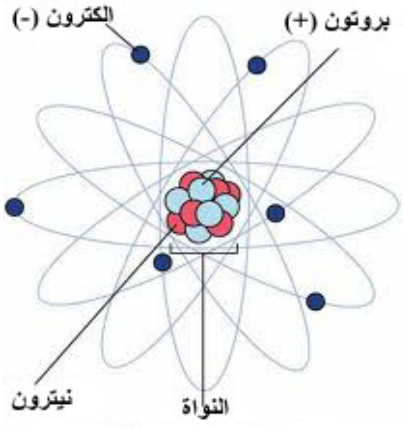
تركيب النواة وخصائصها

بنية النواة :

* تتكون النواة من نوعين من الجسيمات هي : البروتونات وهي العدد الذري ورمزها (Z) والنيوترونات يرمز لعددها بالرمز (N) ويطلق على البروتونات والنيوترونات معاً اسم (نيوكليونات) ويرمز لعدد النيوكليونات بالرمز (A) ويسمى العدد الكتلي ، حيث :



$(N+Z=A)$ أي يكون عدد النيوكليونات = العدد الكتلي (A) .

يمثل العنصر على النحو التالي : ${}^{A}_{Z}X$ حيث أن ($N = A - Z$)

الذرة المتعادلة : هي الذرة التي يكون فيها عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات .

النظائر : هي ذرات للعنصر نفسه تتساوى في العدد الذري (Z) وتختلف في العدد الكتلي (A) عدد النيوكليونات (بسبب اختلاف عدد النيوترونات) .

سؤال (علل) : تتشابه النظائر في الخصائص الكيميائية ؟

جواب : لأن المسؤول عن الخصائص الكيميائية هو عدد البروتونات (العدد الذري) والنظائر لها نفس العدد الذري .

مثال توضيحي : للكربون نظائر أربعة (${}^{11}_{6}C$ ، ${}^{12}_{6}C$ ، ${}^{13}_{6}C$ ، ${}^{14}_{6}C$) حيث تتفاوت النظائر في نسبة وجودها في الطبيعة (مثلاً ${}^{12}_{6}C$) أكثر وجوداً في الطبيعة كما أن بعضها ينتج صناعياً .

* للهيدروجين أيضاً نظائر وهي الهيدروجين ${}^{1}_{1}H$ ويسمى البروتون ، والهيدروجين ${}^{2}_{1}H$ ويسمى الديتريوم والهيدروجين ${}^{3}_{1}H$ ويسمى التريتيوم .

* تقاس كتلة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة كتله ذرية يرمز لها (amu) وهي مناسبة أكثر من وحدة القياس (kg) وتعادل ($\frac{1}{12}$) من كتلة نظير الكربون (${}^{12}_{6}C$) .

حيث $$amu = \frac{KG}{1.660539 \times 10^{-27}}$$

ملاحظة : للتحويل من (kg) إلى (amu) نقسم على 1.660539×10^{-27}

من (amu) إلى (kg) نضرب بـ 1.660539×10^{-27}

* تقاس طاقة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة الكترون فولت يرمز لها (ev) وهي مناسبة اكثر من وحدة القياس (جول) حيث $$(e.v) = \frac{J}{1.6 \times 10^{-19}}$$

T.Saed Assaf

كثافة النواة :

* إن النواة كرة صغيرة ، وقد دلت التجارب بعد ذلك على أن معظم النوى كروية الشكل تقريباً . وأن **نصف قطر النواة** يعطي بالعلاقة التقريبية التالية :

$$r = r_o A^{1/3} \Rightarrow \boxed{r = r_o \sqrt[3]{A}}$$

حيث (r_o) ثابت ويساوي تقريباً $(r_o = 1.2 \times 10^{-15}\ m)$

*** حجم النواة (V) يعتمد فقط على عددها الكتلي (A) حيث :**

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \Rightarrow \boxed{V = \frac{4}{3}\pi r_o^3 A}$$

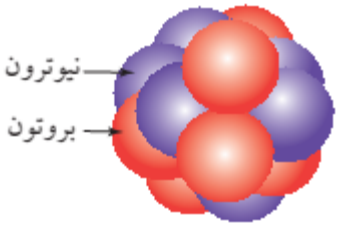
*** يمكن حساب كتلة النواة بدلالة كتلة النيوكليون من العلاقة (عدد النيوكليونات × كتلة النيوكليون) أي**

$$\boxed{m = m_{nuc} \times A}$$

حيث m_{num} : متوسط كتلة النيوكليون الواحد وتساوي تقريباً $(1.66 \times 10^{-27}\ kg)$

مثال (1) : احسب نصف قطر نواة الليثيوم ($^{8}_{3}Li$) ، وكتلة نواتها .

الحل :



مثال (2) : يمثل الشكل نواة عنصر الكربون حيث تحتوي على (6 بروتونات ، 6 نيوترونات) باستخدام الشكل جد : العدد الذري ، الشحنة الكلية للنواة ، العدد الكتلي ، عدد النيوكليونات .

الحل :

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

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

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

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

Saed Assaf

مثال (3) : اشتق علاقة تعطي كثافة نواة العنصر .

الحل :

لاحظ أن : كثافة المادة النووية متساوية في النوى جميعها وهي تساوي تقريباً ($2.3 \times 10^{17}\ kg/m^3$) وهي كثافة كبيرة جداً ولا تتغير من عنصر لآخر لأن مكونات النواة هي نفسها للعناصر جميعها وليس لها علاقة بالعدد الكتلي أو بنصف قطر النواة لأن زيادة العدد الكتلي يرافقه زيادة في كتلة وحجم النواة فتبقى الكثافة ثابتة .

مثال (4) : أجد لكل النوى الآتية العدد الذري والعدد الكتلي ، عدد النيوكليونات ، وأضعها في جدول .

($^{16}_{8}O$ ، $^{17}_{8}O$ ، $^{206}_{82}U$ ، $^{208}_{82}U$)

الحل :

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 (5) : أجد كتلة البروتون بوحدة الكتل الذرية .

الحل :

$$m_p = 1.672622 \times 10^{-27}\ \text{kg} \times \frac{1\ amu}{1.660539 \times 10^{-27}\ \text{kg}} = 1.007276\ amu$$

مثال (6) : أجد نسبة نصف قطر النواة ($^{A}_{Z1}X$) إلى نصف قطر النواة ($^{8A}_{Z2}Y$).

الحل :

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

نطاق الإستقرار

العوامل المسؤولة عن استقرار النواة هي :

1) القوة النووية : للقوة النووية كما دور مهم في استقرار النواة . إذ تصنف النوى إلى مستقرة وغير مستقرة حيث النواة غير المستقرة نواة مشعه ، والنواة المستقرة نواة غير مشعه .

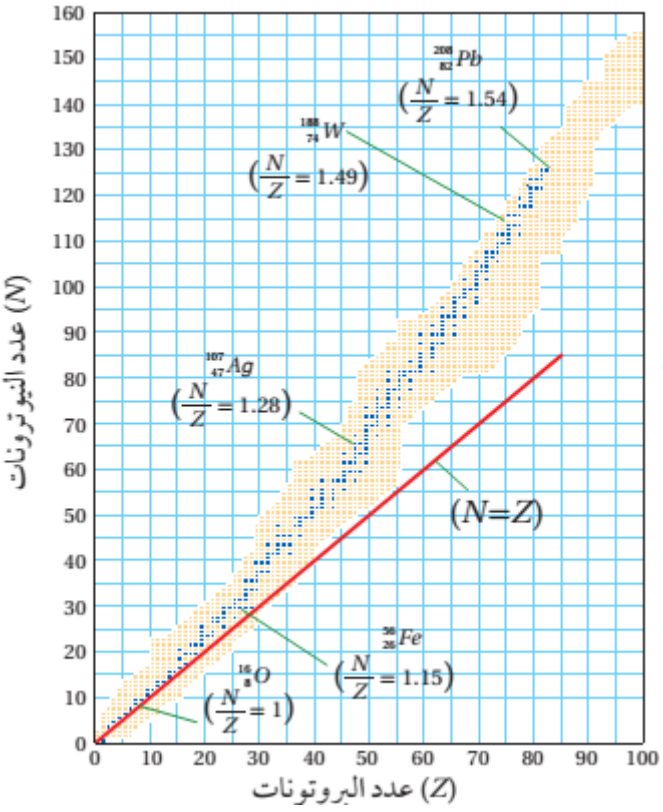
2) النيوترونات : يشكل عدد النيوترونات عاملاً مهماً في استقرار النواة ، لأن النيوترونات متعادلة كهربائياً فتتأثر بالقوة النووية فقط ، فوجود عدد مناسب منها يجعل القوة النووية تسود على القوة الكهربائية .

سؤال : وضح المقصود بالقوة النووية ؟ ثم اذكر خصائصها ؟

جواب : هي قوة تجاذب ذات مدى قصير جداً تربط بين النيوكليونات المتجاورة في النواة . وتمتاز بأنها :

1) كبيرة المقدار وهي الأقوى في الطبيعة .
2) لها دور مهم في استقرار النوى وتماسكها .
3) قوة تجاذب لاتعتمد على نوعية (ماهية) النيوكلونين المتجاذبين . { تنشى بين N&P ، N&N ، P&P } .
4) ذات مدى قصير : حيث تنشى بين النيوكليونات المتجاورة عندما تكون المسافة بين النيوكليونين تقريباً (3 fermi) حيث ($1\ \text{fermi} = 1 \times 10^{-15}\ \text{m}$) ، وتنعدم القوة النووية إذا زاد البعد بين النيوكليونين عن هذا المقدار .

يمثل الشكل منحنى الاستقرار لنوى العناصر والذي يوضح العلاقة بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات لنوى العناصر والشكل يفسر استقرار وعدم استقرار النوى كما يلي :



أ) بالنسبة للنوى المستقرة الخفيفة ($Z \geq 20$) :

1) حزمه خفيفة تقع على الخط المستقيم حيث
عدد (Z) = عدد (N)

مثل ($^{14}_{7}N$) حيث النسبة هنا حيث النسبة هنا $\frac{N}{Z} = 1$

2) تتجمع فوق الخط المستقيم بقليل حيث (عدد N > عدد Z) وذلك للحافظ على استقرار النواة مثل ($^{23}_{11}Na$) .

ب) بالنسبة للنوى المستقرة المتوسطة ($20 < Z < 83$) :

تقع ضمن نطاق الإستقرار فوق الخط (N=Z) يكون عدد البروتونات هنا كبيرة مما يؤدي إلى زيادة قوة التنافر الكهربائية بينها إلا أن عدد النيوترونات هنا يفوق عدد البروتونات لذلك تبقى قوى التجاذب النووية سائدة على قوة التنافر الكهربائية .
مثل نواة الزركينيوم ($^{90}_{40}Zr$) .

لكن النوى التي عددها الذري (83) أو يزيد عليه ($Z \geq 83$) فإنها غير مستقرة بسبب تعاظم قوى التنافر الكهربائية بين بروتونات النواة ، وعندئذ لا تستطيع القوى النووية أن تتغلب على قوى التنافر الكهربائية مهما بلغ عدد النيوترونات .

طاقة الربط النووية

* بين أينشتين في نظريته النسبية أنه يمكن تحويل المادة (الكتلة) إلى طاقة حسب المعادلة :

$$E = mc^2$$

حيث : E : الطاقة الناتجة من التحويل (J) ، m : كتلة المادة (kg)
c : سرعة الضوء في الفراغ وهي مقدار ثابت .

وتسمى هذه المعادلة بـ (معادلة تكافؤ الكتلة – الطاقة)

مثال (1) : احسب الطاقة الناتجة من تحول (1 kg) إلى طاقة بوحدة (J) ، ثم بوحدة (e.v) .

الحل :

$$E = mc^2 = 1 \times 9 \times 10^{16} = 9 \times 10^{16}\ J$$

$$E_{ev} = \frac{E_J}{e} = \frac{9 \times 10^{16}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.625 \times 10^{35}\ ev$$

مثال (2) : احسب الطاقة الناتجة من تحول (1 amu) إلى طاقة بوحدة (J) ، ثم بوحدة (e.v) .

الحل :

$$E = mc^2 = 1.660539 \times 10^{-27} \times 9 \times 10^{16} = 14.95 \times 10^{-11}\ J$$

$$E_{ev} = \frac{E_J}{e} = \frac{14.95 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}} = 931.5\ MeV$$

لاحظ أن : (1 amu) ينتج تقريباً (931.5 MeV) .

