N$ المستقرة مع جسيم ألفا (α) لتكوين نواة مركّبة وهي نظير الفلور $^{18}_{9}F$ غير المستقر، والتي لا تلبث أن تضمحلّ لينتج عنها نواة مستقرة $^{17}_{8}O$ وبروتون $^{1}_{1}P$

سؤال **اذكر أربعة من الأمثلة على القذائف النووية ؟**

1) جسيمات الفا (α) 2) البروتونات

3) الديتيريوم 4) النيوترونات

سؤال **علل يتم تسريع جسيمات الفا و البروتونات عند استخدامها كـ قذائف نووية ؟**

لأنهما جسيمات موجبة الشحنة لذا تسرع حتى تمتلك طاقة حركية كافية تمكنها من التغلب على قوة التنافر الكهربائية مع النواة الهدف .

سؤال **علل تعد النيوترونات من القذائف المهمة في انتاج النظائر المشعة ؟**

لأنها متعادلة كهربائياً فلا تتأثر بقوة التنافر الكهربائية .

سؤال **في التفاعلات النووية يتم تسريع القذيفة وتوجيهها نحو النواة الهدف. فما المجالات المستخدَمة في تسريع القذيفة وتوجيهها نحو النواة الهدف؟ وما دور كلٍّ منها؟**

يستخدم المجال الكهربائي في تسريع القذائف المشحونة ويستخدم المجال المغناطيسي في توجيهها.

طاقة التفاعل النووي Q

أحسب الطاقة المتَصّة أو المتحرّرة من التفاعل (Q) من الفرق في الكتلة بين كتل النوى والجسيمات الداخلة في التفاعل وتلك الناتجة عنه، والتي تحسب باستخدام العلاقة الآتية:

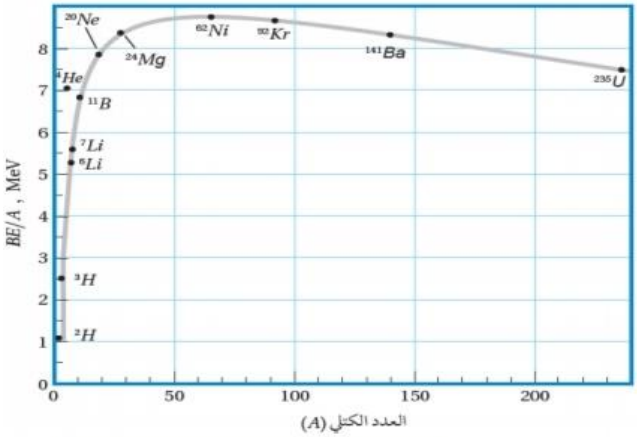
$$Q = [m_a + m_X - (m_b + m_Y)] \times 931.5$$

حيث الكتل بوحدة (amu) و Q بوحدة(MeV).

الانشطار النووي والمفاعل النووي

أولاً: الانشطار النووي

الانشطار النووي Nuclear fission: عبارة عن انقسام نواة ثقيلة لنواتين أو أكثر، أصغر منها في الكتلة.



والنوى الأكثر قابلية للانشطار هي النوى الثقيلة التي تقع على يمين المنحنى الموضَّح في الشكل

فمثلاً، عند قذف نواة $^{235}_{92}U$ بنيوترون بطيء تنشطر إلى نواتين، هما: $^{141}_{56}Ba$ و $^{92}_{36}Kr$ وينتج 3 نيوترونات،وتمتلك النوى الناتجة من هذا الانشطار طاقات ربط نووية لكل نيوكليون أكبر على نحو ما هو مبيّن في الجدول ، ويصاحب ذلك نقص في الكتلة يتحوّل إلى طاقة. ويمكن التعبير عن هذا الانشطار بالمعادلة النووية الآتية:

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n$$

حيث نواة $^{236}_{92}U^{*}$ المثارة تمثل النواة المركّبة في هذا التفاعل.

النواة	$\frac{BE}{A}$ (MeV)
$^{235}_{92}U$	7.5909
$^{141}_{56}Ba$	8.3261
$^{92}_{36}Kr$	8.5127

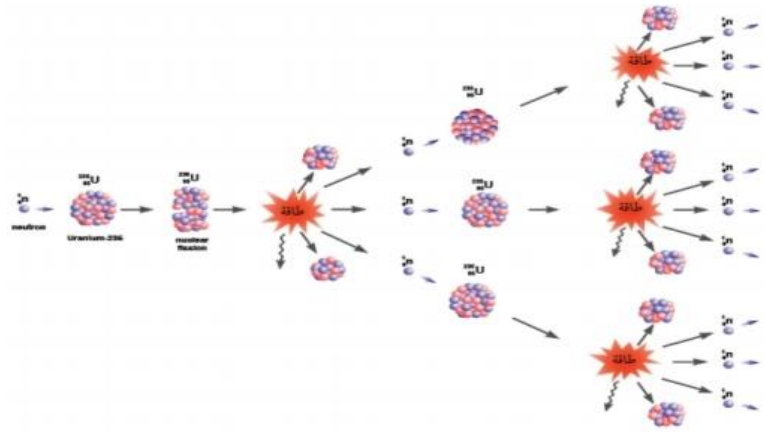
أهمية تفاعل الانشطار النووي لليورانيوم :

وتكمن أهميّة هذا التفاعل في الطاقة الكبيرة المتحرّرة منه، حيث إنّ انشطار كلّ نواة ينتج عنه طاقة تساوي (200 MeV) تقريبًا، أو ما يعادل(3.2×10^{-11}J)

أمّا الطاقة الناتجة عن انشطار (1Kg) فتساوي (82×10^{12}J) وهذه الطاقة تكفي لتزويد نحو (45) ألف منزل تقريبًا مدة شهر، يستهلك كلٌّ منها طاقة كهربائية بمقدار (500 kWh).

التفاعل المتسلسل :

تنبعث نيوترونات نتيجة انشطار نواة نظير اليورانيوم $^{235}_{92}U$ وهذه النيوترونات قد تمتصّها نواة $^{235}_{92}U$ أخرى التي بدورها تنشطر، وتُنتج نيوترونات جديدة قد تمتصّها نوى يورانيوم أخرى، وهذا ما يُسمّى **تفاعلاً متسلسلاً Chain reaction** على نحو ما يظهر في الشكل



سؤال ما الأمور التي يجب توافرها كي يكون التفاعل المتسلسل ممكناً من الناحية العملية ؟

1) توافر اليورانيوم المخصب

2) توافر الكتلة الحرجة

1 اليورانيوم المخصب

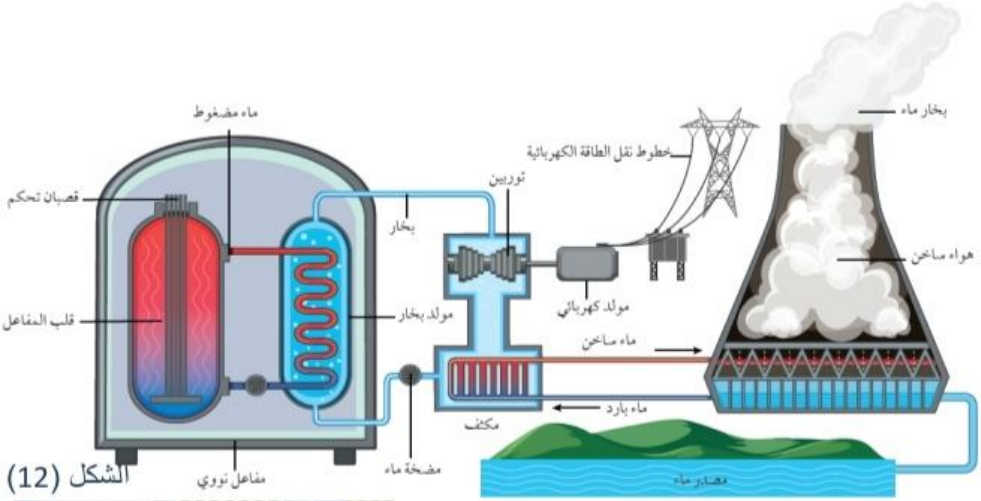
حيث يحتوي اليورانيوم الخام على (0.71 %) تقريبًا من اليورانيوم $^{235}_{92}U$ المستخدم في التفاعل المتسلسل، ونحو (99.27 %) تقريبًا من اليورانيوم $^{238}_{92}U$ ونسبة قليلة جدًّا من نظائر أخرى.

