شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج العمانية

إجابات الوحدة التاسعة الفيزياء النووية

تاريخ نشر الملف على موقع المناهج: 2024-02-25 04:54:53

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر

روابط مواد الصف الثاني عشر على تلغرام

التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر والمادة فيزياء في الفصل الثاني

1	إجابات الوحدة الثامنة فيزياء الكم
2	إجابات الوحدة السابعة تراكب الموجات
3	أسئلة اختبارات كامبريدج في الوحدة السادسة الموجات
4	ملخص شرح درس تأثير دوبلر للموجات الصوتية من الوحدة السادسة
5	ملخص شرح درس سرعة الموجة من الوحدة السادسة

إجابات كتاب الطالب

العلوم ضمن سياقها

- يتحوّل مليار kg (10^9) من كتلة الشمس في كل ثانية، ويمكن حساب الكتلة المتحوّلة إلى طاقة في سنة واحدة، وحيث تتكوّن السنة من:

$60 \times 60 \times 24 \times 365 = 3.15 \times 10^7$ s

لذلك تحوّل الشمس في سنة واحدة $3.15 \times 10^7 \times 10^9$ kg من كتلتها إلى طاقة أي 3.15×10^{16} kg.

وكتلة الشمس 10^{30} kg تقريبًا.

فلو حوّلت الشمس 3.15×10^{16} kg من كتلتها إلى طاقة في كل سنة، فإنها ستستغرق: ($10^{30} \div 3.15 \times 10^{16}$) سنة حتى تتحوّل جميع كتلتها إلى طاقة، وهذا يساوي 3.17×10^{13} سنة تقريبًا.

- سيكون الزمن في الواقع أقل بكثير، حيث لن تتحوّل كتلة الشمس كاملة إلى طاقة.

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

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

ب. $^{25}_{11}Na \rightarrow {}^{25}_{12}Mg + {}^{0}_{-1}e$

٢. $^{41}_{18}Ar \rightarrow {}^{41}_{19}K + {}^{0}_{-1}e$

٣. بإعادة ترتيب المعادلة $\Delta E = \Delta mc^2$ لتعطي النقص في الكتلة في كل ثانية:

$$\Delta m = \frac{4.0 \times 10^{26}}{(3.00 \times 10^8)^2} \approx 4.4 \times 10^9 \text{ kg}$$

٤. **أ.** تتكوّن نواة الهيليوم من بروتونين ونيوترونين، تُعطى الطاقة المتحرّرة من الفرق في الكتلة بين كتلة الأربع نيوكليونات المنفصلة وكتلة نواة الهيليوم.

$\Delta m = 2m_p + 2m_n - m_{He}$

$= (2 \times 1.672623 + 2 \times 1.674928 - 6.644661) \times 10^{-27}$

$= 5.04 \times 10^{-29}$ kg

الطاقة المنبعثة:

$\Delta E = \Delta mc^2 = 5.04 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^8)^2$

$= 4.54 \times 10^{-12}$ J

ب. الطاقة المنبعثة لكل نيوكليون:

$$= \frac{4.54 \times 10^{-12}}{4} \approx 1.14 \times 10^{-12} \text{ J}$$

٥. طاقة الحركة لكرة الجولف:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.150 \times (50)^2 = 187.5 \text{ J}$$

الزيادة في كتلة كرة الجولف:

$$\Delta m = \frac{187.5}{(3.00 \times 10^8)^2} = 2.08 \times 10^{-15} \text{ kg}$$

النسبة المئوية من الكتلة السكونية:

$$= \frac{2.08 \times 10^{-15}}{0.150} \times 100\% = 1.40 \times 10^{-12} \%$$

٦. **أ.** كتلة ذرة الحديد $^{56}_{26}Fe$:

$= 55.934937 \times 1.6605 \times 10^{-27}$

$= 9.2880 \times 10^{-26}$ kg

ب. كتلة ذرة الأكسجين $^{16}_{8}O$:

$$= \frac{2.656015 \times 10^{-26}}{1.6605 \times 10^{-27}} = 15.995 \text{ u}$$

٧. **أ.** كتلة نواة الهيليوم-4:

$= 4.001506 \times 1.6605 \times 10^{-27}$

$= 6.64 \times 10^{-27}$ kg

ب. كتلة 1 مول من أنوية اليورانيوم-235:

$= 6.02 \times 10^{23} \times (235.043930 \times 1.6605 \times 10^{-27})$

$= 0.23495$ kg ≈ 235 g

(لاحظ أن الكتلة المولية بالغرام تساوي عدد النيوكليونات تقريبًا).

٨. **أ.** معادلة الانحلال النووي:

$^{10}_{4}Be \rightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{0}_{-1}e$

ب. لحساب الطاقة المنبعثة نحسب أولًا النقص في الكتلة:

$$\Delta m = (1.66219 \times 10^{-26} + 9.10938 \times 10^{-31}) - 1.66238 \times 10^{-26}$$

$$= -9.89062 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

(الإشارة السالبة تعني أن هناك طاقة تتحرّر في الانحلال).