من الآن ($E = mc^2$ (J)) عند أعطاء الكتلة (الوقود النووي) بوحدة (kg or g) .

($E = m \times 931.5$ (MeV)) عند اعطاء الكتلة (الوقود النووي بوحدة (amu)) .

مثال (3) : احسب الطاقة النووية المتولدة في تفاعل نووي نقصت كتلة الوقود النووي فيه :

1) 0.4 g 2) 0.4 amu

الحل :

$$1)\ E = mc^2 = 0.4 \times 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} = 3.6 \times 10^{13}\ J$$

$$2)\ E = m \times 931.5 = 0.4 \times 931.5 = 372.6\ MeV$$

T.Saed Assaf

سؤال : وضح المقصود بطاقة الربط النووية ؟ ثم فسر منشأ هذه الطاقة ؟

جواب : هي مقدار الفرق في الكتلة بين مكونات النواة والنواة نفسها ($\Delta m = Zm_p + Nm_n - M$) أو هي مقدار الطاقة التي يجب أن تزود بها النواة لفصل مكوناتها .

حيث (M : كتلة النواة ، m_p : كتلة البروتون ، m_n : كتلة النيوترون)

منشأ طاقة الربط النووي

وجد أن مجموع كتل مكونات النواة تكون دائماً أكبر من كتلة النواة وهذا الفرق يتحول إلى طاقة حسب معادلة أينشتين تسمى طاقة الربط النووية .

*** ويمكن حساب طاقة الربط النووية (BE) بوحدة (MeV) من العلاقة :**

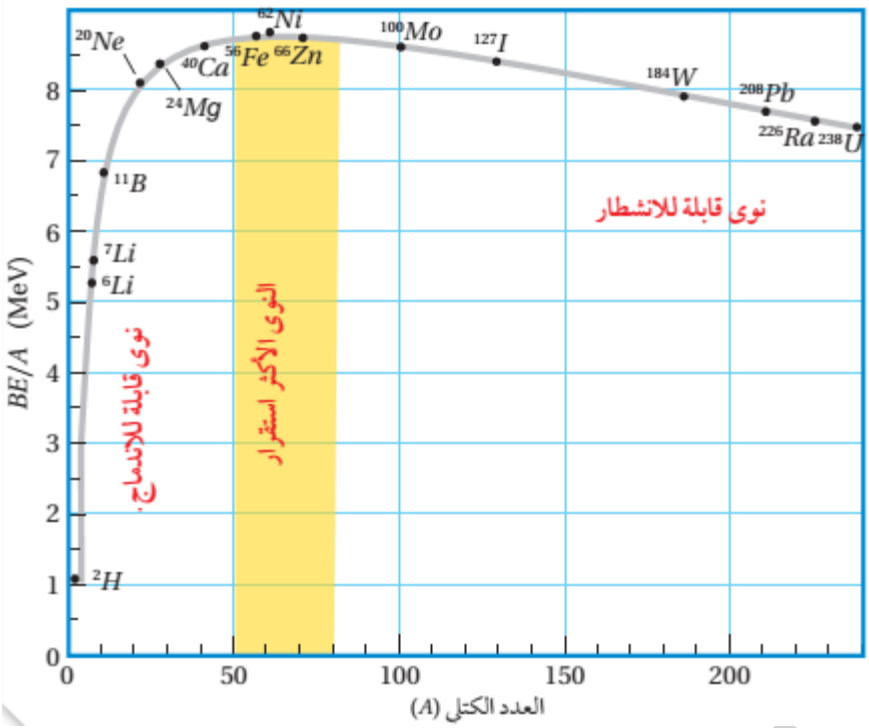
$$BE = \Delta m \times 931.5 = (Zm_p + Nm_n - M) \times 931.5$$

*** وهذه الطاقة تتوزع على النيوكليونات ويمكن حساب متوسط الطاقة التي حصل عليها كل نيوكليون بقسمة طاقة الربط النووية للنواة (BE) على عدد النيوكليونات التي تحتويها (A) ، حيث يكون :**

$$\text{طاقة الربط النووية لكل نيوكلون} = \frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{عدد النيوكليونات}} = \frac{BE}{A}$$

*** وتعد طاقة الربط النووية لكل نيوكلون مؤشراً على استقرار النواة ، فكلما زادت طاقة الربط النووية لكل نيوكليون للنواة زاد استقرار النواة .**

T.Saed Assaf



يوضح الشكل العلاقة بين (BE/A) و (A) حيث نلاحظ من المنحنى :

أ) (النوى المتوسطة) العدد الكتلي لها بين ($50 \geq A \geq 80$) :

هي العناصر التي لها اكبر استقرار لأن لها أعلى (BE/A) عند نواة النيكل ($^{62}N_i$) يليها نواة الحديد ($^{56}F_e$) .

ب) (النوى الثقيلة) العدد الكتلي لها أكبر من 80 ($A > 80$) :

وهي عناصر قليلة الاستقرار لأن (BE/A) لها قليل حيث النوى الثقيلة لديها قابلية إلى الانشطار (اذا توافرت ظروف مناسبة) ينتج عنه نوى ذات طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر ، مع تحرر قدر من الطاقة .

جـ) (النوى الخفيفة) العدد الكتلي لها اقل من 50 ($A < 50$) :

هي عناصر قليلة الاستقرار لأن (BE/A) لها قليل حيث النوى لديها قابلية إلى الاندماج عند (تهيئة ظروف مناسبة) لتكوين نواة أثقل ذات طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر ، مع تحرر قدر من الطاقة .

* ملاحظة : إن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون تتغير بمقدار قليل مع زيادة العدد الكتلي للنوى التي عددها الكتلي ($A > 50$) . ويعزى ذلك لـ صغر مدى القوة النووية القوية ، بمعنى أن النيوكليون داخل النواة يتجاذب مع النيوكليونات المحيطة به فقط ، ولا يتأثر ببقية النيوكليونات وهذا ما يعرف بـ إشباع القوة النووية القوية .

سؤال : أيهما أكبر القوة النووية المؤثرة في نيوكليون موجود على سطح النواة أم المؤثرة في نيوكليون موجود داخل النواة ؟

جواب : النيوكليونات 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.

T.Saed Assaf

مثال (1) : أحسب طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة ذرة الحديد ($^{56}_{26}Fe$) ، علماً أن كتلة نواة الحديد تساوي ($M = 55.9206$ amu) ، وكتلة البروتون تساوي ($m_p = 1.00727$ amu) ، وكتلة النيوترون تساوي ($m_n = 1.00866$ amu) .

الحل :

$$BE = (Zm_p + Nm_n - M) \times 931.5$$
$$= (26 \times 1.00727 + 30 \times 1.00866 - 55.9206) \times 931.5$$
$$= 492 \text{ MeV}$$
$$BE/A = \frac{492}{56} = 8.79 \text{ MeV/nucleon}$$

مثال (2) : الجدول المجاور يبين طاقة الربط لثلاثة أنوية ، اعتماداً على بياناته جد ما يلي :

النواة	$_2X^4$	$_3Y^6$	$_4Z^9$
طاقة الربط بوحدة Mev	28	33	58.5

1) أي الأنوية أكثر استقراراً ؟ ولماذا ؟
2) احسب كتلة نواة (^4_2X) .
(اعتبر $m_p = 1.0073$ amu , $m_n = 1.0087$ amu)

الحل :

1) نواة (^4_2X) ، لأن طاقة الربط للنيوكليون الواحد كبيرة .

2) $$M = Zm_p + Nm_n - \Delta m = 2 \times 1.0073 + 2 \times 1.008 - \frac{28}{931.5} = 4.002 \text{ amu}$$

مثال (3) : لنواة الالمنيوم ($^{27}_{13}AL$) اجب عما يلي علماً أن :
1) احسب نصف قطر نواة الالمنيوم .
2) ما عدد مكونات النواة (Z،N) .
3) احسب كتلة النواة .
4) احسب طاقة الربط النووية لهذه النواة (أو الطاقة اللازمة لفصل مكونات النواة) ، بوحدة (MeV) .
علماً أن ($m_p = 1.008$ amu ، $m_n = 1.009$ amu ، $r_\circ = 1.2 \times 10^{-15}$ m ، $m_{nuc} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg ، $M_{AL} = 26.981$ amu)

الحل :

1) $r = r_\circ \times \sqrt[3]{A} = 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{27} = 3.6 \times 10^{-15}$ m

2) $Z = 13$, $N = 27 - 13 = 14$

3) $m = m_{nuc} \times A = 1.66 \times 10^{-27} \times 27 = 44.82 \times 10^{-27}$ kg

4) $BE = (Zm_p + Nm_n - M) \times 931.5$
$= (13 \times 1.008 + 14 \times 1.009 - 26.981) \times 931.5$
$= 231.9435$ MeV

T.Saed Assaf

مثال (4) : احسب طاقة الربط النووية لكل نيوكلون لذرة ($^{8}_{3}Li$) : (علماً أن $M_{Li} = 8.0023$ amu)

الحل :

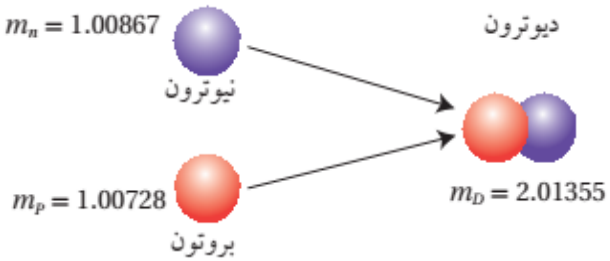
مثال (5) : إذا كانت طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة ($^{20}_{10}Ne$) هي (8 MeV) جد كتلة النواة .
اعتبر($m_p = 1.0073$ amu , $m_n = 1.0087$ amu)

الحل :

$$BE = 8 \times 20 = 160 \text{ MeV}$$

$$M = Zm_p + Nm_n - \Delta m = 10 \times 1.0073 + 10 \times 1.0087 - \frac{160}{931.5} = 19.99 \text{ amu}$$

مثال (6) : تسمى نواة الديتيريوم بالديوترون ($^{2}_{1}H = D$) ، وتتكون من بروتون ونيوترون على نحو ما هو موضح بالشكل احسب فرق الكتلة بين كتلة الديوترون ومجموع كتلتي البروتون والنيوترون ، ثم أحسب الطاقة المكافئة لها .



الحل :

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

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

مثال (7) : إذا كانت طاقة الربط النووية لنواة ($^{23}_{11}Na$) تساوي (186.66 MeV) ، ولنواة ($^{23}_{12}Mg$) تساوي (181.82 MeV) احسب :
1) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون من النواتين . 2) أي النواتين أكثر استقراراً .

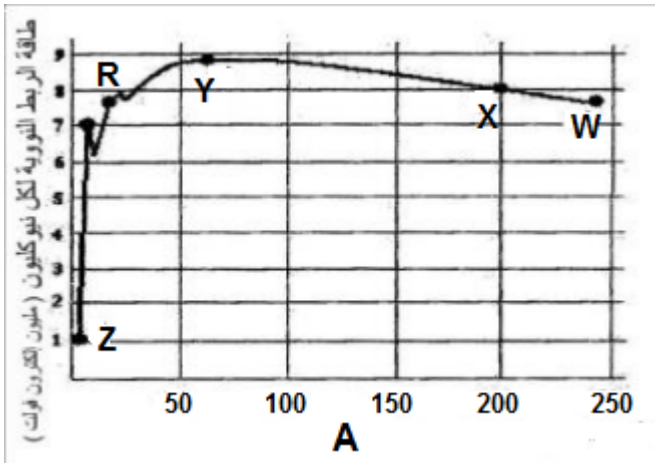
الحل :

$$1)\ (\frac{B}{A})\ Na = \frac{186.66}{23} = 8.11 \text{ MeV/nucleon}$$

$$(\frac{B}{A})\ Mg = \frac{181.82}{23} = 7.9 \text{ MeV/nucleon}$$

2) نواة الصوديوم أكثر استقراراً لأن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون أكبر

مثال (8) : يمثل الشكل المجاور العلاقة بين طاقة الربط النووية لكل نيوكليون والعدد الكتلي لمجموعة من العناصر (R،X،W،Y،Z) اعتمادا على المنحنى . أجب عما يلي :



1) أي هذه العناصر أكثر استقرار ؟ ولماذا ؟
2) قارن بين العنصريين (X،W) أيهما أكثر استقرار ؟
3) قارن بين العنصريين (Z،R) أيهما أكثر استقرارا ؟
4) أي هذه العناصر أكثر قابلية للانشطار ؟
5) أي هذه العناصر أكثر قابلية للاندماج ؟
6) أحسب طاقة الربط لنواة العنصر (X) .