ونظرًا إلى أنّ نسبة $^{235}_{92}U$ قليلة، لذا يجب معالجة اليورانيوم الخام لزيادة نسبة النظير $^{238}_{92}U$ الذي يُستخدم في الوقود النووي. إنّ العمليّة التي تُزاد فيها نسبة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ تُسمّى **التخصيب**

2 الكتلة الحرجة

الكتلة الحرجة Critical mass وهي أقلّ كتلة من الوقود النووي تضمن استمرار حدوث التفاعل المتسلسل، وتضمن عدم تسرّب النيوترونات خارجه.

ثانيًا: المفاعل النووي



الشكل (12)

الشكل (14)

الشكل (13)

ويتكوّن المفاعل النووي الموضَّح في الشكل من الأجزاء الأساسية الآتية:

1. **الوقود النوويّ : Nuclear fuel** تكون مادّة الوقود النوويّ على الغالب من اليورانيوم المخصّب، حيث تُعَدّ على شكل أقراص يوضع بعضها فوق بعض في أنابيب طويلة لتشكيل قضبان الوقود النووي، على نحو ما يوضّح الشكل (13).
2. **قضبان التحكّم : Control roads** تُصنع من موادّ لديها مقدرة عالية على امتصاص النيوترونات مثل، الكادميوم - 113 ، والبورون - 10 . فعند إدخال عدد مناسب منها بين حزم الوقود النووي تمتص بعضًا من النيوترونات ما يؤدي إلى إبطاء التفاعل المتسلسل، وبذلك يتم التحكم في الطاقة الناتجة من المفاعل.

3. **الموادّ المُهدّئة : Moderators** وهي موادّ ذات أعداد كتلية صغيرة، مثل:
الماء الثقيل، والماء العادي، والغرافيت. وتبطّئ الموادّ المهدّئة النيوترونات الناتجة من الانشطار؛ لتتمكّن من إحداث تفاعلات انشطارية جديدة. علمًا أنّ احتماليّة انشطار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ تزداد كلما كانت الطاقة الحركية للنيوترونات المتصدّة أقل.

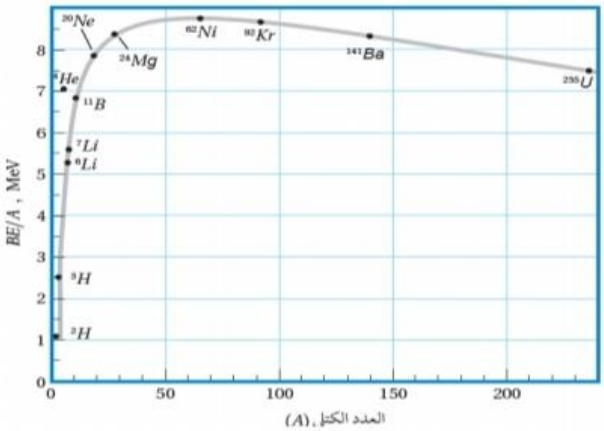
4. **نظام التبريد : Cooling system** تُستخدم أبراج تبريد تُزوّد المفاعل والمكثّف بالماء البارد باستمرار؛ لتبريد المفاعل النووي، أتأمّل الشكل (١٤)

5. **مولّد بخار الماء : Steam generator** يُحوّل الماءَ الساخن والمضغوط القادم من قلب المفاعل إلى بخار ماء يُستخدم في إدارة توربينات متّصلة بمولّدات كهربائية لتوليد الطاقة الكهربائيّة.

الاندماج النووي

سؤال **ما هو الاندماج النووي ؟؟**

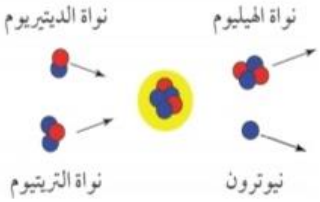
يُسمّى التفاعل الذي تندمج فيه نواتان خفيفتان لتكوين نواة كتلتها أقلّ من مجموع كتلتي النواتين المندمجتين، ولها طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر ممّا لهما، بتفاعل **الاندماج النووي Nuclear fusion**



يحدث الاندماج النووي للنوى الخفيفة (المنطقة اليسرى من المنحنى) في الشكل فمثلاً قد تندمج نواتا نظيري الهيدروجين؛ الديتيريوم $^{2}_{1}H$ والتريتيوم $^{3}_{1}H$ لتكوين نواة الهيليوم $^{4}_{2}He$ ونيوترون على نحو ما هو مُبيّن في الشكل.
ويوضّح الجدول طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لكلٍّ منها.
حيث يُلاحَظ من الجدول أنّ اندماج نواتي الديتيريوم $^{2}_{1}H$ والتريتيوم $^{3}_{1}H$ نتج عنه نواة الهيليوم $^{4}_{2}He$ ذات طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر منها لنواتي الديتيريوم والتريتيوم.

الجدول : طاقة الربط النوويّة لكل نيوكليون.

النواة	$\frac{BE}{A}$ (MeV)
$^{2}_{1}H$	1.11
$^{3}_{1}H$	2.83
$^{4}_{2}He$	7.07



ويصاحب عملية الاندماج نقص في الكتلة ينتج عنه تحرّر طاقة كبيرة. ومن الأمثلة على تفاعلات الاندماج النوويّ:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{1}e^{+} + \nu$$

$$^{1}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$$

مثل هذه التفاعلات النوويّة هي مصدر الطاقة التي تصلنا من الشمس، وتحتاج إلى درجات حرارة عالية جدًّا حتى تحدث؛ لذا تُسمّى هذه التفاعلات **التفاعلاتِ النوويّةَ الحراريّةَ** Thermonuclear fusion reactions.

إنّ درجة الحرارة العالية تزوّد النواتين بطاقة حركيّة كبيرة كافية للتغلّب على قوة التنافر الكهربائيّة بين النواتين عند اقترابهما بعضهما من بعض لمسافة تبدأ عندها القوة النوويّة بالتأثير.

وعلى الرغم من صعوبة إجراء تفاعل الاندماج النووي، فهناك أبحاث جارية للتغلب على تلك الصعوبات، وذلك للاستفادة من الطاقة الكبيرة التي يمكن الحصول عليها دون إنتاج نوى مشعّة على نحو ما يحدث في مفاعلات الانشطار النووي.

الربط بالفضاء

مكّنت التكنولوجيا النووية في إنتاج الطاقة العلماء من استكشاف الفضاء بدقة، إذ تُستخدم الطاقة الناتجة عن البلوتونيوم لتوليد الكهرباء في مولّدات المركبات الفضائية، مثل المركبة الفضائية فوياجر 1 التي أُطلقت عام 1977 لدراسة النظام الشمسي الخارجي والتي ما زالت ترسل بيانات إلى يومنا هذا .

الربط بالحياة

يمكن أيضًا استخدام التعقّب الإشعاعيّ في مراقبة تدفّق السوائل والغازات خلال الأنابيب لتحديد أماكن التسرّب. وتَرصد أدوات التعقّب الزراعية تدفّق المُغذّيات عبر النباتات.