الطاقة المنبعثة في هذا الانحلال:

$$\Delta mc^2 = 9.89062 \times 10^{-31} \times (3.00 \times 10^8)^2$$

$$= 8.90 \times 10^{-14} \text{ J}$$

تتحرّر هذه الطاقة كطاقة حركة للنواتج.

٩. أ. لأنه نيوكليون مفرد؛ وبالتالي ليس له طاقة ربط نووي أو لأن نواته تحتوي على نيوكليون مفرد (بروتون واحد فقط).

ب. $12 \times 10^{-13} \text{ J} \approx$ طاقة الربط لكل نيوكليون من التمثيل البياني.

طاقة الربط لنواة $^{14}_{7}\text{N}$:

$$= 12 \times 10^{-13} \times 14 = 1.68 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$\approx 1.7 \times 10^{-11} \text{ J}$$

١٠. أ. النقص في الكتلة:

$$\Delta m = 4 \times m_p + 4 \times m_n - m_{Be}$$

$$= (4 \times 1.673 + 4 \times 1.675) \times 10^{-27} - 1.33 \times 10^{-26}$$

$$= 9.20 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

ب. طاقة الربط بوحدة الجول:

$$\Delta mc^2 = 9.20 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^8)^2$$

$$= 8.28 \times 10^{-12} \text{ J}$$

طاقة الربط بوحدة الـ (MeV):

$$= \frac{8.28 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.18 \times 10^7 \text{ eV} = 51.8 \text{ MeV}$$

ج. طاقة الربط لكل نيوكليون:

$$= \frac{51.8}{8} \approx 6.5 \text{ MeV}$$

١١. لا يحدث الانشطار للأنوية الخفيفة $A < 20$؛ لأنه يكون للنواتج طاقة ربط لكل نيوكليون أصغر، فيتطلّب التفاعل تزويده بطاقة خارجية؛ وكذلك لا يحدث الاندماج للأنوية الثقيلة $A > 40$، للسبب نفسه.

١٢. طاقة الربط لكل نيوكليون للديوتيريوم:

$$= \frac{2.2}{2} = 1.1 \text{ MeV}$$

طاقة الربط للبروتون = صفر (لأنه نيوكليون وحيد)

طاقة الربط لكل نيوكليون للهيليوم-3:

$$= \frac{7.7}{3} = 2.6 \text{ MeV}$$

طاقة الربط لكل نيوكليون بعد الاندماج أكبر من طاقة الربط لكل نيوكليون قبل الاندماج.

١٣. النشاط الإشعاعي لعيّنة الكربون-15:

$$A = \lambda N = 0.30 \times 500000 = 150000 \text{ s}^{-1}$$

$$= 150000 \text{ Bq}$$

١٤. النشاط الإشعاعي لهذا النظير من الراديوم:

معدّل العدّ المستقبل في جهاز الكشف $\times$ A =

$$= 10 \times 20 \text{ min}^{-1} = 200 \text{ min}^{-1} = \frac{200}{60} \text{ s}^{-1} = \frac{10}{3} \text{ s}^{-1}$$

بإعادة ترتيب معادلة النشاط الإشعاعي $A = \lambda N$ لتعطي ثابت الانحلال لهذا النظير من الراديوم:

$$\lambda = \frac{A}{N} = \frac{10}{3 \times 1.5 \times 10^9} = 2.2 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

١٥. معدل العدّ قد يكون أقل من النشاط الإشعاعي الحقيقي بسبب أن:

- أشعة جاما لا تُكتشف دائمًا (ضعيفة التأيين).
- العدّاد قد يكون غير فعّال.
- بعض الأشعة تُمتص من قبل العيّنة قبل أن تصل إلى جهاز الكشف.

١٦. أ. معادلة عدد الأنوية غير المنحلّة:

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

ب. بعد 10 دقائق سيكون قد انحلّ نصف عدد الأنوية، فيبقى نصف عدد الأنوية الأصلية أو 4.0×10^{10}

بعد 10 دقائق أخرى سيكون قد انحلّ نصف عدد الأنوية المتبقية، أي أنه بعد 20 دقيقة سيبقى ربع عدد الأنوية الأصلية أو 2.0×10^{10}

ج. بعد 30 دقيقة سيكون قد مضى من الزمن ثلاثة أعمار نصف. لذلك فإن:

عدد الأنوية غير المنحلّة:

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^3 \times N_0 = \frac{1}{8} \times N_0 = \frac{1}{8} \times 8.0 \times 10^{10}$$

$$= 1.0 \times 10^{10}$$

عدد الأنوية المنحلّة:

$$8.0 \times 10^{10} - 1.0 \times 10^{10} = 7.0 \times 10^{10}$$

١٧. أ. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد 50 s:

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

$$= 5.0 \times 10^9 \times e^{-0.10 \times 50} = 3.37 \times 10^7$$

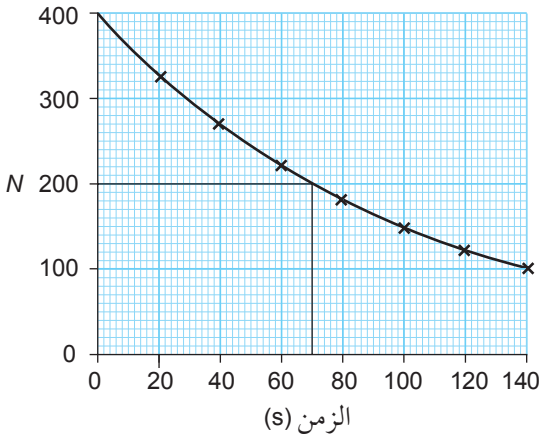
$$\approx 3.4 \times 10^7$$

ب. النشاط الإشعاعي للنظير بعد 50 s:

$$A = \lambda N = 0.10 \times 3.37 \times 10^7 \approx 3.4 \times 10^6 \text{ Bq}$$

١٨.

الزمن (s)	0	20	40	60	80	100	120	140
N	400	330	272	224	185	153	126	104



عمر النصف يساوي 70 s تقريبًا.

١٩. عمر النصف هو 2.4 سنة.

ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{0.693}{2.4} \approx 0.29 \text{ year}^{-1}$$

٢٠. الزمن الذي سيستغرقه النشاط الإشعاعي للعيّنة لينخفض إلى $\frac{1}{8}$ قيمته الابتدائية هو ثلاثة أعمار نصف.

(على الترتيب $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{8}$)

لذلك يكون الزمن المستغرق:

$$3t_{\frac{1}{2}} = 3 \times \frac{0.693}{\lambda} = \frac{3 \times 0.693}{3.0 \times 10^{-4}} = 6.93 \times 10^3$$

$$\approx 6900 \text{ s}$$

٢١. أ. ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{0.693}{7.4} = 0.094 \text{ s}^{-1}$$

ب. ١. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد 14.8 s:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 5.0 \times 10^3 \times e^{(-0.094 \times 14.8)}$$

$$= 1250$$

٢. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد 20.0 s:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 5.0 \times 10^3 \times e^{(-0.094 \times 20.0)}$$

$$= 768$$

٢٢. أ. نحتاج إلى تعبير لثابت الانحلال λ بحيث يمكننا تعويضه في معادلة الانحلال.

نسبة عدد الذرات المتبقية إلى عدد الذرات الأصلية في العيّنة هي:

$\frac{N}{N_0}$

فعندما $t = t_{\frac{1}{2}}$ ، فإن $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$

بأخذ لوغاريتم الطرفَين:

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda t_{\frac{1}{2}}$$

لذلك:

$$\lambda = -\frac{\ln\left(\frac{1}{2}\right)}{t_{\frac{1}{2}}}$$

بعدها المعادلة $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ تصبح:

$$\frac{N}{N_0} = e^{\ln(\frac{1}{2})\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$$

تذكّر أن:

$$e^{\ln(\frac{1}{2})} = \left(\frac{1}{2}\right)$$

لذلك:

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

ب. ١. 0.50

٢. 0.25

٣. 0.177 ≈ 0.18

٤. 0.0032

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. د

٢. أ

٣. أ. باستخدام المعادلة $\Delta E = \Delta m c^2$:

$$\Delta m = 2 \times 1.67 \times 10^{-27}$$

الطاقة المنبعثة في التفاعل:

$$E = 2 \times 1.67 \times 10^{-27} \times (3.00 \times 10^8)^2$$

$$= 3.01 \times 10^{-10} \text{ J}$$

ب. يحتوي المول الواحد على N_A جسيم (6.02×10^{23}).

الطاقة المنبعثة في تفاعل واحد مول:

$$E = 3.01 \times 10^{-10} \times N_A$$

$$= 3.01 \times 10^{-10} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.81 \times 10^{14} \text{ J}$$

٤. باستخدام المعادلة $\Delta E = \Delta m c^2$:

$$\Delta m = \frac{1.0}{(3.00 \times 10^8)^2}$$

الكتلة التي ستتلاشى:

$$\Delta m = 1.1 \times 10^{-17} \text{ kg}$$

٥. باستخدام المعادلة $E = mc^2$، الطاقة المتحرّرة في كل ثانية:

$$= 70 \times 10^{-9} \times (3.00 \times 10^8)^2 = 6.3 \times 10^9 \text{ J}$$

لكن الطاقة في كل ثانية = القدرة، لذلك أقصى قدرة تنتج من المفاعل = 6.3 GW

٦. النقص في الكتلة:

$$= 221.970 - 217.963 - 4.002 = 0.005 \text{ u}$$

$$= 0.005 \times 1.660 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 8.30 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

الطاقة الكلية المتحرّرة:

$$= 8.30 \times 10^{-30} \times (3.00 \times 10^8)^2 = 7.47 \times 10^{-13} \text{ J}$$

الطاقة المتحرّرة تكون على شكل طاقة حركة لجسيمات ألفا، وأشعة كهرومغناطيسية (أشعة جاما).