الحل :

1) Y ، لها أعلى طاقة ربط نووية/نيوكليون .
2) X
3) R
4) W
5) Z
6) $BE = 200 \times 8 = 1600\ MeV$

مثال (9) : أجد طاقة الربط النووية وطاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة كل من (الرصاص $^{206}_{82}pb$ والليثيوم $^{7}_{3}Li$) علماً أن كتل النوى مرفقة في الجدول الآتي :

الجسيم أو النواة	m_p	m_n	m_{Li}	m_{Pb}
الكتلة (amu)	1.00728	1.00867	7.01436	205.92945

الحل :

$$BE(Pb) = (Z\,m_p + N\,m_n - M) \times 931.5$$
$$= (82 \times 1.00728 + 124 \times 1.00867 - 205.92945) \times 931.5$$
$$= 1.7426 \times 931.5 = 1623\ MeV$$
$$\frac{BE(Pb)}{A} = \frac{1623}{206} = 7.878\ MeV$$
$$BE(Li) = (Z\,m_p + N\,m_n - M) \times 931.5$$
$$= (3 \times 1.00728 + 4 \times 1.00867 - 7.01436) \times 931.5$$
$$= 0.04216 \times 931.5 = 39.27\ MeV$$
$$\frac{BE(Li)}{A} = \frac{39.27}{7} = 5.61\ MeV$$

مثال (10) : إذا كان فرق الكتلة بين كتلة نواة ($^{208}_{82}pb$) وكتلة مكوناتها يساوي (2.90×10^{-27} kg) ، أحسب طاقة الربط النووية للنواة بوحدة (MeV) .

الحل :

بوحدة الجول

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

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

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

علل : 1) كتلة النواة أقل من مجموع كتل مكوناتها ؟

2) استقرار النواة بالرغم من احتوائها بروتونات متماثلة الشحنة ؟

جواب :

1) لأن فرق الكتلة يتحول إلى طاقة حسب معادلة آينشتين تسمى طاقة الربط النووية .

2) قوى الربط النووية التي تربط مكونات النواة لا تعتمد على الشحنة وهي أكبر من قوى التنافر الكهربائي بين البروتونات .

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح المقصود بما يأتي: العدد الذري، العدد الكتلي، النيوكليون، طاقة الربط النووية، نطاق الاستقرار.
2. **أستخدم المتغيّرات:** 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).
   جـ. كثافة النواة (X) إلى كثافة النواة (Y).
3. أجد للنواة $\left({}^{7}_{3}Li\right)$، عدد البروتونات وعدد النيوترونات وعدد النيوكليونات.
4. **أناقش:** للنيوترون دور مهمّ في استقرار النواة، أناقش صحّة هذه العبارة.
5. **أتوقّع** أيّ النوى الآتية مستقر، وأيّها غير مستقر، مع بيان السبب:
   ${}^{24}_{12}Mg$, ${}^{238}_{92}U$
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

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

8. **التفكير الناقد:** يُلاحظ 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.

إجابة مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسية:**

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 $(Z\text{-}N)$

2. **أستخدم المتغيرات:**

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):

$$\frac{\rho_X}{\rho_Y} = 1$$

لأن كثافة النواة ثابتة (تقريبا) لا تعتمد على العدد الكتلي.

3. للنواة $\left({}^{7}_{3}Li\right)$،

عدد البروتونات = 3

عدد النيوكليونات = 7

عدد النيوترونات 4=3−7

4. **أناقش:**

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.

5. أتوقع:

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

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

6. أحسب:

$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_{^{62}_{28}Ni}$$
$$= 28 \times 1.00728 + 34 \times 1.00867 - 61.91297 = 0.58565\ amu$$

$$BE_{^{62}_{28}Ni} = \Delta m \times 931.5 = 0.58565 \times 931.5 = 545.5\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE_{^{62}_{28}Ni}}{A} = \frac{545.5}{62} = 8.799\ \text{MeV}$$

لنواة $(^{56}_{26}Fe)$:

$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_{^{56}_{26}Fe}$$
$$= 26 \times 1.00728 + 30 \times 1.00867 - 55.92066 = 0.52872\ amu$$

$$BE_{^{56}_{26}Fe} = \Delta m \times 931.5 = 0.52872 \times 931.5 = 492.5\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE_{^{56}_{26}Fe}}{A} = \frac{492.50}{56} = 8.795\ \text{MeV}$$

7. أستنتج:

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.

8. التفكير الناقد:

بما أن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لا تتغير كثيراً، فهذا يعني أن إضافة نيوكليونات جديدة للنواة لا يؤثر كثيراً في طاقة الربط النووية لكل نيوكليون، 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/ الأشعاع النووي

الإضمحلال الإشعاعي

الإضمحلال الإشعاعي : وهو التحول التلقائي لنواة غير المستقرة إلى نواة أكثر استقراراً عن طريق انبعاث جسيمات مثل جسيم ألفا أو جسيم بيتا وغالباً ما يصاحب ذلك انبعاث أشعة غاما .

* تتحول النواة الغير مستقرة إلى نواة أكثر استقراراً ذات كتلة أقل وطاقة ربط نووية للنيوكليون أكبر .

***وتخضع هذه الاضمحلالات إلى مبادئ حفظ وهي :**

1) حفظ العدد الذري
2) حفظ العدد الكتلي

اضمحلال ألفا (α)

جسيمات ألفا : هي جسيمات موجبة الشحنة كتلتها أربعة أضعاف كتلة البروتون تقريباً وشحنتها ضعفا شحنة البروتون يتكون الواحد منها من بروتونين ونيوترونين فهي تماثل نوى الهليوم ($^{4}_{2}\alpha$ ، $^{4}_{2}He$) .

* جسيمات ألفا تنبعث في الغالب من النوى الثقيلة ($Z > 82$) غير المستقرة ، وينتج نواة جديدة تختلف في عددها الذري وعددها الكتلي عن النواة الأم .

سؤال (علل) : تمتاز دقائق ألفا بقدرتها العالية على تأيين ذرات المادة التي تصطدم بها .
جواب : 1) كبر كتلتها . 2) كبر شحنتها .

سؤال (علل) : قدرة دقائق ألفا على الاختراق ضعيفة .
جواب : بسبب الاحتمال الكبير لتصادمها مع ذرات المادة (تأيين) ، تفقد معظم طاقتها الحركية .

يمكن التعبير عن اضمحلال ألفا بالمعادلة :

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

ملاحظات : اضمحلال ألفا في النواة الأصلية يعمل على أ) انقاص العدد الذري Z بمقدار 2 .

ب) انقاص العدد الكتلي A بمقدار 4 .

من المعادلات على إضمحلال ألفا

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

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

اضمحلال بيتا (β)

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

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

* إن انبعاث جسيم بيتا السالبة من النواة يعمل على زيادة العدد الذري بمقدار واحد (Z+1) دون تغيير في العدد الكتلي (A) مقارنة بالنواة الأم . والرمز ($\overline{\nu}$) يمثل جسيماً يسمى ضديد النيوترينو ، وهو جسيم متعادل الشحنة ، وكتلته متناهية في الصغر .
* وينتج جسيم بيتا السالبة من تحلل أحد نيوترونات النواة (نواة الكربون ($^{14}_{6}C$)) وتحوله إلى بروتون ، وجسيم بيتا السالبة وضديد النيوترينو ($\overline{\nu}$) على نحو المعادلة الآتية :

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}P + {}_{-1}^{0}e + \overline{\nu}$$

* إن النوى التي تقع أسفل نطاق الإستقرار تمتلك فائضاً من البروتونات ، ولكي تصل إلى حالة الإستقرار يتطلب ذلك تقليل عدد البروتونات وزيادة عدد النيوترونات ، ويتحقق ذلك بإشعاع جسيم بيتا الموجبة (β^+) ، وهو عبارة عن بوزيترون ($_{+1}e^{0}$) . ومثال على ذلك التفاعل التالي :

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

* إن انبعاث جسيم بيتا الموجبة من النواة يعمل على نقص العدد الذري بمقدار واحد (Z - 1) دون تغيير في العدد الكتلي (A) مقارنة بالنواة الأم . والرمز (ν) يمثل جسيماً يسمى النيوترينو ، وهو جسيم متعادل الشحنة ، وكتلته متناهية في الصغر مثل ضديد ال نيوترينو .
* وينتج جسيم بيتا الموجبة من تحلل أحد بروتونات النواة (نواة النيتروجين ($^{14}_{7}N$)) وتحوله إلى نيوترون ، وجسيم بيتا الموجبة و نيوترينو (ν) على نحو المعادلة الآتية :

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

* وتجدر الإشارة إلى أن النواة لا تحتوي على إلكترونات أو بوزيترونات ، وهذه الجسيمات تنشأ لحظة تحول بروتون إلى نيوترون ، أو العكس عند حدوث اضمحلال بيتا ، وتغادر النواة مباشرة .
* ويمكن التعبير عن معادلتي اضمحلال بيتا السالبة وبيتا الموجبة بالمعادلتين التاليتين :

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

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

T Saed Assaf

اضمحلال غاما (γ)

* هي أشعة كهرمغناطيسية (فوتونات) ذات تردد كبير جداً ، وليس لها شحنة أو كتلة .

* انبعاث أشعة غاما يحدث عندما تبعث نواة ما جسيم ألفا أو بيتا ، فإن النواة الناتجة قد تكون في مستوى استقرار أو في مستوى إثارة (طاقة زائدة) فتبعث النواة أشعة غاما (للتخلص من الطاقة الزائدة) وتنتقل إلى مستوى الاستقرار .

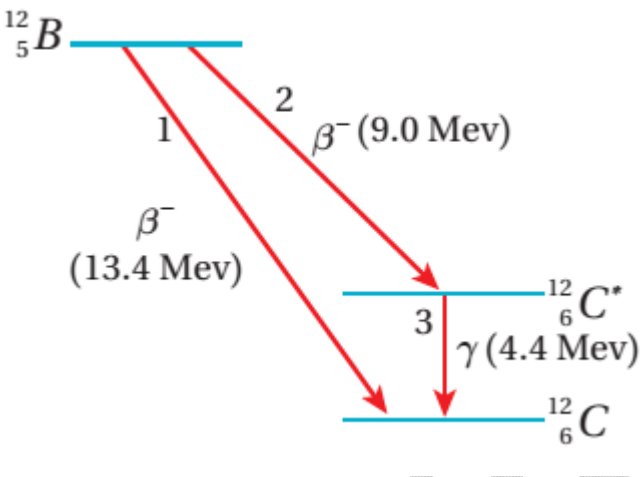
* انبعاث أشعة غاما لا يغير من العدد الذري أو العدد الكتلي .

* يمكن التعبير عن اضمحلال غاما بالمعادلة التالية :

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

حيث (${}^{A}_{Z}X^{*}$) النواة في مستوى إثارة ، (${}^{A}_{Z}X$) النواة في مستوى استقرار ، γ أشعة غاما .

يمثل الشكل المجاور إشعاع نواة عنصر البورون (${}^{12}_{5}B$) لجسيم بيتا بطريقتين مختلفتين :



أولاً : الطريقة الأولى (مباشرة) :

{ لايوجد داعي لانبعاث أشعة (γ) } حيث :

تتحول نواة (${}^{12}_{5}B$) إلى نواة عنصر جديد في مستوى الاستقرار (${}^{12}_{6}C$) وينبعث هنا جسيم بيتا حسب المعادلة التالية :

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

حيث يتحرر (13.4 MeV) من الطاقة نتيجة هذا الإضمحلال .