الربط بالتكنولوجيا

افتُتح المفاعل النوويّ الأردنيّ للبحوث والتدريب برعاية ملكية سامية عام 2016 م في جامعة العلوم والتكنولوجيا في مدينة إربد، حيث يعمل بقدرة (5 MW) قابلة للزيادة إلى (10 MW) ويُستخدم هذا المفاعل في أغراض عدّة، منها: البحث العلمي، وإنتاج النظائر المشعّة للاستخدامات الطبية، إضافة إلى التدريب والتأهيل على التكنولوجيا الإشعاعية والنوويّة.

تطبيقات على الفيزياء النووية

للفيزياء النووية تطبيقات عدّة في مختلف نواحي الحياة منها:

التعقُّب Tracing :

تتكونُ المُتعقّبات من نظائر مشعّة تُحقن في الجسم للكشف عن خلل وظيفي في أحد أعضائه. فمثلا يُستخدم اليود - 131 المشع للكشف عن خلل في عمل الغدة الدرقية، حيث يشربُ المريضُ كمية قليلة من محلول يوديد الصوديوم المشع، ويتم تشخيص الخلل في عمل الغدة الدرقية بمعرفة كمية اليود المشع المتبقة فيها مع مرور الزمن. ومن التطبيقات الطبّية الأخرى حقن وريد في القدم بسائل يحتوي على الصوديوم المشع، وقياس الزمن اللازم حتى يصل السائل المشع إلى عضو معين في الجسم، وذلك باستخدام جهاز للكشف عن الإشعاع. والزمن المقاس يُمكّن من معرفة ما إذا كان هناك تضيُّق أو انسداد في الأوردة أو الشرايين. وفي التطبيقات الطبية يتم تعريض المريض لجرعات إشعاعية متدنيّة ومحسوبة بدقة بحيث لا تؤثر سلبًا فيه.

العلاج بالإشعاع Radiation Therapy

تنقسم الخلايا السرطانية بسرعة كبيرة، والإشعاعات الناتجة عن النظائر المشعة فعالة في قتل هذا النوع من الخلايا. فمثلا يستخد نظير اليود- 131المشع في علاج سرطان الغدة الدرقية، كما يستخدم الكوبالت- 60 في علاج سرطان الحنجرة.

تحليل المواد Materials Analysis

يمكنُ تحديدُ العناصر التي تُكوّن عينة معينة بطرق كيميائية، وهذا عادة يتطلب استخدام كمية كبيرة نسبيًّا من تلك العينة. يمكن التغلب على ذلك بقذف كمية قليلة من العينة المراد معرفة تركيبها بالنيوترونات، ما يؤدي إلى تحول العناصر التي امتصت النيوترونات إلى عناصر مشعة، ويتم تحديد هوية تلك العناصر بالكشف عن نوع الإشعاعات الصادرة عن العينة المشعّة وقياس طاقتها.

حفظ المواد الغذائية Food Preserving

تطبيقات الفيزياء النووية في مجال الأطعمة تشهد اهتمامًا متزايدًا لقدرة الإشعاعات النووية على تعطيل عمل البكتيريا و قتلها. لذلك يتم تعريض المواد الغذائية المراد تخزينها فترات طويلة لأشعة غاما أو حزم من الإلكترونات ذات طاقة مرتفعة لقتل البكتيريا، ومن ثمّ تُحفظ في عبوات مغلقة لمنع وصول بكتيريا جديدة إليها.

أمثلة متنوعة على حساب طاقة التفاعل في الانشطار والاندماج النووي

مثال أحسب الطاقة Q الناتجة من تفاعل الانشطار الآتي:

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{236}_{92}U^{*} \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n$$

حيث كتل النوى مُعطاة في الجدول الآتي:

$^{235}_{92}U$	$^{141}_{56}Ba$	$^{92}_{36}Kr$	$^{1}_{0}n$
234.9934	140.8840	91.9064	1.0087

$$Q = [m_a + m_X - (m_b + m_Y)] \times 931.5$$

$$= (1.0087 + 234.9934 - (140.8840 + 91.9064 + 3 \times 1.0087)) \times 931.5$$

$$= 0.1856 \times 931.5 = 172.9 \text{ MeV}$$

مثال أجد طاقة التفاعل Q لتفاعل الاندماج الآتي:

$$^{1}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$$

حيث كتل النوى بوحدة (amu)

$^{1}_{1}H$	$^{3}_{2}He$	$^{2}_{1}H$
1.0073	3.0149	2.0136

$$Q = [m_a + m_X - (m_b + m_Y)] \times 931.5$$

$$= (1.0073 + 2.0136 - 3.0149) \times 931.5$$

$$= 0.0060 \times 931.5 = 5.6 \text{ MeV}$$

أسئلة مراجعة الدرس الثالث

سؤال 1

أسئلة مراجعة الدرس

الفكرة الرئيسية أوضّح المقصود بتفاعل الانشطار النوويّ وتفاعل الاندماج النوويّ.

الانشطار النووي: انقسام نواة ثقيلة لنواتين او أكثر أصغر منها في الكتلة، لكل منهما طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر من النواة الأم.

الاندماج النووي: اندماج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل من كل منهما لها طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر من تلك لأي من النواتين.

سؤال 2

للتفاعلين النوويين الآتيين، أجيب عمّا يأتي:

$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n$$

علمًا أن كتل النوى بوحدة (amu) موضّحة في الجدول الآتي:

$^{235}_{92}U$	$^{144}_{56}Ba$	$^{89}_{36}Kr$	$^{1}_{0}n$	$^{4}_{2}He$	$^{3}_{1}H$	$^{2}_{1}H$
234.9934	143.8922	88.8979	1.0087	4.0015	3.0155	2.0136

أ . أيّ التفاعلين تفاعل اندماج نووي؟ وأيّهما تفاعل انشطار نووي؟

التفاعل الأول يمثل تفاعل اندماج نووي والثاني يمثل تفاعل انشطار نووي.

ب. **أتوقّع:** لكلا التفاعلين، أيهما يمتلك طاقة ربط نوويّة لكل نيوكليون أكبر: الموادّ الناتجة من التفاعل أم الموادّ الداخلة فيه؟

المواد الناتجة تمتلك طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر لكلا التفاعلين.

ج. **أستخدم المتغيّرات:** أحسب الطاقة الناتجة من التفاعل لكلا التفاعلين.

لتفاعل الاندماج

$$Q = [m_a + m_X - (m_b + m_Y)] \times 931.5$$
$$= (2.0136 + 3.0155 - (4.0015 + 1.0087)) \times 931.5$$
$$= 0.01890 \times 931.5 = 17.6\ \text{MeV}$$

لتفاعل الانشطار

$$Q = [m_a + m_X - (m_b + m_Y)] \times 931.5$$
$$= (1.0087 + 234.9934 - (143.8922 + 88.8979 + 3 \times 1.0087)) \times 931.5$$
$$= 0.1859 \times 931.5 = 173.2\ \text{MeV}$$

د . **أستخدم المتغيّرات:** أحسب الطاقة الناتجة لكل نيوكليون لكلا التفاعلين. أيّهما أكبر؟

. لتفاعل الاندماج:

$$\frac{BE}{A} = \frac{17.6}{5} = 3.5\ \text{MeV}/neucleon$$

لتفاعل الانشطار:

$$\frac{BE}{A} = \frac{173.2}{236} = 0.7\ \text{MeV}/neucleon$$

طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لتفاعل الانشطار أقل منها لتفاعل الاندماج.

ه. **أتوقّع:** أيّ التفاعلين يُنتِج طاقة أكبر للكتلة نفسها من الموادّ الداخلة في التفاعل؟

تفاعل الاندماج ينتج طاقة أكبر لنفس الكتلة من المواد الداخلة في التفاعل.

سؤال 3 **أقارن:** أعدّد أوجه التشابه وأوجه الاختلاف بين تفاعل الاندماج وتفاعل الانشطار.