٧. أ. النقص في الكتلة بوحدة u:

$$= 6 \times (1.007276 + 1.008665 + 0.000548) - 12.000$$

$$= 0.098934 \text{ u}$$

النقص في الكتلة بوحدة kg:

$$= 0.098934 \times 1.660 \times 10^{-27} = 1.64 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

ب. طاقة الربط = النقص في الكتلة $\times c^2$:

$$= 1.64 \times 10^{-28} \times (3.00 \times 10^8)^2 = 1.48 \times 10^{-11} \text{ J}$$

ج. عدد النيوكليونات = 12

طاقة الربط لكل نيوكليون:

$$= \frac{1.48 \times 10^{-11}}{12} = 1.23 \times 10^{-12} \text{ J}$$

٨. أ. التغير في الكتلة بوحدة u:

$$= 3.015500 + 2.013553 - 4.001506 - 1.007276$$

$$= 0.020271 \text{ u}$$

التغير في الكتلة بوحدة kg:

$$= 0.020271 \times 1.660 \times 10^{-27} = 3.365 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

ومن ثم تطبيق المعادلة $\Delta E = \Delta m c^2$

(ΔE) هي طاقة الربط النووي ثم يقسم الناتج على عدد النيوكليونات للحصول على طاقة الربط النووي لكل نيوكليون.

١٤. أ. الاندماج النووي هو ربط نواتَين خفيفتَين أو (أكثر) لتشكيل نواة أثقل.

ويجب التغلّب على قوة التنافر الكهروستاتيكية بين الأنوية، والحاجة إلى درجات حرارة عالية جدًا تعني أن الجسيمات يجب أن تتحرك بسرعة عالية جدًا أي أن يكون لها طاقة عالية جدًا.

ب. ١. لأن القوى الكهروستاتيكية أكبر حيث إن الشحنة على كل نواة هيليوم (He) تكون ضعف الشحنة على نواة الهيدروجين (H).

٢. الطاقة المنبعثة في عملية ألفا الثلاثية:

$\Delta m = 12.000000 - (3 \times 4.001506)$

$= 0.004518$ u

$\Delta m = 0.004518 \times 1.660 \times 10^{-27}$

$= 7.500 \times 10^{-30}$ kg

$\Delta E = 7.500 \times 10^{-30} \times (3.00 \times 10^8)^2$

$= 6.75 \times 10^{-13}$ J

اقبل الإجابة 9.15×10^{-14} J إذا كانت كتلة نواة الكربون-12 مأخوذة من الجدول ٩-١.

١٥. أ. قدرة جسيمات ألفا الآتية من خارج الجسم على الاختراق ضعيفة جدًا، لأنه يتم توقيفها بواسطة خلايا الجلد الميتة.

ولكن الغبار يمكن تنفّسه، الأمر الذي يجعل النظير ينحل ويطلق جسيم ألفا داخل الجسم، عندها تكون جسيمات ألفا خطِرة جدًا.

ب. عدد ذرات البولونيوم:

$N = \frac{2.4}{218} \times 6.02 \times 10^{23} = 6.63 \times 10^{21}$

$\lambda = \frac{\ln 2}{183} = 3.79 \times 10^{-3}\ s^{-1}$

النشاط الإشعاعي الابتدائي للبولونيوم المتحرّر:

$A_0 = \lambda N = 3.79 \times 10^{-3} \times 6.63 \times 10^{21}$

$= 2.51 \times 10^{19}$ Bq

ج. $\lambda t = \ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = \ln\left(\frac{2.51 \times 10^{19}}{10}\right)$

$= \ln(2.51 \times 10^{18})$

الزمن المطلوب:

$t = \frac{\ln(2.51 \times 10^{18})}{3.79 \times 10^{-3}} = 11200\ s = 3.1\ hours$

١٦. أ. طاقة حركة للأجزاء المنشطرة.