ثانيا :- الطريقة الثانية (غير مباشرة) : { يوجد داعي لانبعاث أشعة (γ) } حيث :

$$ {}^{12}_{5}B \longrightarrow {}^{12}_{6}C^{*} + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu} \qquad \text{(مرحلة أولى)} $$

حيث (${}^{12}_{6}C^{*}$) نواة الكربون المثارة ، ويتحرر من الطاقة (9.0 MeV) نتيجة لهذا الإضمحلال . وتتخلص ذرة الكربون من الطاقة الفائضة بإطلاق أشعة غاما طاقتها (4.4 MeV) لتصل إلى مستوى الإستقرار حسب المعادلة التالية :

$$ {}^{12}_{6}C^{*} \longrightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma \qquad \text{(مرحلة ثانية)} $$

سؤال : قارن بين الاشعاعات النووية (α، β، γ) من حيث :
(ماهيتها ، الاختراق ، السرعة ، التأيين)

جواب :

وجه المقارنة	ألفا (α)	بيتا (β)	غاما (γ)
ماهيتها(طبيعتها)	جسيمات موجبة الشحنة تماثل نوى الهليوم	عبارة عن الكترون أو بوزترون	موجات كهرومغناطيسية عالية التردد (فوتونات)
الاختراق (النفاذية)	الأقل اختراق	أكثر 1000 مرة من ألفا	قدرة هائلة جداً (الأكثر اختراق)
السرعة	تصل إلى 0.1 من سرعة الضوء	تصل إلى 0.99 من سرعة الضوء	تسير بسرعة الضوء
التأيين (التصادم)	الأكبر قدرة على التأيين	أقل قدرة من ألفا	الأقل قدرة على التأيين

سؤال : اذكر خاصتين تمتاز بها الإشعاعات النووية ؟
جواب :
1) القدرة على الاختراق (النفاذ ، السرعة) .
2) القدرة على التأيين (التفاعل مع المواد ، التصادم) .

سؤال (علل) : يكون للأشعة التي لها أكبر قدرة على الاختراق أقل قدرة على التأيين ؟
جواب : يحدد ذلك عامل الكتلة وعامل الشحنة حيث :

1) الأشعة التي تمتلك كتلة وشحنة اكبر يزداد احتمال تصادمها مع ذرات المادة بشكل كبير وبالتالي تزداد قدرتها على التأيين ويقل اختراقها . (احتمال التصادم كبير) مثل (α) .

2) الأشعة التي تمتلك كتلة وشحنة أقل يقل احتمال تصادمها مع ذرات المادة وبالتالي تقل قدرتها على التأيين ويزداد اختراقها . (احنمال التصادم قليل) مثل (γ) .

مثال (1) : أكمل المعادلات النووية التالية :

1) $ {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}P + \ldots\ldots\ldots + \ldots\ldots\ldots $

2) $ {}^{1}_{1}P \longrightarrow {}^{1}_{0}n + \ldots\ldots\ldots + \ldots\ldots\ldots $

3) $ {}^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{230}_{90}Th + \ldots\ldots\ldots\ldots $

4) $ {}^{234}_{91}Pa^{*} \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + \ldots\ldots\ldots $

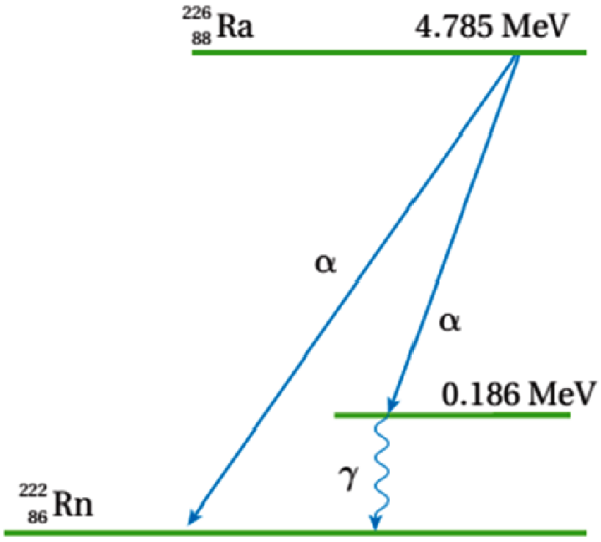
مثال (2) : يمثل الشكل اضمحلال نواة الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) إلى نواة الرادون ($^{222}_{86}Rn$) . عند الكشف عن جسيمات ألفا ، وجد أنها توجد بطاقتين مختلفتين .

أ) ما مقدار طاقتي جسيم ألفا ؟

ب) ما مقدار طاقة أشعة غاما ؟

جـ) أكتب معادلة اضمحلال غاما .

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



الحل :

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

ب. طاقة أشعة غاما $E_\gamma = 0.186$ 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 (3) : ادرس التفاعلان النوويين الآتيين ثم أبين التغيرات التي طرأت على كل من العدد الذري والعدد الكتلي للنواة التي تشع جسيمات بيتا السالبة أو بيتا الموجبة .

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

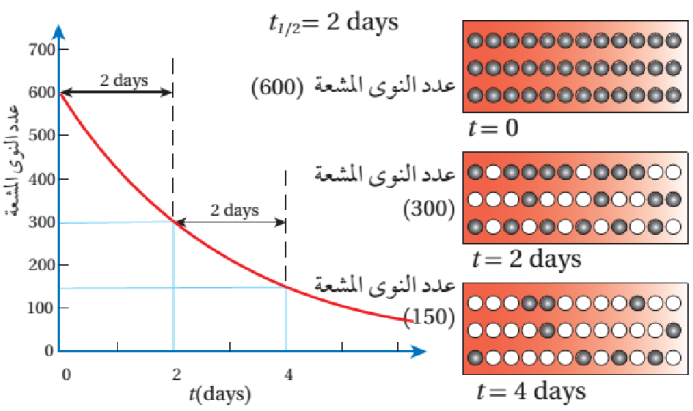
$$^{14}_{7}N \longrightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu$$

الحل :

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.

النشاطية الإشعاعية



- عند اضمحلال نواة ما وانبعاث جسيمات ألفا أو بيتا من نواة عنصر مشع يؤدي إلى تحول النواة الأم إلى نواة جديدة تسمى النواة الناتجة .
- يتناسب عدد النوى المضمحلة في الثانية الواحدة طردياً مع عدد النوى المشعة عند لحظة زمنية معينة .
- بعض المواد المشعة تضمحل خلال مدد زمنية صغيرة وبعضها في مدد زمنية كبيرة .

سؤال : وضح المقصود بـ عمر النصف ($t_{1\backslash 2}$) ؟

جواب : الزمن اللازم لإضمحلال نصف عدد النوى المشعة .

سؤال : كيف ترتبط عدد النوى المشعة بعدد النوى المتبقية بدلالة الزمن ؟

جواب :

للإطلاع فقط

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

حيث : ($N(t)$) عدد النوى المشعة المتبقية عند الزمن (t) ، ($N_\circ$ عدد النوى المشعة المتبقية عند الزمن ($t = 0$)) ، (λ ثابت التناسب ويسمى ثابت الإضمحلال ووحدته s^{-1})

سؤال : كيف يرتبط عمر النصف ($t_{1\backslash 2}$) بعدد النوى المشعة المتبقية ($N_\circ$) ؟

جواب : ترتبط حسب المخطط :

$$N_\circ \xrightarrow{t_{1\backslash 2}} \frac{N_\circ}{2} \xrightarrow{2t_{1\backslash 2}} \frac{N_\circ}{4} \xrightarrow{3t_{1\backslash 2}} \frac{N_\circ}{8} \xrightarrow{4t_{1\backslash 2}} \frac{N_\circ}{16} \ldots\ldots\ldots$$

* يمكن التوصل إلى العلاقة من المخطط :

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

* يرتبط عمر النصف ($t_{1\backslash 2}$) بثابت الإضمحلال (λ) عكسياً حسب العلاقة الآتية :

$$t_{1\backslash 2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

T.Saed Assaf

سؤال : وضح المقصود بـ النشاطية الإشعاعية (A) ؟

جواب : عدد الاضمحلالات في الثانية الواحدة وتقاس بوحدة بيكرل (Bq) أو بوحدة كوري (Ci) بحيث يكون :

$$1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$$

* تحسب النشاطية الإشعاعية من العلاقة :

$$A = \lambda N$$

* عندما يكون الزمن ($t = 0$) فإن ($A_\circ = \lambda N_\circ$) وهي النشاطية الإشعاعية الإبتدائية .

* عند مرور زمن يساوي عمر النصف على العينة المشعة ، فإن النشاطية الإشعاعية لها تقل إلى النصف . لذلك يمكن الربط بينهما على النحو الآتي :

$$A_\circ \xrightarrow{t_{1\backslash 2}} \frac{A_\circ}{2} \xrightarrow{2t_{1\backslash 2}} \frac{A_\circ}{4} \xrightarrow{3t_{1\backslash 2}} \frac{A_\circ}{8} \xrightarrow{4t_{1\backslash 2}} \frac{A_\circ}{16} \ldots\ldots$$

* يمكن التوصل إلى العلاقة الآتية :

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

مثال (1) : يستخدم الغاليوم (-67) في التشخيص الطبي . إذا علمت أن ثابت الاضمحلال له ($2.4 \times 10^{-6}\ s^{-1}$) ، وقست النشاطية الإشعاعية لعينة منه فكانت (4680 Bq) ، فأجد الزمن اللازم حتى تصبح النشاطية الإشعاعية (1170 Bq) .

الحل :

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

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

$$\frac{t}{t_{1/2}} = 2 \quad \Rightarrow \quad t = 2t_{1/2} = \frac{2 \times 0.693}{\lambda} = \frac{1.39}{2.4 \times 10^{-6}} = 5.8 \times 10^5\ s$$

مثال (2) : يستخدم نظير الكوبالت (- 60) في تعقيم الأجهزة وفي علاج مرض السرطان . عمر النصف لنظير الكوبالت ($^{60}_{27}Co$) يساوي (5.27 y) ، قست النشاطية الإشعاعية لعينة منه عند لحظة زمنية فوجدتها (0.200 μCi)
أجد ما يأتي :
أ) عدد النوى المشعة في العينة .
ب) النشاطية الإشعاعية بعد زمن يساوي ثلاثة أضعاف عمر النصف .
الحل :

أ . أولاً نحوِّل 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

$$A_0 = \lambda N_0$$
$$7.4 \times 10^{3} = 4.18 \times 10^{-9}\ N_0$$
$$N_0 = 1.8 \times 10^{12} atoms$$

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

مثال (3) : يستخدم اليود المشع في علاج سرطان الغدة الدرقية ، فإذا كان عمر النصف له (8 days) تقريباً ، أجد الزمن اللازم حتى يضمحل (75%) منه .

الحل :

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

$$\frac{N}{N_\circ} = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}$$

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

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

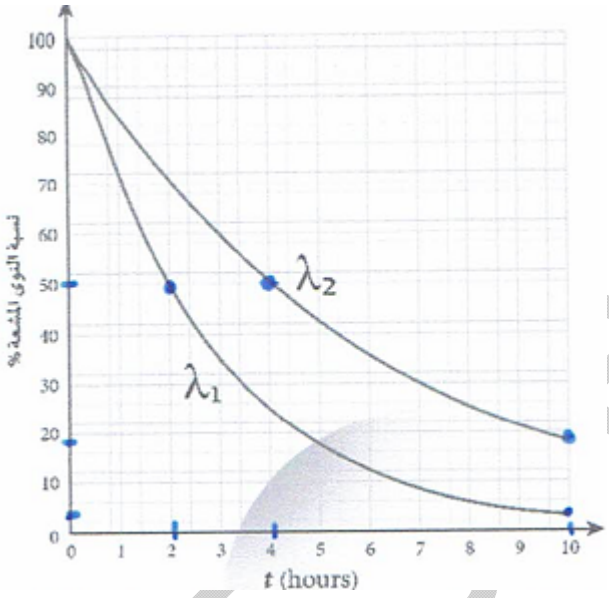
$$\frac{t}{t_{1\backslash 2}} = 2 \longrightarrow t = 2 \times t_{1\backslash 2} = 2 \times 8 = 16 \text{ days}$$

مثال (4) : يمثل الشكل رسماً بيانياً يوضح العلاقة بين النسبة ($\frac{N}{N_\circ} \times 100\%$) مع الزمن النظيري لعنصرين مشعين ثابت الإضمحلال لكل منهما (λ_1 , λ_2) ، أجب عما يلي :

1) ما عمر النصف لكل منهما ؟

2) ما نسبة عدد النوى المشعة المتبقية بعد مرور (10) سنوات لكل من النظيرين ؟

3) أيهما أكبر (λ_1) أم (λ_2) ؟



الحل :

1) وصلت العينة لنصف نسبة النوى المشعة (50%) عند زمن (2h) للمادة (1) ، وعند زمن (4h) للمادة (2) .