	الاندماج	الانشطار
التفاعل	اندماج نواتين خفيفتين	انشطار نواة ثقيلة
الوقود المستخدم	نوى خفيفة مثل نظائر الهيدروجين	نوى ثقيلة مثل اليورانيوم-235
توفر الوقود وتكلفته	متوفر ورخيص	غير متوفر بشكل كبير ومكلف
الطاقة الناتجة لكل نيوكليون	كبيرة بحدود (3.5-7) MeV))	صغيرة بحدود (0.7 MeV)
شروط حدوثه	توفير درجة حرارة عالية وضغط كبير جداً.	ضرب النواة بنيوترون بطيء

سؤال 4 **أفسّر** ما أهميّة استخدام كلٍّ ممّا يأتي في المفاعل النووي؟

أ. القضبان التي تحتوي على الكادميوم.

ب. مُهدِّئات النيوترونات.

القضبان التي تحتوي على الكادميوم: امتصاص نيوترونات للتحكم في سرعة التفاعل.

مهدئات النيوترونات: امتصاص جزء من طاقة النيوترونات لتصل للطاقة المناسبة لحدوث الانشطار النووي.

سؤال 5 **أفسّر** أهميّة درجة الحرارة العالية للتفاعل النووي الاندماجي.

لتزويد النواتين بطاقة حركية كبيرة كافية للتغلّب على قوة التنافر الكهربائية بين النواتين عند اقترابهما من بعضهما لمسافة تبدأ عندها القوة النووية بالتأثير.

سؤال 6 **أفسّر** هل يصلح اليورانيوم الخام للاستخدام في المفاعلات النوويّة؟ أفسّر إجابتي.

لا يصلح اليورانيوم الخام في المفاعل النووي لأن نسبة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ المستخدم في تفاعل الانشطار تكون فيه قليلة جدا (0.7 %)

سؤال 7 (التفكير الناقد) لماذا يُعدّ استخدام تفاع الت الاندماج النووي، إن أمكن في توليد الطاقة، أقلّ خطرًا على البيئة من استخدام تفاع الت الانشطار النووي؟

لأن نواتج تفاعل الاندماج النووي غير مشعة ولا تشكل خطورة إشعاعية على البيئة

الإثراء والتوسّع

المفاعل النوويّ الاندماجي
Nuclear Fusion Reactor

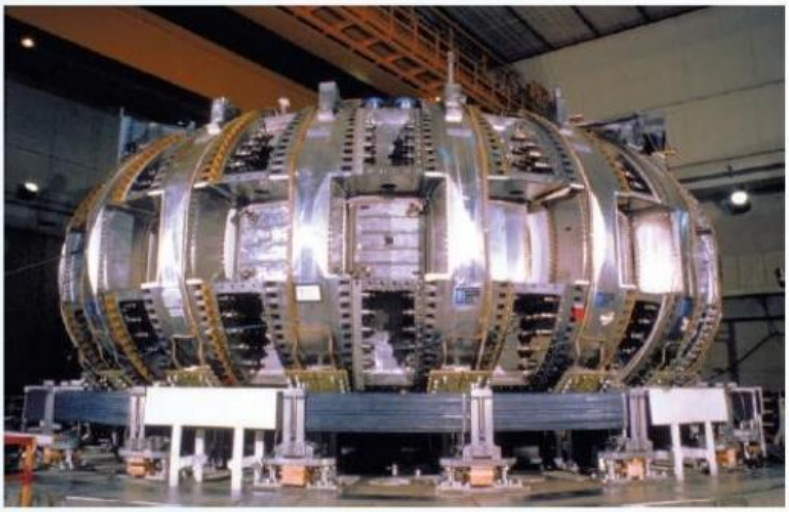
تُعدّ كميّة الطاقة الهائلة المتولّدة من الاندماج النووي محفِّزًا أمام العلماء لتسخير هذه الطاقة لأغراض مفيدة، ويُبذل كثير من الجهود حاليًا لتطوير مفاعل نووي اندماجي مستدام يمكن التحكّم فيه. ومن مزاياه: توافر الوقود النووي؛ الديتيريوم $({}^{2}_{1}H)$ والتريتيوم $({}^{3}_{1}H)$ ، وإنتاج طاقة هائلة مقارنة بتفاعلات الانشطار النووي، وتكوين عدد قليل نسبيًا من المنتجات الثانوية المشعّة مقارنة بمفاعلات الانشطار النووي. فوقود اليورانيوم بعد انشطاره يحتوي على نسبة عالية من الموادّ المشعّة التي يجب التخلص منها، وتتطلّب إجراءات صارمة عند نقل اليورانيوم المخصّب لا تلزم عند نقل الوقود المستخدم في الاندماج النووي.

وتُنتِج النجوم طاقتها من تفاعلات الاندماج النووي بدورة تُسمّى دورة البروتون-بروتون، وتَحدث هذه التفاعلات عند درجة حرارة عالية جدًّا وكثافة عالية جدًّا للبروتونات. لكن تفاعل بروتون-بروتون لا يمكن تحقيقه في مفاعل اندماج لعدم القدرة على توفير الظروف المناسبة له، وتُجرى حاليًا أبحاث لتحقيق ذلك من خلال تفاعلات اندماج أخرى، ووُجِد أنّ التفاعل الأنسب للاستخدام في مفاعلات الاندماج، هو تفاعل الديتيريوم $({}^{2}_{1}H)$ والتريتيوم $({}^{3}_{1}H)$.

$$ {}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n \quad , \quad Q = 17.6\,MeV $$

ويتوافر الديتيريوم بكميات كبيرة في البحيرات والمحيطات وهو غير مكلف. أمّا التريتيوم، فإنّه مشعّ $(t_{1/2} = 12.3\ \mathrm{y})$ حيث يخضع لاضمحلال بيتا السالبة لينتج $({}^{3}_{2}He)$. ولهذا السبب لا يوجد التريتيوم طبيعيًّا بكميات كبيرة، ويجب إنتاجه صناعيًّا.

تتمثّل إحدى المشكلات الرئيسة في الحصول على الطاقة من الاندماج النووي في توافر درجات الحرارة العالية (نحو $10^8\ \mathrm{K}$ تقريبًا) اللازمة لحدوث التفاعل. وعند درجات الحرارة العالية هذه، تتأيّن الذرّات ويتكوّن النظام من مجموعة من الإلكترونات والنوى يُسمّى بلازما. وبالإضافة إلى درجات الحرارة العالية، يجب التأثير بضغط كبير للحصول على كثافة عالية من الأيونات. وقد استطاع العلماء تحقيق تفاعل اندماج الديتيريوم $({}^{2}_{1}H)$ والتريتيوم $({}^{3}_{1}H)$ مدّة زمنية قصيرة جدًّا باستخدام مفاعل اندماجي، يُعرف باسم توكاماك (tokamak). حيث تُحفظ البلازما داخل مجال مغناطيسي على نحو ما تعلّمت في الوحدة الرابعة.



أسئلة مراجعة الوحدة

أسئلة مراجعة الوحدة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة ممّا يأتي:

1. النيوترينو جُسيم يَنتج عن عمليّة:
   أ . تحلّل البروتون إلى نيوترون وبوزيترون.
   ب. تحلّل النيوترون إلى بروتون وإلكترون.
   جـ. اضمحلال غاما.
   د . خروج جُسيم ألفا من النواة.

2. النواة غير المستقرة تتحوّل تلقائيًّا إلى نواة ذات كتلة:
   أ . أقلّ وطاقة ربط أعلى لكل نيوكليون.
   ب. أكبر وطاقة ربط أقلّ لكل نيوكليون.
   جـ. أكبر وطاقة ربط أعلى لكل نيوكليون.
   د . أقلّ وطاقة ربط أقلّ لكل نيوكليون.