ب. ١. النقص في الكتلة:

$\Delta m = 3.90 \times 10^{-25} - (1.44 \times 10^{-25} + 2.42 \times 10^{-25} + 1.67 \times 10^{-27} \times 2)$

$= 6.60 \times 10^{-28}$ kg

الطاقة المنبعثة:

$\Delta E = 6.60 \times 10^{-28} \times (3.00 \times 10^8)^2$

$= 5.94 \times 10^{-11}$ J

٢. عدد الانشطارات في كل ثانية:

$= \frac{200 \times 10^6}{5.94 \times 10^{-11}} = 3.37 \times 10^{18}$

٣. عدد الانشطارات في كل سنة:

$= 3.37 \times 10^{18} \times 3.15 \times 10^7 = 1.06 \times 10^{26}$

عدد مولات اليورانيوم-235 المطلوبة في كل سنة:

$= \frac{1.06 \times 10^{26}}{6.02 \times 10^{23}} = 176$

كتلة اليورانيوم-235 المطلوبة في سنة:

$= 176 \times 235 = 4.14 \times 10^4\ g = 41.4\ kg$

ب. الطاقة المنبعثة:

$\Delta mc^2 = 3.365 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^8)^2$

$= 3.028 \times 10^{-12}$ J

ج. الطاقة المنبعثة لكل مول = الطاقة المنبعثة لكل تفاعل × N_A

$= 3.028 \times 10^{-12} \times 6.02 \times 10^{23}$

$= 1.823 \times 10^{12}$ J

٩. أ. يحتوي المول الواحد على N_A ذرة.

باستخدام المعادلة $A = \lambda N$ نحصل على:

$$\lambda = \frac{A}{N} = \frac{8.02 \times 10^{21}}{6.02 \times 10^{23}} = 1.33 \times 10^{-2}\ s^{-1}$$

ب. $\lambda\ t_{\frac{1}{2}} = 0.693$ لذلك:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

عمر النصف $t_{\frac{1}{2}}$ للنظير:

$$= \frac{0.693}{1.33 \times 10^{-2}} = 52.0\ s$$

١٠. أ. من التمثيل البياني، عندما يقلّ معدل العد من 160 إلى 40 يكون قد مضى 2 عمر نصف

لذلك: $2 \times t_{\frac{1}{2}} = 28$ s

وبالتالي عمر النصف:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{28}{2} = 14\ s$$

أو استخدام النقطة (14 ، 80)

ب. $\lambda\ t_{\frac{1}{2}} = 0.693$ ، وبالتالي ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{14} = 4.95 \times 10^{-2}\ s^{-1}$$

١١. أ. ثابت الانحلال بوحدة y^{-1} لنظير اليورانيوم:

$$\lambda_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{4.9 \times 10^9} = 1.4 \times 10^{-10}\ y^{-1}$$

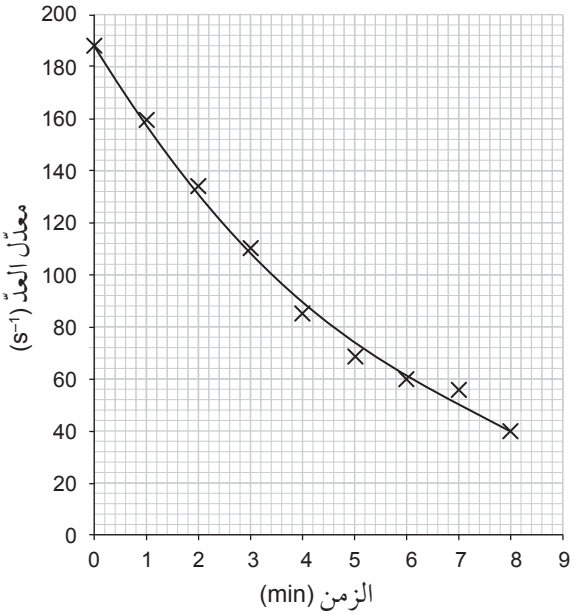
ب. باستخدام $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

$\ln 0.992 = -1.4 \times 10^{-10}\ t$

عمر الصخر بالسنوات:

$t = 5.7 \times 10^7$ y

١٢. أ. ١. تمثيل بياني مرسوم باستخدام هذه الأرقام، خط تمثيل بياني واحد سلس، نقاط تمثل برمز معيّن (كرمز x في الشكل على سبيل المثال):



٢. انحلال عشوائي للعنصر ويصبح أكثر وضوحًا عند مستويات النشاط الإشعاعي المنخفض.

ب. من التمثيل البياني: $t_{\frac{1}{2}} \approx 3.8$ min

ج. جميع معدلات العدّ ستكون أكبر، ولكن الزمن اللازم لانخفاض معدل العد إلى النصف سيبقى كما هو.

١٣. أ. 92 بروتون و 143 نيوترون

ب. عندما تتحد النيوكليونات لتكوّن نواة اليورانيوم، فإنه يكون لها طاقة (طاقة ربط) أقل ممّا عندما كانت منفصلة.

طاقة أقل تعني كتلة أقل (الكتلة الكلية للنيوكليونات أكبر من كتلة نواة اليورانيوم).

ج. بجمع كتل البروتونات والنيوترونات المنفصلة ثم طرح كتلة نواة اليورانيوم من ناتج الجمع لإيجاد النقص في الكتلة.