2) من الرسم تصل نسبة النوى المشعة للعنصر الأول تقريباً (4%) وللعنصر الثاني تقريباً (18%) .

3) $\lambda_2 < \lambda_1$ ، لأن ثابت الإضمحلال (λ) يتناسب عكسياً مع عمر النصف ($t_{1\backslash 2}$) .

T. Saed Assaf

سلاسل الإضمحلال الإشعاعي الطبيعي

سؤال : وضح المقصود بـ سلسلة الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي ؟

جواب : مجموعة من الاضمحلالات التلقائية التي تبدأ بعنصر مشع ثقيل وتنتهي بعنصر مستقر من خلال اضمحلالات عدة لألفا وبيتا .

سؤال : أذكر سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي .

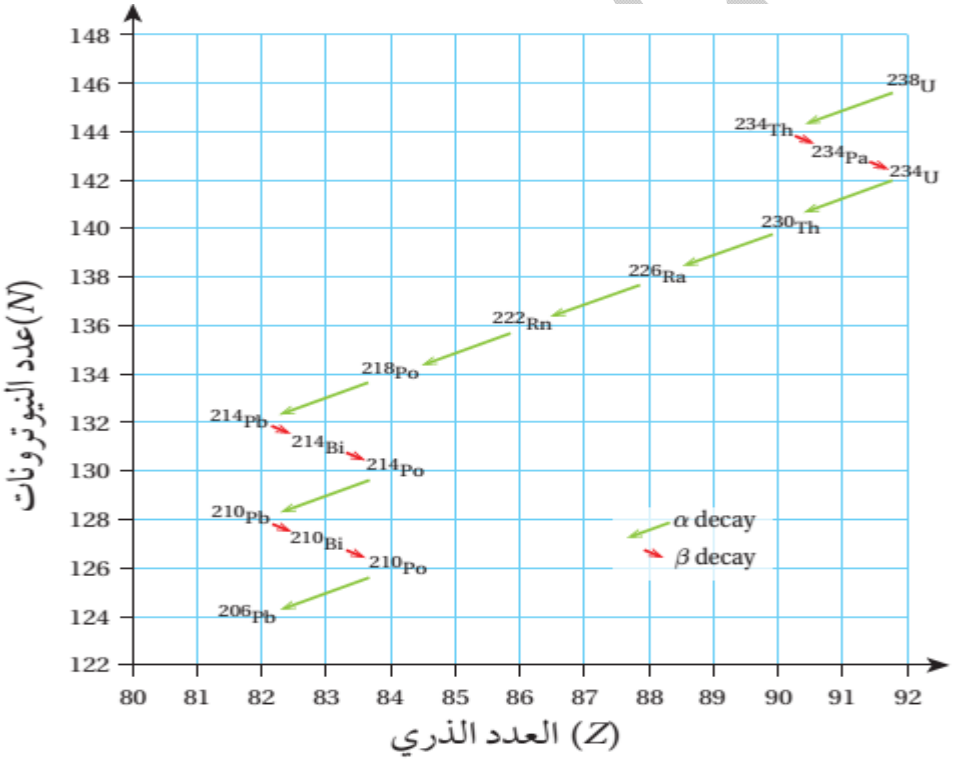
جواب : وهناك ثلاث أنواع لسلاسل الإضمحلال الطبيعي التي تبدأ بنظير ثقيل مشع عمر النصف له كبير ، وتنتهي بأحد نظائر الرصاص المستقر (pb) ، وهي :

1) سلسلة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ 2) سلسلة الثوريوم $^{232}_{90}Th$ 3) سلسلة الأكتينيوم $^{235}_{92}U$

ملاحظة : 1) غاز الرادون المشع هو 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 .

2) يستطيع الجيولوجيون تقدير عمر الصخور من معرفة نسبة الرصاص إلى اليورانيوم (- 238) في الصخور .

* يمثل الشكل سلسلة اضمحلال اليورانيوم ونظراً لأن اليورانيوم $^{238}_{92}U$ له أكبر عمر نصف بين النظائر المشعة سميت هذه السلسلة بإسمه .



مثال (1) : من المعادلة التالية التي تمثل سلسلة اضمحلال اليورانيوم جد عدد جسيمات ألفا (n) وعدد جسيمات بيتا (m) :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}pb + n\ {}^{4}_{2}He + m\ {}^{0}_{-1}e + m\ \overline{V}$$

الحل :

مثال (2) : تضمحل نواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ وفق المعادلة

$$^{232}_{90}Th \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + 6\ {}^{4}_{2}He + 4\ {}^{0}_{-1}e + 4\ \overline{V}$$

ما العدد الكتلي والعدد الذري لنواة العنصر X .

الحل :

مثال (3) : تمثل المعادلة الآتية جزءاً من سلسلة اليورانيوم :

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

1) ما إسم الجسيمين (h) و (g) ؟

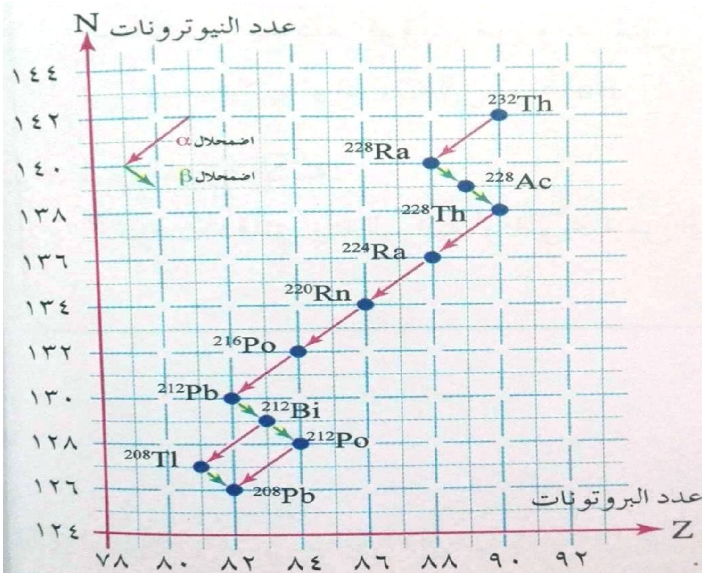
2) إذا انبعث (6) جسيمات ألفا وجسيما بيتا السالبة للوصول إلى النواة $^{A}_{Z}X$ ، أجد A و Z .

الحل :

T.Saed Assaf

مثال (4) : من الشكل المجاور الذي يمثل سلسلة اضمحلال طبيعي ، اجب عما يلي :

1) ما اسم السلسلة المبينة في الشكل .
2) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال الفا .
3) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال بيتا .
4) جد عدد جسيمات ألفا وبيتا في تحول نواة $(^{232}_{90}Th)$ إلى نواة $(^{212}_{82}pb)$.



الحل :

مثال (5) : تبدأ سلسلة اضمحلال الأكتينيوم بنواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ فإذا انبعث جسيمي ألفا وجسيمي بيتا لتنتج نواة جديدة للعنصر X أجب عما يأتي :

1) ما العدد الكتلي والعدد الذري لنواة العنصر X .
2) اذكر ثلاث مبادئ للحفظ تتحقق في اضمحلال جسيمات ألفا وبيتا .
3) أيهما أكثر استقراراً نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ أم نواة العنصر X .

الحل :

T.Saed Assaf

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح المقصود بالاضمحلال الإشعاعي وعمر النصف والنشاطيّة الإشعاعيّة.

2. **أفسّر** انبعاث أشعة غاما من النواة.

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.

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

5. **أستخدم المتغيرات:** عينة من نظير الثوريوم $\left({}^{228}_{90}Th\right)$ تحتوي على ($2.53 \times 10^{21}\ atoms$)، وثابت الاضمحلال له يساوي ($1.15 \times 10^{-8}\ s^{-1}$)، أجد:

   أ . عمر النصف للثوريوم $\left({}^{228}_{90}Th\right)$.

   ب. النشاطيّة الإشعاعيّة لهذه العينة.

6. **أحلل:** الفلور –18 $\left({}^{18}_{9}F\right)$ 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 ($2.1 \times 10^{16}\ atoms$) لتصوير أحد المرضى.

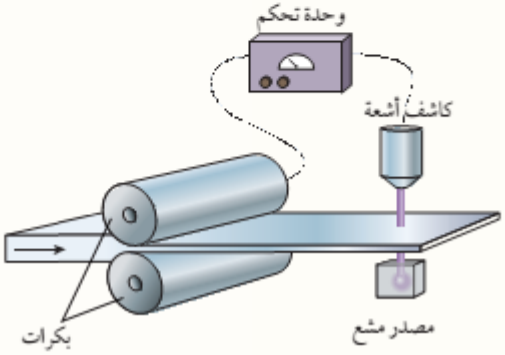
   أ . أكتب معادلة موزونة لاضمحلال الفلور.

   ب. أحسب ثابت الاضمحلال له.

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

7. **أفسّر:** انبعاث جُسيمات بيتا السالبة من النواة بالرغم من عدم احتواء النواة على إلكترونات.

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؟



مراجعة الدرس 2

1. **الفكرة الرئيسة:**

الاضمحلال الإشعاعي: هو التحوّل التلقائي لنواة غير مستقرة إلى نواة أكثر استقرارًا عن 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.

2. **أفسر**

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.

3. **أستخدم المتغيّرات:**

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

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

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

4. **أحسب:**

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

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

5. أستخدم المتغيّرات:

أ:

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{1.15 \times 10^{-8}} = 6.02 \times 10^{7}\ \text{s}$$

ب. $A = N_0\,\lambda\ = 2.53 \times 10^{21} \times\ 1.15 \times 10^{-8} = 2.9 \times 10^{13}\ \text{Bq}$

6. أحلل:

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

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

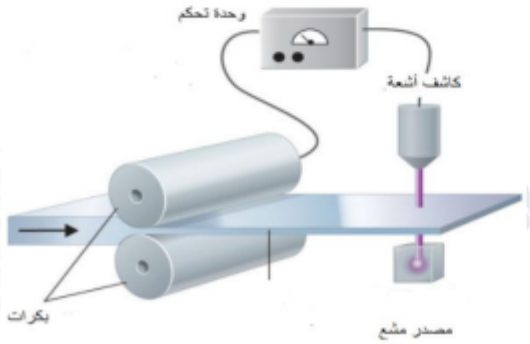
ب. $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{110} = 6.30 \times 10^{-3}\ \text{min}^{-1}$

ج. بعد مضي $220\ \text{min}$ يكون قد مضى على العينة زمن يساوي ضعفي عمر النصف، ما يعني أن عدد النوى المشعة سيقل للربع ويصبح ($\frac{2.1\times10^{16}}{4} = 5.25 \times 10^{15}\ atoms$)

7. أفسر:

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

8. التفكير الناقد:



جسيمات بيتا هي الأنسب لهذا الاستخدام. فنفاذية جسيمات الفا صغيرة جداً، يمتصها الشريط ولا يصل أي منها للكاشف. أما نفاذية أشعة غاما فعالية وتفاعلها مع الوسط قليل وقد لا تؤثر التغيرات في سمك الشريط على شدة أشعة غاما التي تصل الكاشف.

الدرس الثالث / التفاعلات النووية

التفاعل النووي

سؤال : متى يحدث التفاعل النووي ؟ وماذا ينتج عنه ؟
جواب : عند إصطدام جسيم نووي ، مثل النيوترون أو البروتون بنواة ذرة أخرى . قد ينتج عن ذلك نواة جديدة .