3. ${}^{A}_{Z}X$ نواة نظير عنصر غير مستقرّة، تقع ضمن سلسلة اضمحلال. بعد سلسلة من التحولات أُطلِقت أربعة جُسيمات بيتا السالبة وجُسيم ألفا واحدًا، فإنّ النواة الناتجة تكون:
   أ . ${}^{A-4}_{Z+2}Y$ ب. ${}^{A-2}_{Z-4}Y$ جـ. ${}^{A+2}_{Z+4}Y$ د. ${}^{A+4}_{Z-2}Y$

4. عدد جُسيمات ألفا وبيتا السالبة المنبعِثة من سلسلة تحوّلات تضمحلّ خلالها نواة $({}^{238}_{92}U)$ إلى نواة $({}^{226}_{88}X)$ الترتيب هي:
   أ . 2 ألفا ، 3 بيتا ب. 3 ألفا ، 4 بيتا جـ. 2 ألفا ، 2 بيتا د. 3 ألفا ، 2 بيتا

5. عدد النيوترونات في النوى المستقرّة الثقيلة يكون:
   أ . مساويًا لعدد البروتونات
   ب. أقلّ من عدد البروتونات
   جـ. أقلّ بكثير من عدد البروتونات
   د. أكبر من عدد البروتونات

6. طاقة الربط النووية هي الطاقة اللازمة لـ:
   أ . فصل مكوّنات النواة لتكون بعيدة بعضها عن بعض.
   ب. فصل الإلكترونات عن النواة.
   جـ. فصل بروتون واحد عن النواة.
   د . فصل نيوترون واحد عن النواة.

7. إنّ حجم النواة يتناسب:
   أ . طرديًّا مع عددها الكتلي.
   ب. عكسيًّا مع عددها الكتلي.
   جـ. طرديًّا مع مكعب عددها الكتلي.
   د. طرديًّا مع الجذر التكعيبي لعددها الكتلي.

8. تهدف عملية تخصيب اليورانيوم إلى إنتاج وقود نووي يحتوي على نسبة عالية من:

أ. $^{238}_{92}U$ ب. $^{234}_{92}U$ جـ. $^{232}_{92}U$ د. $^{235}_{92}U$

9. نسبة نصف قطر النواة ($^{27}_{13}Al$) إلى نصف قطر النواة ($^{64}_{29}Cu$) تساوي:

أ. $\frac{3}{4}$ ب. $\frac{27}{64}$ جـ. $\frac{8}{3}$ د. $\frac{64}{27}$

10. نسبة حجم النواة ($^{27}_{13}Al$) إلى حجم النواة ($^{64}_{29}Cu$) تساوي:

أ. $\frac{3}{8}$ ب. $\frac{27}{64}$ جـ. $\frac{8}{3}$ د. $\frac{64}{27}$

11. تُبطِّأ النيوترونات في المفاعل النووي بـ:

أ . الماء الثقيل ب. الكادميوم جـ. اليورانيوم د. الهيدروجين

12. إذا كانت كتلة نواة نظير الليثيوم ($^{7}_{3}Li$) تَقلّ بمقدار (0.0042 amu) عن مجموع كتل مكوّناتها، فإنّ متوسط طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (MeV) لها تساوي:

أ. 3.91 ب. 0.559 جـ. 0.014 د. 7.12

إجابة السؤال الأول

رقم الفقرة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
رمز الاجابة الصحيحة	أ	أ	أ	د	د	أ	أ	د	أ	ب	أ	ب

2. أستخدم المتغيّرات: عينة من البولونيوم ($^{210}_{84}Po$) تحتوي على (2.8×10^{18} *atoms*)، وثابت الاضمحلال للبولونيوم ($^{210}_{84}Po$) يساوي ($5.8 \times 10^{-8}\ s^{-1}$)، أجد:

أ . عمر النصف للبولونيوم ($^{210}_{84}Po$).

ب. النشاطيّة الإشعاعيّة.

جـ. عدد النوى المتبقيّة من البولونيوم ($^{210}_{84}Po$) بعد مرور مدة زمنية مقدارها أربعة أمثال عمر النصف.

أ. عمر النصف للبولونيوم ($^{210}_{84}Po$):

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{5.8 \times 10^{-8}} = 11.9 \times 10^{6} s$$

ب. النشاطية الاشعاعية:

$$A_0 = N_0\,\lambda = 2.8 \times 10^{18} \times 5.8 \times 10^{-8} = 1.6 \times 10^{11}\ Bq$$

ج. عدد النوى المتبقية:

$$\frac{t}{t_{1/2}} = 4$$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\frac{N}{2.8 \times 10^{18}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{4}$$

$$N = 2.8 \times 10^{18} \times \frac{1}{16} = 1.8 \times 10^{17}\ atoms$$

3. عينة من الأمريسيوم ($^{241}_{95}Am$) تحتوي على ($1.25 \times 10^{15}\ atoms$) ونشاطيّتها الإشعاعيّة ($1.70\,\mu Ci$)، أجد ثابت الاضمحلال للأمريسيوم ($^{241}_{95}Am$).

نحول من (μCi) إلى (Bq)، حيث: $1\ \text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$

$$1.70\ \mu\text{Ci} = 1.70 \times 10^{-6} \times 3.7 \times 10^{10} = 6.3 \times 10^{4}\ \text{Bq}$$

ثم نعوض في القانون:

$$A = N\,\lambda$$

$$6.3 \times 10^{4} = 1.25 \times 10^{15}\,\lambda \quad \Rightarrow \quad \lambda = 5.04 \times 10^{-11}\ s^{-1}$$

4. يمثّل الشكل المجاور عينة من الكوبالت ($^{60}_{27}Co$) تُستخدم في المختبرات لدراسة طبيعة إشعاع غاما، بالاستعانة بالمعلومات المثبّتة على الشكل، أجد:

أ . عمر النصف.

ب. النشاطيّة الإشعاعيّة للعينة.

جـ. تاريخ تصنيع العينة.

د . النشاطيّة الإشعاعيّة في (JUL 2019)، أيْ بعد مرور زمن يساوي ضعفي عمر النصف.

أ. من الشكل نجد أن: $t_{1/2} = 5.27\ \text{years}$

ب. من الشكل نجد أن: $A_0 = 1\ \mu\text{Ci}$

ج. من الشكل، نلاحظ أن تاريخ تصنيع العينة هو APR 2009

د. الزمن يساوي ضعفي عمر النصف مما يعني أن النشاطيّة الاشعاعيّة ستقل إلى الربع

$$A = 0.25\ \mu\text{Ci}$$

5. **أستخدم المتغيّرات:** أحسب الطاقة اللازمة لفصل نواة النيكل ($^{60}_{28}Ni$) إلى مكوّناتها، علمًا بأن كتلة نواة النيكل ($^{60}_{28}Ni$) تساوي ($59.91541\ amu$).

$$\Delta m = Z\,m_p + N\,m_n - m_{^{60}_{28}Ni}$$

$$= 28 \times 1.00728 + 32 \times 1.00867 - 59.91541 = 0.56587$$

$$BE_{^{60}_{28}Ni} = \Delta m \times 931.5 = 0.56587 \times 931.5 = 527.1\text{MeV}$$

6. إذا كانت طاقة الربط النووية لنواة ($^{23}_{11}Na$) تساوي (186.66 MeV)، ولنواة ($^{23}_{12}Mg$) تساوي 181.82 MeV،

أ . **أستخدم المتغيرات:** أحسب طاقة الربط النوويّة لكل نيوكليون للنواتين.

ب. **أصدر حكمًا:** أيّ النواتين أكثر استقرارًا؟ أفسّر إجابتي.

$$\frac{BE}{A}(^{23}_{11}Na) = \frac{186.66}{23} = 8.11\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE}{A}(^{23}_{12}Mg) = \frac{181.82}{23} = 7.90\ \text{MeV}$$

ب. **أصدر حكماً:** بما أن طاقة الربط لكل نيوكليون لنواة ($^{23}_{11}Na$) أكبر منها لنواة ($^{23}_{12}Mg$)؛ فإن نواة ($^{23}_{11}Na$) أكثر استقرارًا.