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٩-١: وزن المعادلات النووية

١. بروتون ($^{1}_{1}p$)

٢. أ. $235 + 1 = 90 + 144 + 2A$

$A = 1$

ب. $92 + 0 = 38 + 54 + 2Z$

$Z = 0$

ج. نيوترون

٣. أ. $4 \times 1 = 2 + (x \times 1)$

$x = 2$

ب. بوزيترون (β^{+})

٤. أ. $238 = x + 4$

$x = 234$

ب. جسيم ألفا (نواة ذرة الهيليوم).

ج. انبعاث ألفا أو انحلال ألفا.

٥. $^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{4}_{2}He$

٦. $^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He$

نشاط ٩-٢: النقص في الكتلة وطاقة الربط النووي

١. **طاقة الربط النووي:** الحد الأدنى من الطاقة الخارجية المطلوبة لفصل جميع نيوكليونات نواة ما إلى ما لا نهاية.

عدد النيوكليونات: العدد الإجمالي للبروتونات والنيوترونات في نواة ما.

النقص في الكتلة: الفرق بين الكتلة الكلية للنيوكليونات المنفصلة المفردة وكتلة النواة.

٢. أ. الطاقة المكافئة:

$\Delta E = \Delta m c^2 = 1.0 \times 10^{-3} \times (3.00 \times 10^{8})^2$

$= 9.0 \times 10^{13}$ J

ب. الطاقة المعادلة لـ 1 u بوحدة الجول:

$1\ u = 1.66 \times 10^{-27}$ kg

$E = 1.66 \times 10^{-27} \times (3.00 \times 10^{8})^2$

$E = 1.49 \times 10^{-10}$ J

بوحدة الـ (MeV):

$E = \frac{1.49 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} = 9.3 \times 10^{8}$ eV $= 930$ MeV

ج. النيوترون هو عبارة عن نيوكليون مفرد، ولا يمكن تقسيمه إلى نيوكليونات أصغر.

٣. أ. 90 بروتون و 138 نيوترون

ب. الكتلة الكلية للنيوكليونات:

$= (90 \times 1.6726 \times 10^{-27}) + (138 \times 1.6749 \times 10^{-27})$

$= 3.8167 \times 10^{-25}$ kg

ج. النقص في الكتلة:

$\Delta m = 3.8167 \times 10^{-25} - 3.7857 \times 10^{-25}$

$= 3.1002 \times 10^{-27}$ kg

د. طاقة الربط بوحدة الجول:

$\Delta E = \Delta m c^2 = 3.1002 \times 10^{-27} \times (3.00 \times 10^{8})^2$

$= 2.79 \times 10^{-10}$ J

هـ. طاقة الربط بوحدة eV:

$\Delta E = \frac{2.79 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.7 \times 10^{9}$ eV

٤. أ. النقص في الكتلة بوحدة الـ u:

$\Delta m = (2 \times 1.0073) + (2 \times 1.0087) - 4.0015$

$= 0.0305$ u

ب. النقص في الكتلة بوحدة الـ kg:

$\Delta m = 0.0305 \times 1.66 \times 10^{-27} = 5.06 \times 10^{-29}$ kg

ج. طاقة الربط النووي بوحدة الجول:

$$\Delta E = \Delta m c^2 = 5.06 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^8)^2$$

$$= 4.56 \times 10^{-12} \text{ J}$$

د. طاقة الربط النووي بوحدة eV:

$$\Delta E = \frac{4.56 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.85 \times 10^7 \text{ eV}$$

٥. أ. طاقة الربط النووي بوحدة الجول:

$$\Delta E = 2.24 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.58 \times 10^{-13} \text{ J}$$

ب. النقص في كتلة النواة بوحدة الـ kg:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{3.58 \times 10^{-13}}{(3.00 \times 10^8)^2} = 3.98 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

ج. الكتلة الكلية للبروتون والنيوترون عند فصلهما:

$$= 1.67262 \times 10^{-27} + 1.67493 \times 10^{-27}$$

$$= 3.34755 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

د. كتلة النواة بوحدة الـ kg:

$$= 3.34755 \times 10^{-27} - 3.98 \times 10^{-30}$$

$$= 3.34357 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

٦. أ. النقص في الكتلة أثناء التفاعل بأكمله بوحدة الـ u:

$$\Delta m = 235.124 + 1.009 - (89.920 + 143.923 + (2 \times 1.009))$$

$$= 0.272 \text{ u}$$

ب. النقص في الكتلة بوحدة الـ kg:

$$\Delta m = 0.272 \times 1.66 \times 10^{-27}$$

$$= 4.51 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

الطاقة المنبعثة:

$$\Delta E = \Delta m c^2 = 4.51 \times 10^{-28} \times (3.00 \times 10^8)^2$$

$$= 4.06 \times 10^{-11} \text{ J}$$

نشاط ٩-٣: طاقة الربط لكل نيوكليون والاندماج النووي والانشطار النووي

١. أ.