سؤال : كيف يتم إحداث التفاعل النووي بين جسيم ونواة ؟ وعبر عنه بمعادلة نووية .
جواب : تقذف النواة بذلك الجسيم وعندما يقترب مسافة كافية ، يبدأ تأثير القوة النووية ، ويعبر عنه بالمعادلة :

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

حيث (a : القذيفة) ، (X : النواة الهدف) ، (b : الجسيم الناتج) ، (Y : النواة الناتجة)

* تمتص النواة الهدف القذيفة فتشكل نواة مركبة (CN) في حالة إثارة وعدم استقرار فتضمحل لتعطي نوى وجسيمات من الممكن أن تختلف عن تلك الداخلة في التفاعل . ومن الأمثلة على ذلك ما قام به رذرفورد عندما قذف نواة النيتروجين ($^{14}_{7}N$) بجسيمات ألفا (α) ، ونتج عن ذلك تحرر بروتون على النحو الآتي :

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

* حيث تعتبر نواة نظير الفلور $^{18}_{9}F$ النواة المركبة غير مستقرة والتي لا تلبث أن تضمحل لينتج عنها نواة مستقرة $^{17}_{8}O$ وبروتون $^{1}_{1}P$ من الأمثلة على القذائف النووية (البروتونات ، النيوترونات ، جسيم ألفا ، الديتيريوم) ، إن شحنة جسيمات ألفا والبروتونات موجبة لذا تسرع حتى تمتلك طاقة حركية للتغلب على قوة التنافر الكهربائية مع النواة الهدف ، أما النيوترونات فهي متعادلة كهربائياً لذا تعد من القذائف المهمة في انتاج النظائر المشعة .

سؤال : كيف يتم حساب الطاقة الممتصة أو المتحررة من التفاعل (Q) ؟
جواب : هي الفرق في الكتلة بين كتل النوى والجسيمات الداخلة في التفاعل وتلك الناتجة عنه ، والتي تحسب من العلاقة :

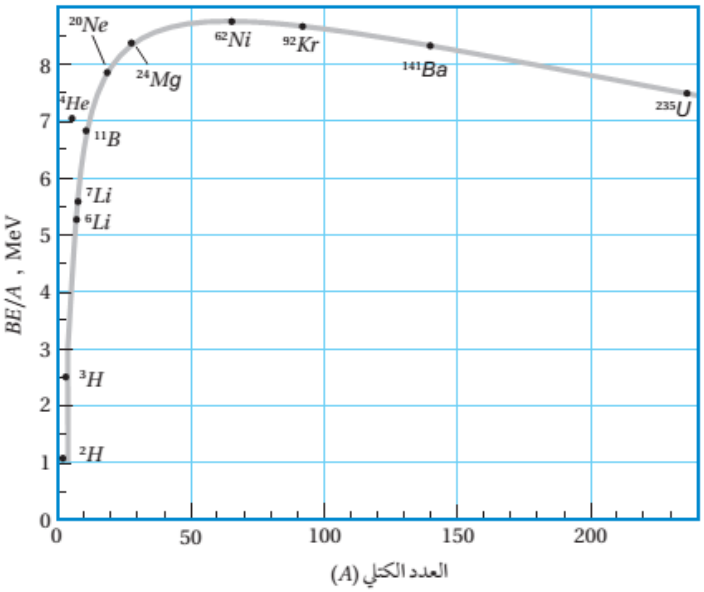
$$Q = [m_a + m_x - (m_b + m_y)] \times 931.5$$

حيث الكتل بوحدة (amu) و (Q) بوحدة (MeV)

سؤال : متى يكون التفاعل ماص للطاقة ومتى يكون التفاعل منتج للطاقة ؟
جواب : إذا كانت قيمة (Q) سالبة كان التفاعل ماص للطاقة و إذا كانت قيمة (Q) موجبة كان التفاعل منتج للطاقة .

الإنشطار النووي

سؤال : وضح المقصود بـِ الإنشطار النووي ؟
جواب : انقسام نواة ثقيلة لنواتين أو أكثر ، أصغر منها في الكتلة .



سؤال : وضح ماهية النوى الأكثر قابلية للإنشطار النووي ؟
جواب : النوى الثقيلة التي تقع على يمين المنحنى .

* 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 الإنشطار طاقات ربط نووية لكل نيوكليون أكبر ، ويصاحب ذلك نقص في الكتلة يتحول إلى طاقة ويمكن التعبير عن الإنشطار النووي بالمعادلة :

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

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

سؤال : أين تكمن أهمية تفاعل الإنشطار النووي ؟
جواب : تكمن أهميته في الطاقة الكبيرة المتحررة .

سؤال : وضح المقصود بـِ التفاعل المتسلسل ؟
جواب : تفاعل نووي يتم فيه انشطار نواة يورانيوم ($^{235}_{92}U$) عن طريق قذفها بنيوترون بطيء فينتج عن ذلك 3 نيوترونات جديدة يمكن أن تمتصها 3 نوى جديدة من اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) فنحصل على 9 نيوترونات جديدة وهكذا يستمر التفاعل حيث كل تفاعل جديد ينتج تفاعلات وهكذا .

سؤال : وضح المقصود بالكتلة الحرجة ؟
جواب : أقل كتلة من الوقود النووي لإدامة حدوث التفاعل المتسلسل ويضمن عدم تسرب النيوترونات خارجه .

سؤال : وضح المقصود بتخصيب اليورانيوم ؟
جواب : هي العملية التي يزاد فيها نسبة اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) .

T.Saed Assaf

مثال (1) : أحسب الطاقة (Q) الناتجة من تفاعل الإنشطار الآتي :

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

حيث كتل النوى معطاه في الجدول الآتي بوحدة (amu) :

m_U	m_{Ba}	m_{Kr}	m_n
234.9934	140.8840	91.9064	1.0087

الحل :

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

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

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

مثال (2) : قذفت نواة البيريليوم بجسيم ألفا ونتج الكربون ونيوترون حسب المعادلة التالية :

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

احسب الطاقة المتحررة من التفاعل وحدد نوع التفاعل علماً بأن (m_{Be} = 9.015 amu) ، (m_C = 12.0039 amu) ، (m_{He} = 4.0039 amu) ، (m_n = 1.0087 amu) .

الحل :

منتج للطاقة , Q = 5.86845 MeV

مثال (3) : إذا علمت أن ($Q = 0.5589$ MeV) في التفاعل $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$ جد كتلة $^{17}_{8}O$

إذا علمت أن كتل المواد بـ (amu) هي (N = 14,0085 ، He = 4,0039 ، H= 1,0073)

الحل :

$m_O = 17.0045$ amu

مثال (4) : إذا احسب مقدار طاقة التفاعل Q وما نوعها للتفاعل التالي :

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

إذا علمت أن كتل المواد بوحدة (amu) هي (Al = 26,981 ، p = 29,978 ، He = 4,003 ، n =1,008)

الحل :

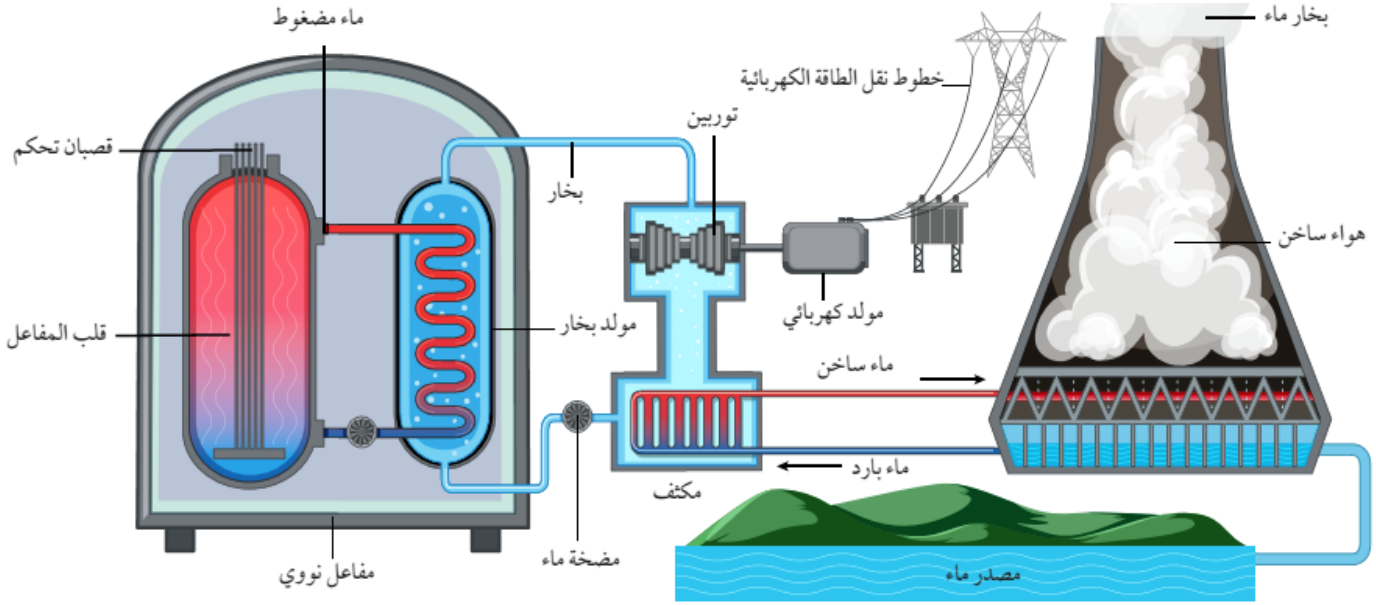
ماص للطاقة , $Q = -1.863$ MeV

T.Saed Assaf

المفاعل النووي

سؤال : وضح المقصود بالمفاعل النووي ؟
جواب : النظام الذي يعمل على توفير الظروف المناسبة لاستمرار تفاعل الانشطار النووي والسيطرة عليه .

*** يوجد أنواع عديدة من المفاعلات النووية تبعاً لنوعية التبريد فيها والشكل التالي يبين مفاعل الماء المضغوط .**



*** يتكون المفاعل النووي من الأجزاء الرئيسية التالية :**

1) الوقود النووي : وتكون على الغالب من اليورانيوم المخصب ، حيث تعد على شكل أقراص يوضع بعضها فوق بعض في أنابيب طويلة لتشكيل قضبان الوقود النووي .

2) قضبان التحكم : تصنع من مواد لها قدرة عالية على امتصاص النيوترونات مثل الكادميوم (- 113) والبورون (- 10) فعند إدخال عدد مناسب منها بين حزم الوقود النووي تمتص بعض النيوترونات مما يؤدي إلى إبطاء سرعة التفاعل المتسلسل ، وبذلك يتم التحكم في الطاقة الناتجة من التفاعل .

3) المواد المهدئة : وهي مواد ذات أعداد كتلية صغيرة ، مثل الماء الثقيل ، الماء العادي ، الغرافيت ، وتبطئ المواد المهدئة النيوترونات الناتجة من الإنشطار لتتمكن من إحداث تفاعلات انشطارية جديدة .
علماً أن احتمالية انشطار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ تزداد كلما كانت الطاقة الحركية للنيوترونات الممتصة أقل .

4) نظام التبريد : تستخدم أبراج تبريد تزود المفاعل والمكثف بالماء البارد باستمرار ، لتبريد المفاعل النووي .

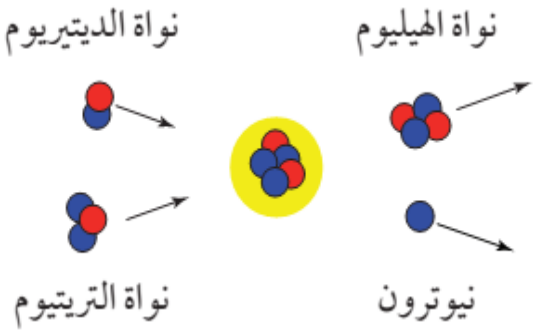
5) مولد بخار الماء : يحول الماء الساخن والمضغوط القادم من قلب المفاعل إلى بخار ماء يستخدم في إدارة توربينات متصلة بمولدات كهربائية لتوليد الطاقة الكهربائية .

الإندماج النووي

سؤال : وضح المقصود بالإندماج النووي ؟
جواب : تفاعل تندمج فيه نواتان خفيفتان لتكوين نواة كتلتها أقل من مجموع كتلتي النواتين المندمجتين . ولها طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر مما لهما .

سؤال : وضح ماهية النوى الأكثر قابلية للإندماج النووي ؟
جواب : النوى الخفيفة (المنطقة اليسرى من المنحنى) .

سؤال : أعط مثالاً على عملية الإندماج النووي ؟
جواب : اندماج نواتا نظيري الهيدروجين ، الديتيريوم ($_1^2H$) والتريتيوم ($_1^3H$) لتكوين نواة الهيليوم ($_2^4He$) ذات طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر منها لنواتي الديتيريوم والتريتيوم ويصاحب عملية الإندماج نقص في الكتلة تتحول إلى طاقة كبيرة .