7. أُكمل المعادلات النوويّة الآتية:

$^{239}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{93}Np + \cdots + \cdots$

$^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{7}_{3}Li + \cdots$

$^{242}_{96}Cm + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{245}_{98}Cf + \cdots$

$^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + \ldots.$

$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + \cdots + \cdots$

$^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + \ldots. + \ldots..$

$^{239}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{93}Np + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$

$^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$

$^{242}_{96}Cm + \alpha \rightarrow {}^{245}_{98}Cf + {}^{1}_{0}n$

$^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$

$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$

$^{13}_{7}N \longrightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu$

8. أكمل الجدول الآتي:

نوع الاشعاع / وجه المقارنة	الفا	بيتا ا	غاما
طبيعة الاشعاع	جسيمات (نوى الهيليوم)	جسيمات إلكترونات أو بوزيترونات	فوتونات (أشعة كهرمغناطيسية)
نوع الشحنة	موجبة	سالبة أو موجبة	ليس لها شحنة
الكتلة	كتلة نواة الهيليوم	كتلة الإلكترون	ليس لها كتلة
القدرة على النفاذ	قليلة	متوسطة نسبياً	عالية
القدرة على التأيين	عالية	متوسطة نسبياً	قليلة

9. قذفت نواة $^{9}_{4}Be$ بجُسيم ألفا، وفقًا للتفاعل النووي الآتي:

$$^{4}_{2}He + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$$

فإذا علمت أنّ كتل النوى الداخلة في التفاعل تزيد بمقدار $(0.00612\ amu)$ على كتل الموادّ الناتجة عن التفاعل. واعتمادًا على كتل النوى والجُسيمات في الجدول الآتي أجيب عمّا يأتي:

النواة أو الجُسيم	$^{12}_{6}C$	$^{4}_{2}He$	$^{1}_{1}P$	$^{1}_{0}n$
الكتلة(amu)	11.9967	4.0015	1.0073	1.0087

أ . هل التفاعل النووي منتِج للطاقة أم ماصّ لها؟

ب. أحسب كتلة نواة $(^{9}_{4}Be)$.

جـ. أحسب طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة $(^{12}_{6}C)$، بوحدة (MeV).

أ. بما أن فرق الكتلة موجب فإن التفاعل منتج للطاقة.

ب.

$$\Delta m = m_a + m_X - (m_b + m_Y)$$
$$0.00612 = 4.0015 + m_{^{9}_{4}Be} - (1.0087 + 11.9967)$$
$$m_{^{9}_{4}Be} = 9.01\ amu$$

ج.

$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_{{}^{12}_{6}C}$$
$$= 6 \times 1.0073 + 6 \times 1.0087 - 11.9967 = 0.0993\ amu$$
$$BE = \Delta m \times 931.5 = 0.0992 \times 931.5 = 92.5\ \text{MeV}$$
$$\frac{BE}{A} = \frac{92.39}{12} = 7.71\ \text{MeV}$$

10. **أستخدم المتغيّرات:** في التفاعل النووي الآتي: ${}^{1}_{0}n + {}^{10}_{5}B \rightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$

أحسب الطاقة الناتجة عن التفاعل بوحدة الإلكترون فولت. علمًا أنّ كتل الجُسيمات والنوى مُبيَّنة في الجدول الآتي:

النواة أو الجُسيم	${}^{7}_{3}Li$	${}^{4}_{2}He$	${}^{10}_{5}B$	${}^{1}_{0}n$
الكتلة (amu)	7.0144	4.0015	10.0103	1.0087

$$\Delta m = m_a + m_X - (m_b + m_Y)$$
$$\Delta m = 1.0087 + 10.0103 - (4.0015 + 7.0144) = 0.0031\ amu$$
$$Q = \Delta m \times 931.5 = 0.0031 \times 931.5 = 2.888\ \text{MeV}$$

11. **أقارن** بين تفاعل الاندماج النووي وتفاعل الانشطار النووي من حيث:

أ . مجموع كتل النوى الناتجة من التفاعل مقارنة بمجموع كتل النوى الداخلة فيه.

ب. مجموع طاقة الربط النووية للنوى الناتجة من التفاعل مقارنة بمجموع طاقة الربط النوويّة للنوى الداخلة فيه.

جـ. الفرق في طاقة الربط النوويّة لكل نيوكليون بين النوى الداخلة في التفاعل والنوى الناتجة من التفاعل.

أ: في كلا التفاعلين يكون مجموع كتل النوى الناتجة من التفاعل أقل من مجموع كتل النوى الداخلة في التفاعل

ب . في كل من التفاعلين تكون طاقة الربط النووية للنوى الناتجة أكبر من طاقة الربط النووية للنوى الداخلة في التفاعل.

ج. في كل من التفاعلين التغير في طاقة الربط النووية لكل نيوكليون موجبا

12. **أستخدم المتغيّرات:** إذا كانت طاقة الربط النوويّة لكل نيوكليون لنواة الفوسفور ${}^{30}_{15}P$ تساوي (8.35 MeV)، أجد ما يأتي:

أ . طاقة الربط النوويّة لنواة الفسفور ${}^{30}_{15}P$. ب. كتلة نواة الفسفور ${}^{30}_{15}P$.

أ.
$$BE = \left(\frac{BE}{A}\right) \times A = 8.35 \times 30 = 250.5\ \text{MeV}$$

ب.
$$\Delta m = \frac{BE}{931.5} = 0.2689\ amu$$
$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - M$$
$$0.2689 = 15 \times 1.00728 + 15 \times 1.00867 - M$$
$$M = 29.9703\ amu$$

13. أستخدم المتغيّرات: إذا كان الفرق بين كتلة نواة ومجموع كتل مكوّناتها يساوي (1.64×10^{-28} kg)، أجد طاقة الربط النوويّة للنواة بوحدة جول.

$$BE = \Delta m \times c^2 = 1.64 \times 10^{-28} \times (3 \times 10^8)^2 = 1.48 \times 10^{-11}\ \text{J}$$

14. أحلّل: يمثّل الرسم البياني المبيَّن في الشكل منحنى الاستقرار النوويّ.

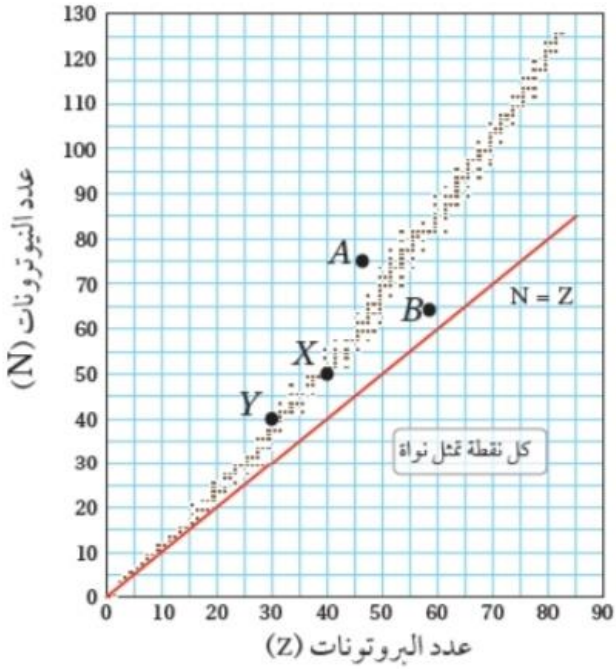
أ . أحسب نصف قطر النواة (X).

ب. أحسب طاقة الربط النووية للنواة (Y)، علما أن كتلتها تساوي($70.0012\ amu$).