النواة	عدد النيوكليونات	طاقة الربط النووي (MeV)	طاقة الربط النووي لكل نيوكليون (MeV)
$^{235}_{92}U$	235	1790	7.60
$^{56}_{26}Fe$	56	492	8.79
$^{87}_{35}Br$	87	748	8.60

ب. الحديد (Fe) الأكثر استقرارًا لأن طاقة الربط لكل نيوكليون أكبر أي تحتاج نواة الحديد إلى أكبر قدر من الطاقة لإزالة نيوكليون واحد منها.

٢. أ. طاقة الربط لنواة الـ ^2_1H:

$$= 2 \times 1.1 = 2.2 \text{ MeV}$$

ب. طاقة الربط لنواة الـ ^4_2He:

$$= 4 \times 7.1 = 28.4 \text{ MeV}$$

ج. الطاقة المنبعثة خلال هذا التفاعل النووي:

$$= 28.4 - (2 \times 2.2) = 24 \text{ MeV}$$

٣. أ. عدد النيوكليونات للنظير الأكثر استقرارًا هو نحو 60 نيوكليونًا.

ب. الاندماج النووي هو اتحاد أنوية خفيفة معًا لتكوين نواة ذات كتلة أكبر.

الانشطار النووي هو تفكّك نواة كبيرة إلى نواتَين متساويتَين في الكتلة تقريبًا.

ج. طاقة الربط لنواة ما = طاقة الربط لكل نيوكليون × A

تكون طاقة الربط للنواة المتكونة في الاندماج النووي أكبر من مجموع طاقتَي الربط للنواتَين الأصليتَين.

تكون طاقة الربط للنواة الأم في الانشطار النووي أقل من مجموع طاقات الربط للأجزاء المتكوّنة.

د. النسبة المئوية للبوتاسيوم المشع المتبقي بعد 20 ساعة:

$$N = N_0\, e^{-\lambda t} = N_0 \times e^{(-\,0.058 \times 20)}$$

$$N = 0.31 N_0$$

يتبقى 31%

٤. أ. عدد أنوية الكربون–14:

$$N = \frac{5.0 \times 10^{-14} \times 6.02 \times 10^{23}}{14} = 2.15 \times 10^{9}$$

ب. ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{A}{N} = \frac{30}{2.15 \times 10^{9}} = 1.4 \times 10^{-8}\ s^{-1}$$

ج. عمر النصف:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{1.4 \times 10^{-8}} = 5.0 \times 10^{7}\ s$$

د. معادلة النشاط الإشعاعي:

$$A = A_0\, e^{-\lambda t}$$

$$6.0 = 30 \times e^{-\lambda t}$$

$$e^{-\lambda t} = \frac{6.0}{30} = 0.20$$

$$-\lambda t = \ln 0.20 = -1.6$$

$$t = \frac{1.6}{1.4 \times 10^{-8}} = 1.2 \times 10^{8}\ s$$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. ١. عمر النصف أو النشاط الإشعاعي يبقيان نفسَيهما مهما كانت العوامل الخارجية مثل درجة الحرارة أو الضغط أو وجود أنوية أخرى.

٢. الانحلال لنواة ما والذي لا يمكن التنبؤ به.

٣. يُظهر النشاط الإشعاعي في أثناء الانحلال تباينات أو تذبذبات.

ب. ١. $^{3}_{1}\mathrm{He} \rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

٢. النقص في كتلة نواة التريتيوم بوحدة الـ u:

$$\Delta m = 1.007277 + (2 \times 1.008665) - 3.016050$$

$$= 0.008557\ u$$

٣. الحد الأدنى من الطاقة الخارجية المطلوبة لفصل جميع نيوكليونات نواة ما إلى ما لا نهاية.

٤. النقص في كتلة نواة التريتيوم بوحدة الـ kg:

$$\Delta m = 0.008557 \times 1.66 \times 10^{-27}$$

$$= 1.42 \times 10^{-29}\ kg$$

طاقة الربط بالجول لنواة التريتيوم:

$$\Delta E = \Delta m c^2 = 1.42 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^{8})^2$$

$$= 1.28 \times 10^{-12}\ J$$

٥. النقص في الكتلة بوحدة الـ u:

$$\Delta m = 3.016050 - (3.014932 + 0.000549)$$

$$= 0.000569\ u$$

النقص في الكتلة بوحدة الـ kg:

$$\Delta m = 0.000569 \times 1.66 \times 10^{-27}$$

$$= 9.45 \times 10^{-31}\ kg$$

الطاقة المتحررة من انحلال نواة التريتيوم:

$$\Delta E = \Delta m c^2 = 9.45 \times 10^{-31} \times (3.00 \times 10^{8})^2$$

$$= 8.50 \times 10^{-14}\ J$$

٢. أ. معادلة الانحلال:

$$^{22}_{11}\mathrm{Na} \rightarrow {}^{22}_{10}\mathrm{Ne} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e}$$

ب. ١. احتمال انحلال نواة ما في الوحدة الزمنية.