سؤال : أعط أمثلة على معادلات الإندماج النووي .
جواب :

$$_1^2H + _1^3H \longrightarrow _2^4He + _0^1n$$

$$_1^1H + _1^1H \longrightarrow _1^2H + _{+1}^0e + V$$

$$_1^1H + _1^2H \longrightarrow _2^3He + \gamma$$

سؤال : ماذا تسمى التفاعلات النووية السابقة ؟
جواب : هذه التفاعلات هي مصدر الطاقة التي تصلنا من الشمس وتحتاج درجات حرارة عالية لتحدث ؛ لذا تسمى التفاعلات النووية الحرارية .

سؤال (علل) : يحتاج تفاعل الاندماج النووي لدرجة حرارة عالية ؟
جواب : لأن درجات الحرارة العالية تزود النواتين بطاقة حركية كبيرة للتغلب على قوة التنافر الكهربائية بين النواتين عند اقترابهما من بعض لمسافة تبدأ عندها القوة النووية بالتأثير .

سؤال : أذكر استخداماً من استخدامات عملية التعقب الإشعاعي ؟
جواب : مراقبة تدفق السوائل والغازات خلال الأنابيب لتحديد أماكن التسرب . وترصد أدوات التعقب الزراعية تدفق المغذيات عبر النباتات .

T.Saed Assaf

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–131 المشع 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.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح المقصود بتفاعل الانشطار النوويّ وتفاعل الاندماج النوويّ.

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 أنّ 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؟

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

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

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

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

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

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

أ. القضبان التي تحتوي على الكادميوم.

ب. مُهدِّئات النيوترونات.

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

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

7. **التفكير الناقد:** لماذا يُعدّ استخدام تفاعلات الاندماج النووي، إن أمكن في توليد الطاقة، أقلّ خطرًا على البيئة من استخدام تفاعلات الانشطار النووي؟

مراجعة الدرس3

1. **الفكرة الرئيسية:**

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.

2.

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

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

ج. 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. لتفاعل الاندماج:

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

لتفاعل الانشطار:

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

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

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

3. **أعدد:** أعدد 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

4. **أفسّر:**

1. القضبان التي تحتوي على الكادميوم: امتصاص نيوترونات للتحكم في سرعة التفاعل.
2. مهدئات النيوترونات: امتصاص جزء من طاقة النيوترونات لتصل للطاقة المناسبة لحدوث الانشطار النووي.

5. **أفسّر:**

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

6. **أفسّر:**

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

7. **التفكير الناقد:**

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

الإثراء والتوسّع

المفاعل النوويّ الاندماجي
Nuclear Fusion Reactor

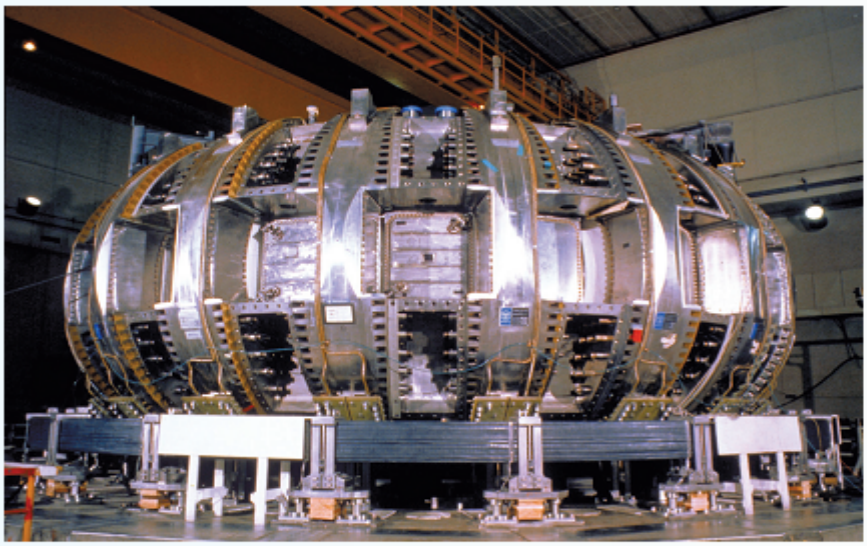
تُعدّ كميّة الطاقة الكبيرة المتولّدة من الاندماج النووي محفزًا أمام العلماء لتسخير هذه الطاقة لأغراض مفيدة، ويُبذل كثير من الجهود حاليًا لتطوير مفاعل نووي اندماجي مستدام يمكن التحكّم فيه. ومن مزاياه: توافر الوقود النووي؛ الديتيريوم ($_1^2H$) والتريتيوم ($_1^3H$) ، وإنتاج طاقة كبيرة مقارنة بتفاعلات الانشطار 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 ($_1^2H$) والتريتيوم ($_1^3H$).

$$_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n \quad , \quad Q = 17.6\,MeV$$

ويتوافر الديتيريوم بكميات كبيرة في البحيرات والمحيطات وهو غير مكلف. أمّا التريتيوم، فإنّه مشعّ ($t_{1/2} = 12.3$ y) حيث يخضع لاضمحلال بيتا السالبة لينتج ($_2^3He$). ولهذا السبب لا يوجد التريتيوم طبيعيًا بكميات كبيرة، ويجب إنتاجه صناعيًا.

تتمثّل إحدى المشكلات الرئيسة في الحصول على الطاقة من الاندماج النووي في توافر درجات الحرارة العالية (نحو 10^8 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 ($_1^2H$) والتريتيوم ($_1^3H$) مدّة زمنية قصيرة جدًّا باستخدام مفاعل اندماجي، يُعرف باسم توكاماك (tokamak). حيث تُحفظ البلازما داخل مجال مغناطيسي على نحو ما تعلّمت في الوحدة الرابعة.



ورقة عمل

1) في المعادلة النووية الآتية ($^{76}_{34}\mathrm{Se} + X + Y \longrightarrow {}^{76}_{33}As$) ، الرمزان (X , Y) يمثلان جسيما :
أ) بيتا السالب ، ضديد النيوترينو
ب) بيتا الموجب ، ضديد النيوترينو
جـ) بيتا السالب ، النيوترينو
د) بيتا الموجب ، النيوترينو

2) في المعادلة النووية ($^{137}_{56}\mathrm{Ba}^{*} \longrightarrow {}^{137}_{56}\mathrm{Ba} + b$) الرمز (b) يمثل :
أ) جسيم ألفا
ب) جسيم بيتا الموجب
جـ) أشعة غاما
د) جسيم بيتا السالب

3) إذا علمت أن كتلة نواة النيكل ($^{60}_{28}\mathrm{Ni}$) تساوي (59.9 amu) ، ومجموع كتل مكوناتها (60.44 amu) ، فإن الطاقة اللازمة لفصل مكوناتها بوحدة (MeV) تساوي :
أ) 503.1
ب) 512.05
جـ) 558.62
د) 595.84

4) إذا علمت أن طاقة الربط النووية لنواة الهيليوم ($^{4}_{2}\mathrm{He}$) تساوي (28 MeV) فإن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون فيها بوحدة (MeV/nucleon) تساوي :
أ) 8
ب) 7
جـ) 9
د) 14

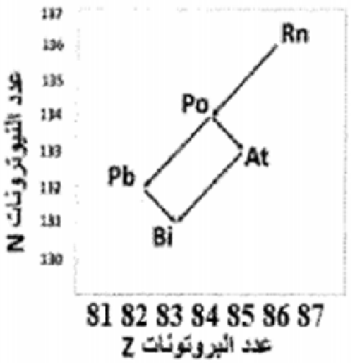
5) (X , Y) نواتان لنظيري عنصر ما ، إذا كان العدد الكتلي للنظير (X) يساوي مثلي العدد الكتلي للنظير (Y) ، فإن نسبة العدد الذري للنظير (X) إلى العدد الذري للنظير (Y) أي ($Z_Y : Z_X$) هو :
أ) 2 : 1
ب) 1 : 1
جـ) 1 : 2
د) 1 : 4

6) الطاقة المكافئة لكتلة (1 g) من المادة بوحدة (J) تساوي :
أ) 9×10^{8}
ب) 3×10^{13}
جـ) 3×10^{15}
د) 9×10^{13}

7) إذا اضمحلت نواة وأطلقت (β^{+}) ، فإن ما يحدث لكل من العدد الذري والعدد الكتلي على الترتيب :
أ) يقل ، لا يتغير
ب) يزداد ، لا يتغير
جـ) يقل ، يزداد
د) لا يتغير ، لا يتغير

8) إذا علمت أن طاقة الربط النووية لنواة الكربون ($^{12}_{6}\mathrm{C}$) تساوي (94 MeV) ، و طاقة الربط النووية لنواة النيتروجين ($^{14}_{7}\mathrm{N}$) تساوي (105 MeV) ، فإن النواة الأكثر استقراراً هي نواة :
أ) النيتروجين ، لأن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون أكبر .
ب) الكربون ، لأن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون أكبر .
جـ) الكربون ، لأنها أصغر حجماً .
د) النيتروجين ، لأن عدد النيوترونات فيها أكبر .

9) اعتماداً على الشكل المجاور ، والذي يبين اضمحلال (Rn) إلى (Bi) في سلسلة الاضمحلال الإشعاعي لليورانيوم (238) ، عدد جسيمات ألفا (α) وعدد جسيمات بيتا السالب (β^{-}) المنبعثة من هذا الإضمحلال على الترتيب :
أ) (1) ، (1)
ب) (2) ، (2)
جـ) (1) ، (2)
د) (2) ، (1)



10) في التفاعل النووي الذي تمثله المعادلة النووية ($^{1}_{1}H + {}^{7}_{3}Li \rightarrow {}^{7}_{4}Be + X$) ، الجسيم (X) هو :
أ) بوزيترون ب) الكترون جـ) نيوترون د) بروتون

11) أي النوى الآتية تنتج عندما تضمحل نواة البولونيوم ($^{210}_{84}Po$) باعثة جسيم ألفا :
أ) $^{206}_{82}Pb$ ب) $^{208}_{82}Pb$ جـ) $^{210}_{82}Pb$ د) $^{212}_{82}Pb$

12) واحدة مما يأتي تعد من أفضل القذائف في التفاعلات النووية :
أ) $^{1}_{1}H$ ب) $^{1}_{0}n$ جـ) $^{2}_{1}H$ د) $^{4}_{2}He$

13) نسبة كثافة نواة ($^{2}_{1}H$) إلى كثافة نواة ($^{208}_{82}Pb$) :
أ) 4 : 16 ب) 4 : 8 جـ) 2 : 16 د) 1 : 1

14) تختلف نواة الراديوم (^{226}Ra) عن نواة الراديوم (^{228}Ra) في :
أ) العدد الذري ب) عدد البروتونات جـ) عدد النيوترونات د) عدد الإلكترونات

15) الإشعاع الذي له قدرة عالية على التأيين بسبب كبر شحنته مقارنة مع باقي الإشعاعات النووية يكون :
أ) مدى اختراقه كبير ب) سرعته تساوي سرعة الضوء
جـ) مدى اختراقه صغير د) كتلته صغيرة

16) عند اندماج نواتين معاً تتكون نواة جديدة ، إن النواة الجديدة المتكونة بالنسبة لأي من النواتين المندمجتين تكون ذات :
أ) كتلة أكبر وطاقة ربط أقل لكل نيوكليون ب) كتلة أكبر وطاقة ربط أكبر لكل نيوكليون
جـ) كتلة أقل وطاقة ربط أقل لكل نيوكليون د) كتلة أقل وطاقة ربط أكبر لكل نيوكليون

17) عدد جسيمات ألفا وبيتا السالبة المنبعثة من سلسلة تحولات تضمحل خلالها نواة ($^{234}_{90}Th$) إلى نواة ($^{222}_{86}Rn$) هي :
أ) ألفا ، 3 بيتا ب) 3 ألفا ، 4 بيتا جـ) 2 ألفا ، 2 بيتا د) 3 ألفا ، 2 بيتا

18) القوة بين بروتون ونيوترون داخل النواة هي :
أ) تجاذب نووي فقط ب) تجاذب كهربائي فقط
جـ) تجاذب نووي وتجاذب كهربائي د) تجاذب نووي وتنافر كهربائي

19) تمتاز معظم نوى العناصر بأن :
أ) كتلتها ثابتة تقريباً ب) كثافتها ثابتة تقريباً جـ) حجمها ثابت تقريباً د) كثافتها متغيرة