جـ. أيُّهما يملك طاقة ربط نوويّة لكل نيوكليون أعلى (X) أم (Y)، ولماذا؟

د . كيف أفسّر أنّ عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات للنواة (X).

هـ. أسمّي من الشكل نواتين مستقرتين ونواتين غير مستقرتين.



أ:

$$r = r_0 \sqrt[3]{A} = 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{90} = 5.4 \times 10^{-15}\ \text{m}$$

ب.

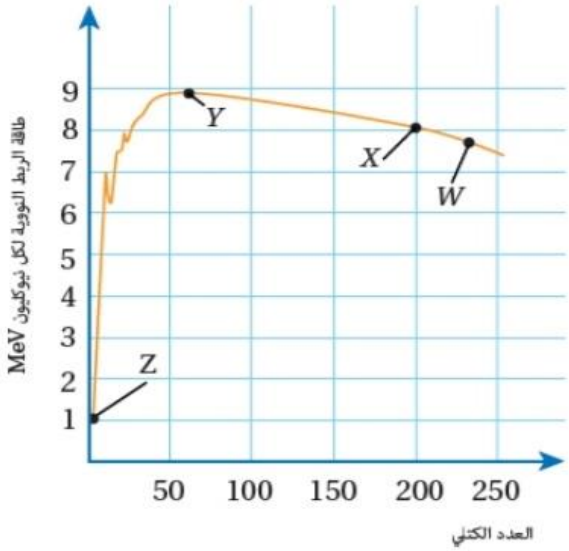
$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_Y = 30 \times 1.00728 + 40 \times 1.00867 - 70.0012$$
$$= 0.5640\ \text{MeV}$$

$$BE_Y = \Delta m \times 931.5 = 0.5640 \times 931.5 = 525.4\ \text{MeV}$$

ج. النواة (Y) تملك طاقة ربط لكل نيوكليون أعلى لأن عددها الكتلي أقرب للعد الكتلي (60).

د. العدد الذري للنواة (X) أكبر من 20، وتكون قوة التنافر الكهربائية كبيرة لهذا العدد الذري. وحتى تصبح القوة النووية (قوة تجاذب) هي السائدة يجب أن يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات.

هـ. (X) و (Y) نواتين مستقرتين، و (A) و(B) نواتين غير مستقرتين.



15. **أحلّل:** يمثّل المنحنى المجاور العلاقة بين طاقة الربط النوويّة لكل نيوكليون والعدد الكتلي لنوى العناصر (Z, Y, X, W).
اعتمادًا على المنحنى، أُجيب عن الأسئلة الآتية:

أ . أيّ هذه العناصر أكثر استقرارًا ؟ ولماذا؟

ب. أيّ هذه العناصر أكثر قابليّة للانشطار، وأيّها أكثر قابليّة للاندماج عند إحداث تفاعل نووي؟

جـ. أحسب طاقة الربط النووية لنواة العنصر (X).

أ. العنصر (Y) هو الأكثر استقراراً لأنه يمتلك أكبر طاقة ربط نووية لكل نيوكليون.

ب. العنصر (W) هو الأكثر قابلية للانشطار والعنصر (Z) هو الأكثر قابلية للاندماج.

ج.

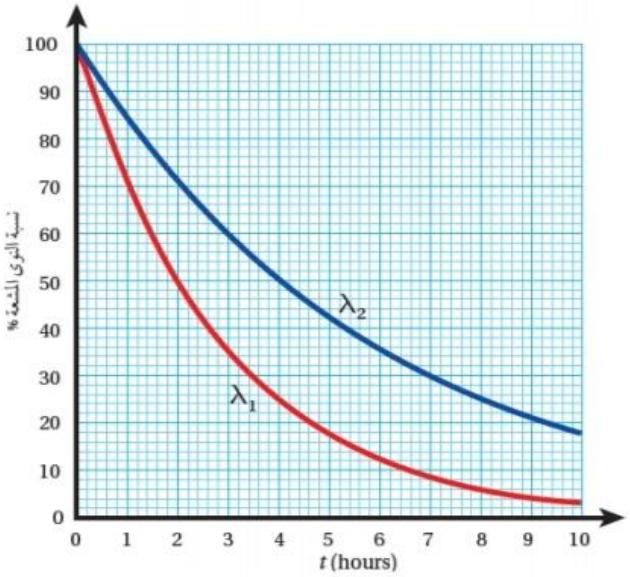
$$BE = \left(\frac{BE}{A}\right) \times A = 8 \times 200 = 1600 \text{ MeV}$$

16. **أحلّل رسمًا بيانيًّا:** يمثّل الشكل رسمًا بيانيًّا يوضّح العلاقة بين النسبة $\frac{N}{N_0} \times 100\%$ مع الزمن لنظيري عـ مشعّين، ثابتُ الاضمحلال لكلٍّ منهما (λ_1, λ_2).

أ . ما عمر النصف لكلٍّ منهما؟

ب. ما نسبة عدد النوى المشعّة المتبقيّة بعد مرور 10 ساعات لكلٍّ من النظيرين؟

جـ. أيّهما أكبر (λ_1) أم (λ_2)؟



أ: من الرسم البياني نجد أن عمر النصف للعنصر (1) يساوي تقريباً (2 hr) أما للعنصر (2) فعمر النصف يساوي تقريباً (4 hr).

ب. للعنصر الأول

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{4}{100} \times 100\% = 4\%$$

للعنصر الثاني

$$\frac{N_2}{N_0} = \frac{18}{100} \times 100\% = 18\%$$

ج. $\lambda_2 < \lambda_1$ حيث يتناسب ثابت الاضمحلال عكسياً مع عمر النصف.

أسئلة تفكير ومهارات عليا

1- أضعُ دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة لكُلّ جملة ممّا يأتي:

1. إذا كان عمر النصف للنظير (X) ضعفي عمر النصف للنظير (Y)، فإنّ ثابت الاضمحلال للنظير (X) يساوي:

أ. ضعفي ثابت الاضمحلال للنظير (Y). ب. ثابت الاضمحلال للنظير (Y).

جـ. ثلاثة أضعاف ثابت الاضمحلال للنظير (Y). د. نصف ثابت الاضمحلال للنظير (Y).

2. إذا مرّ زمن مقداره ضعفا عمر النصف لعينة مشعّة، فإنّ نشاطيّتها الإشعاعية:

أ. تتضاعف أربع مرات. ب. تقلّ للربع.

3. تنشطر نواة اليورانيوم –235 عند قذفها بنيوترون بطيء بأكثر من طريقة مختلفة، فأحيانًا ينتج من انشطارها نيوترونان، وأحيانًا ثلاثة نيوترونات، فأيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بمعدل انشطار ذرات اليورانيوم في قلب المفاعل؟

أ. التفاعل الذي ينتج نيوترونين.

ب. التفاعل الذي ينتج ثلاثة نيوترونات.

جـ. كلاهما يؤدي إلى نفس معدل انشطار اليورانيوم في قلب المفاعل.

د. لا يمكن التحكم بمعدل انشطار اليورانيوم في قلب المفاعل.

4. أي العبارات الآتية صحيحة للنواتين ($^{15}_{7}N$, $^{15}_{8}O$)

أ. لهما نفس طاقة الربط النووية وطاقة التنافر الكهربائي.

ب. طاقة الربط النووية لنواة ($^{15}_{7}N$) أكبر منها لنواة ($^{15}_{8}O$).

جـ. طاقة التنافر الكهربائي وطاقة الربط النووية لنواة ($^{15}_{8}O$) أكبر منها لنواة ($^{15}_{7}N$).

د. طاقة الربط النووية لنواة ($^{15}_{8}O$) أكبر منها لنواة ($^{15}_{7}N$).

5. النيوكليون الموجود على سطح نواة ثقيلة يرتبط مع النواة بطاقة ربط

أ. أكبر من النيوكليون الموجود قرب مركز النواة.