20) ($^{A}_{Z}X$) نواة عنصر غير مستقر ، أطلقت أربع جسيمات بيتا السالبة وجسيم ألفا ، فإن النواة الناتجة تكون :
أ) $^{A-4}_{Z+2}Y$ ب) $^{A-2}_{Z-4}Y$ جـ) $^{A+2}_{Z+4}Y$ د) $^{A+4}_{Z+2}Y$

21) النيوترينو جسيم نووي ينتج عن عملية :
أ) تحلل البروتون إلى نيوترون وبوزترون ب) تحلل النيوترون إلى بروتون وإلكترون
جـ) خروج إلكترون من النواة د) خروج بوزترون من النواة

22) إذا كان العدد الكتلي للعنصر (X) = (8) أمثال العدد الكتلي للعنصر (Y) فإن النسبة بين كثافة نواة العنصر (X) إلى نواة العنصر (Y) تساوي :

أ) $\frac{1}{8}$ ب) $\frac{1}{2}$ جـ) 1 د) 8

23) تمتاز القوة النووية بأنها :

أ) قصيرة المدى صغيرة المقدار ب) قصيرة المدى كبيرة المقدار
جـ) طويلة المدى كبيرة المقدار د) طويلة المدى صغيرة المقدار

24) في المعادلة النووية الآتية : ($^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e +$ .....) الفراغ يمثل :

أ) نيوترينو ب) ضديد النيوترينو جـ) أشعة غاما د) طاقة

25) حجم النواة يتناسب طردياً مع :

أ) الجذر التكعيبي للعدد الكتلي ب) مربع العدد الكتلي جـ) القوة الرابعة للعدد الكتلي د) العدد الكتلي

26) في النوى الخفيفة المستقرة يكون :

أ) عدد النيوترونات فيها = عدد البروتونات دائماً ب) عدد النيوترونات فيها أكبر عدد البروتونات دائماً
جـ) عدد النيوترونات فيها أقل عدد البروتونات دائماً د) عدد النيوترونات فيها ≤ عدد البروتونات

27) إذا كان الفرق بين مجموع كتل مكونات نواة الحديد ($^{56}_{26}Fe$) وكتلة النواة نفسها (0.5 amu) فإن طاقة الربط النووية للنواة تقريباً تساوي :

أ) 0.5 J ب) 0.5 MeV جـ) 465.5 MeV د) 4.5 J

28) عينة من عنصر مشع ينحل منه ($\frac{15}{16}$) بعد مرور ساعة فإن فترة عمر النصف تساوي بالدقيقة :

أ) 20 ب) 10 جـ) 15 د) 5

29) عنصر مشع فترة عمر النصف له (4) ساعات فإن الزمن اللازم لكي ينحل إلى (0.25) الكمية بالساعات يساوي :

أ) 1 ب) 8 جـ) 2 د) 4

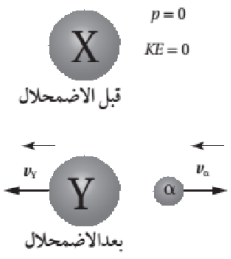
30) عنصر مشع كتلته (120 g) ، عمر النصف له (30) يوم فإن الزمن اللازم حتى ينحل (105 g) هو :

أ) 90 ب) 126 جـ) 60 د) 36

31) إذا علمت أن نصف قطر نواة العنصر (X) إلى نواة العنصر (Y) يساوي (3 : 1) ، فإن كتلة نواة العنصر (X) إلى كتلة نواة العنصر (Y) تساوي :

أ) 1 : 3 ب) 1 : 9 جـ) $1 : \sqrt{3}$ د) 1 : 27

32) يوضح الشكل إضمحلال ألفا للنواة (X) التي عددها الكتلي (220) ، على افتراض أن النواة كانت ساكنة قبل الإضمحلال ، وأن الطاقة المتحررة من التفاعل تتوزع على جسيم ألفا والنواة (Y) كطاقة حركية ، فإن نسبة الطاقة الحركية لجسيم ألفا ألى النواة (Y) ، ($KE_\alpha : KE_Y$) تساوي :



أ) (1 : 55) ب) (55 : 1) جـ) (1 : 54) د) (54 : 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
أ	جـ	أ	ب	ب	د	أ	ب	د	جـ
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
أ	ب	د	جـ	جـ	ب	د	أ	ب	أ
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
أ	جـ	ب	ب	د	د	جـ	جـ	ب	أ
31	32								
د	د								

T.Saed Assaf

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 $({}^{226}_{88}X)$ على 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 بعَضها 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

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

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

4. **أستخدم المتغيّرات:** 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.

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

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.

7. أُكمل المعادلات النوويّة الآتية:

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

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

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

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

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

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

8. أكمل الجدول الآتي:

نوع الإشعاع / وجه المقارنة	ألفا	بيتا	غاما
طبيعة الإشعاع			
نوع الشحنة			
الكتلة			
القدرة على النفاذ			
القدرة على التأيين			

9. **أستخدم المتغيّرات:** 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).

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

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.

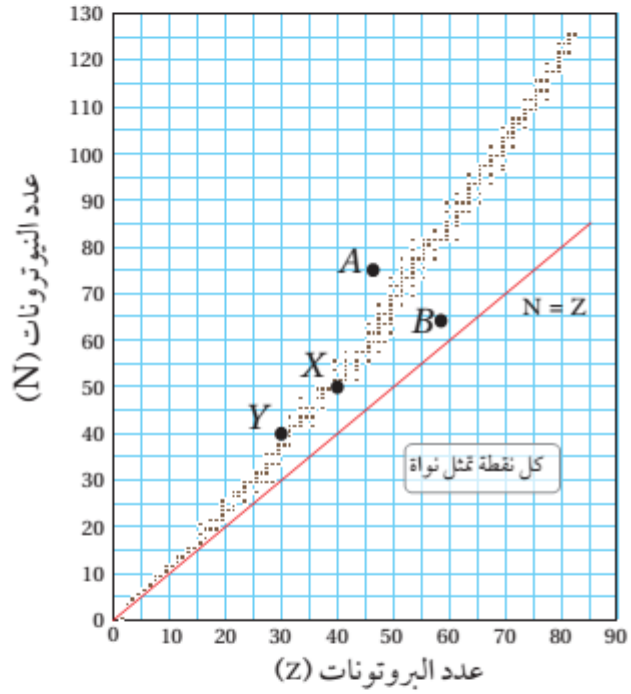
12. **أستخدم المتغيّرات:** إذا كانت طاقة الربط النوويّة لكل نيوكليون لنواة الفوسفور ${}^{30}_{15}P$ تساوي (8.35 MeV)، أجد ما يأتي:

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

ب. كتلة نواة الفسفور ${}^{30}_{15}P$.

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

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



أ . أحسب نصف قطر النواة (X).

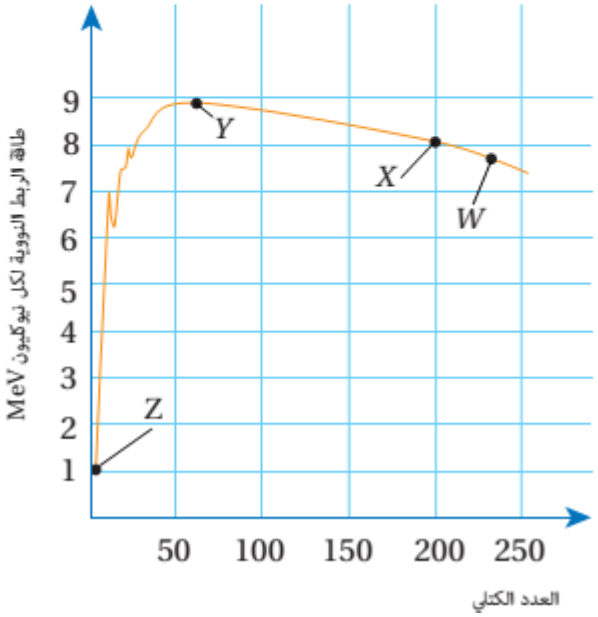
ب. أحسب طاقة الربط النووية للنواة (Y)، علما أن كتلتها تساوي $(70.0012\ amu)$.

جـ. أيُهما 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.

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؟

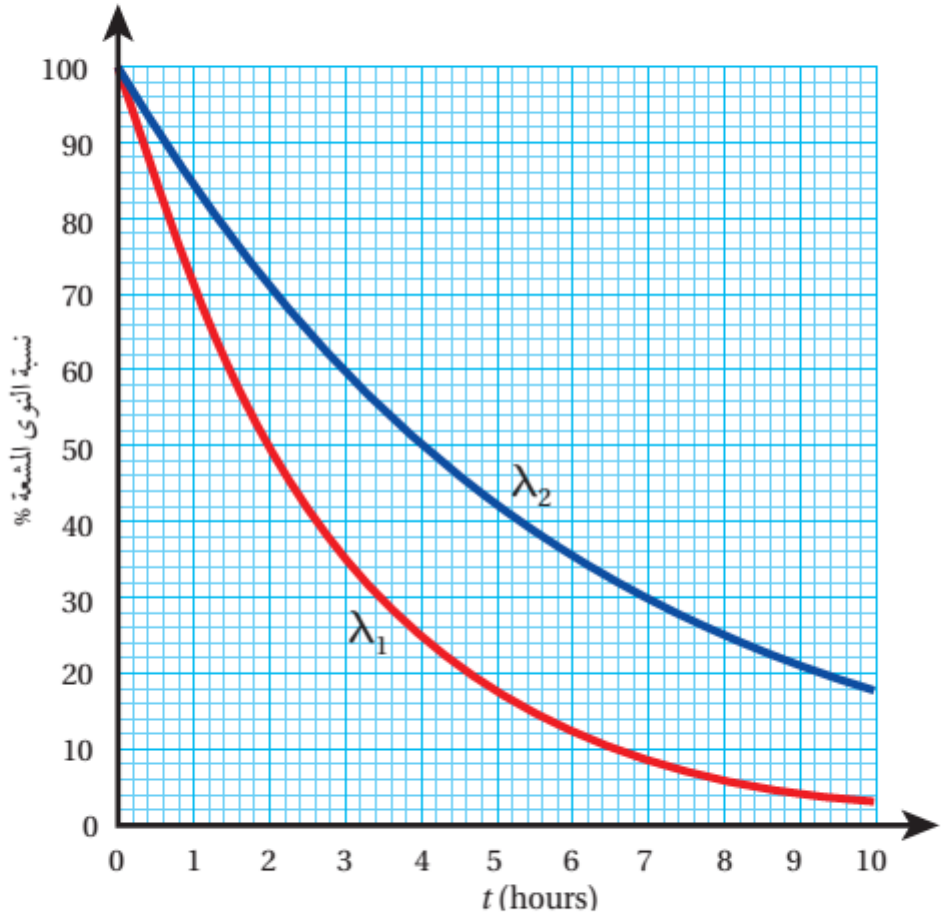
جـ. أحسب طاقة الربط النووية لنواة العنصر (X).

16. **أحلّل رسمًا بيانيًّا:** يمثّل الشكل رسمًا بيانيًّا يوضّح العلاقة بين النسبة $\frac{N}{N_0} \times 100\%$ مع الزمن لنظيري عنصرين 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)؟



مراجعة الوحدة السابعة

1. الاختيار من متعدد:

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

2. أستخدم المتغيرات:

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

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

ب. النشاطية الاشعاعية:

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

ج. عدد النوى المتبقية:

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

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

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

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

3. أستخدم المتغيرات:

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:

$$A = N\,\lambda$$

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

4. أستخدم المتغيرات:

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 المتغيرات:

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

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

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

6. أ: أستخدم المتغيرات:

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

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

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

7. أكمل المعادلات النووية الآتية:

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

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

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

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

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

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

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. أستخدم المتغيرات:

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 المتغيرات:

$$\Delta m = m_a + m_X - (m_b + m_Y)$$

$$\Delta m = 1.0087 + 10.0103 - (4.0015 + 7.0144) = 0.0031\ amu$$

$$Q = \Delta m \times 931.5 = 0.0031 \times 931.5 = 2.888\ \text{MeV}$$

11. أقارن:

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 المتغيرات:

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 المتغيرات:

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

14. أحلل:

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. أحلل:

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. أحلل رسماً بيانياً:

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.