ب. أقل من النيوكليون الموجود قرب مركز النواة.

جـ. مساوية للنيوكليون الموجود قرب مركز النواة.

د. نحتاج لمعلومات إضافية للإجابة.

رقم الفقرة	1	2	3	4	5
رمز الاجابة الصحيحة	د	ب	ب	ب	ب

2- أحسب: تقوم سوسن بدراسة النشاط الإشعاعي لنظير راديوم مشعّ يحتوي (1.5×10^9) نواة مشعّة، باستخدام كاشف للإشعاع لا يقيس إلّا (10%) من الإشعاعات الواصلة إليه، فكانت قراءته 35 اضمحلالًا في الدقيقة الواحدة، أحسب ثابت الاضمحلال للراديوم.

النشاطية الإشعاعية التي يقيسها الجهاز ($A_{measured}$) بوحدة (Bq)

$$A_{measured} = \frac{35}{60} \text{ Bq}$$

أجد النشاطية الإشعاعية التي تصل كاشف الإشعاع من النسبة التي يقيسها الكاشف

$$\frac{A_{measured}}{A} = 10\% \quad \Rightarrow \quad A = \frac{A_{measured}}{0.1} = \frac{35}{6} = 5.83$$

أطبق في العلاقة

$$A = \lambda N$$

$$5.83 = \lambda \times 1.5 \times 10^9$$

$$\lambda = 3.88 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

3- تتضمن إحدى تفاعلات الاندماج نواة الديتيريوم (^2_1H) مع نواة التريتيوم (^3_1H) لتكوين نواة الهيليوم (^4_2He) حسب التفاعل النووي الآتي.

$$^3_1H + {}^3_1He \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$$

اعتماداً على المعلومات المثبتة في الجدول الآتي أجيب عمّا يأتي:

النواة	^3_1H	^2_1H	^4_2He
طاقة الربط النووية لكل نيوكليون $\frac{BE}{A}$ (MeV/nucleon)	2.83	1.11	7.07

أ. أحسب طاقة الربط النووية لكل نواة في الجدول.

ب. أجد الفرق بين طاقة الربط النووية للهيليوم ومجموع طاقتي الربط النووية للتريتيوم والديتيريوم.

جـ. ما مصدر فرق الطاقة المحسوب في الفرع السابق؟

3. أ.

النواة	${}_1^3H$	${}_1^2H$	${}_2^4He$
طاقة الربط النووية $BE = \frac{BE}{A} \times A$	2.83	1.11	7.07

ب. $\Delta BE = \quad 4 \times 7.07 - (2 \times 1.11 + 3 \times 2.83) =$

18.57 MeV

ج. تحول جزء من كتلة المواد الداخلة في التفاعل إلى طاقة.

4- ثلاث نوى لعناصر مختلفة تتساوى في عددها الكتلي $({}_{46}^{106}Pd$, ${}_{47}^{106}Ag$, ${}_{45}^{106}Rh)$، حيث نواة البلاديوم $({}_{46}^{106}Pd)$ مستقرة بينما نواة الفضة $({}_{47}^{106}Ag)$ و نواة الروديوم $({}_{45}^{106}Rh)$ من باعثات بيتا. أجيب عما يأتي:

أ. أي النوى الثلاث لها أكبر طاقة ربط لكل نيوكليون؟

ب. أجد نسبة الاستقرار $\frac{N}{Z}$ للعدد الكتلي (106).

جـ. أي النواتين غير المستقرتين تشع بيتا الموجبة؟ وأيها تشع بيتا السالبة؟

د. أكتب معادلة اضمحلال كل من النواتين المشعتين.

أ. نواة $({}_{46}^{106}Pd)$ لها أكبر طاقة ربط لكل نيوكليون لأنها المستقرة.

ب.

النواة	Z	N	$\frac{N}{Z}$
${}_{47}^{106}Ag$	47	59	1.255
${}_{46}^{106}Pd$	46	60	1.304
${}_{45}^{106}Rh$	45	61	1.356

بما أن نواة $({}_{46}^{106}Pd)$ هي المستقرة فنسبة الاستقرار $(\frac{N}{Z})$ للعدد الكتلي (106) تساوي (1.304).

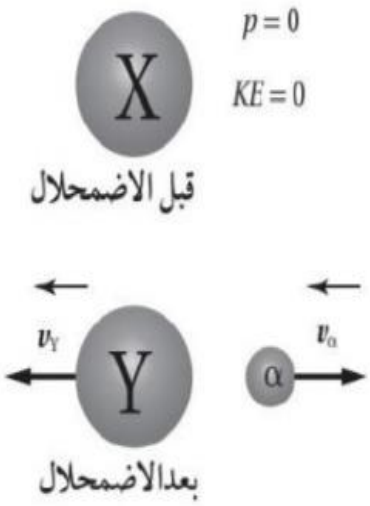
ج. بما أن نسبة $(\frac{N}{Z})$ للنواة $({}_{47}^{106}Ag)$ أقل من نسبة الاستقرار فهذا يعني أنها تمتلك فائضاً من البروتونات لذلك تشع بيتا الموجبة. أما النواة $({}_{45}^{106}Rh)$ فنسبة $(\frac{N}{Z})$ أكبر من نسبة الاستقرار، وهذا يعني أنها تمتلك فائضاً من النيوترونات لذلك تشع بيتا السالبة.

د.

$${}_{47}^{106}Ag \rightarrow {}_{46}^{106}Pd + {}_{1}^{0}e + \nu$$

$${}_{45}^{106}Rh \rightarrow {}_{46}^{106}Pd + {}_{-1}^{0}e + \bar{\nu}$$

5- يوضح الشكل المجاور اضمحلال الفا للنواة (X) التي عددها الكتلي (232)، وعلى افتراض أن النواة (X) كانت ساكنة قبل الاضمحلال أجيب عما يأتي:



أ. **استخدم المتغيرات**: أكتب معادلة حفظ الزخم الخطي لهذا النظام على افتراض أنه مغلق.

ب. **أتوقع**: إذا كانت الطاقة المتحررة من التفاعل تتوزع على جسيم الفا وعلى النواة (Y) كطاقة حركية، فأيهما يمتلك طاقة حركية أكبر؟ أفسّر إجابتي.

أ. أستخدم المتغيرات: معادلة حفظ الزخم الخطي:

$$p_X = p_Y + p_\alpha$$

$$0 = -m_Y v_Y + m_\alpha v_\alpha$$

ب. أتوقع: سيمتلك جسيم ألفا طاقة حركية أكبر من النواة (Y)، حيث:

$$0 = -m_Y v_Y + m_\alpha v_\alpha$$

$$v_\alpha = \frac{m_Y}{m_\alpha} v_Y$$

$$KE_\alpha = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 = \frac{1}{2} m_\alpha \left(\frac{m_Y}{m_\alpha} v_Y\right)^2 = \frac{m_Y}{m_\alpha} \times \frac{1}{2} m_Y v_Y^2$$

$$= \frac{m_Y}{m_\alpha} KE_Y = \frac{228}{4} KE_Y = 57\, KE_Y$$

المميز في الفيزياء

الفصل الدراسي الثاني للتوجيهي العلمي والصناعي

إعداد المعلم: عبد الفتاح أبو الحاج

تابعنا على:

قناة المميز ALMOMAIZ على اليوتيوب

وصفحة المميز ALMOMAIZ على الفيس بوك

للتواصل على رقم (0780199072)

ALmomaiz educational channel
ALMOMAIZ
ALMOMAIZ
ABEDALFATTAHABUALHAJ
Tc-Abedalfattah Abualhaj
0780199072

ALmomaiz educational channel
ALMOMAIZ
ALMOMAIZ
ABEDALFATTAHABUALHAJ
Tc-Abedalfattah Abualhaj
0780199072