٢. ثابت الانحلال للصوديوم–22:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{2.60} = 0.267\ y^{-1}$$

٣. لأن احتمال انحلال الأنوية في الثانية يكون صغيرًا مع وجود ثابت انحلال صغير، كما أن عدد الأنوية التي تنحلّ في وحدة الزمن يكون صغيرًا أيضًا. لذلك يستغرق الانحلال زمنًا طويلًا حتى ينخفض عدد

د. هناك زيادة حادة في طاقة الربط لكل نيوكليون للأعداد القليلة من النيوكليونات (الأنوية قليلة النيوكليونات)، حيث يحدث الاندماج النووي، مقارنة بالانخفاض في طاقة الربط لكل نيوكليون للأعداد الكبيرة من النيوكليونات (الأنوية كثيرة النيوكليونات)، حيث يحدث الانشطار النووي.

هـ. تحتوي النواة المتكوّنة على طاقة ربط لكل نيوكليون أقل من النواة الأصلية، وبالتالي فإن طاقة الربط الكلية بعد الاندماج تكون أقل ممّا كانت عليه قبل الاندماج، وهذا ممكن فقط إذا كانت الأنوية الابتدائية لها طاقة حركة كبيرة.

و. طاقة الربط لكل نيوكليون من التمثيل البياني:

$= 12 \times 10^{-13}$ J

طاقة الربط لنواة U–238:

$= 238 \times 12 \times 10^{-13} = 2.9 \times 10^{-10}$ J

ز. طاقة الربط لكل نيوكليون من التمثيل البياني:

$= 13.5 \times 10^{-13}$ J

طاقة الربط لنواة 119:

$= 119 \times 13.5 \times 10^{-13} = 1.6 \times 10^{-10}$ J

ح. الطاقة المنبعثة:

$= (2 \times 1.6 \times 10^{-10}) - 2.9 \times 10^{-10}$

$= 3.0 \times 10^{-11}$ J

ط. عدد أنوية 1 g يورانيوم:

$N = \frac{1}{238} \times 6.02 \times 10^{23} = 2.53 \times 10^{21}$

الطاقة المنبعثة الكلية:

$= 2.53 \times 10^{21} \times 3.0 \times 10^{-11} = 7.6 \times 10^{10}$ J

نشاط ٩-٤: عمر النصف وثابت الانحلال

١.

	عمر النصف (s)	ثابت الانحلال (s^{-1})	عدد الأنوية الابتدائي	النشاط الإشعاعي الابتدائي (Bq)	عدد الأنوية غير المنحلة بعد 10 s	النشاط الإشعاعي بعد 10 s (Bq)
أ	5.0	0.139	1000	139	250	35
ب	347	0.0020	5000	10	4900	9.8
ج	100	0.00693	100	0.693	93 أو 93.3	0.65 أو 0.647
د	6.93	0.1	10000	1000	3680	368
هـ	5.0	0.139	4000	554	1000	139

٢. أ. ثابت انحلال النظير بوحدة الـ (min^{-1}):

$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{300} = 2.3 \times 10^{-3}$ min^{-1}

ب. النشاط الإشعاعي الابتدائي للعيّنة بوحدة الـ (min^{-1}):

$A = \lambda N = 2.3 \times 10^{-3} \times 1.8 \times 10^{6}$

$= 4.2 \times 10^{3}$ min^{-1}

ج. النشاط الإشعاعي الابتدائي بوحدة (Bq):

$A = \frac{4.2 \times 10^{3}}{60} = 69$ Bq

٣. أ. ثابت انحلال البوتاسيوم بوحدة الـ (h^{-1}):

$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{12} = 0.058$ h^{-1}

ب. ثابت انحلال البوتاسيوم بوحدة الـ (s^{-1}):

$\lambda = \frac{0.058}{60 \times 60} = 1.6 \times 10^{-5}$ s^{-1}

ج. النسبة المئوية للبوتاسيوم المشع المتبقي بعد 12 ساعة:

12 ساعة هي عمر نصف واحد، أي يتبقى 50%

الأنوية المنحلّة إلى نصف عدد الأنوية الابتدائية.

ج. ١. $\lambda = 0.267\ y^{-1} = 8.45 \times 10^{-9}\ s^{-1}$

عدد الأنوية الابتدائية:

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1.7 \times 10^3}{8.45 \times 10^{-9}} = 2.0 \times 10^{11}$$

٢. عدد الأنوية المتبقية:

$$N = N_0\, e^{-\lambda t} = 2.0 \times 10^{11} \times e^{(-0.267 \times 5.0)}$$

$$= 5.3 \times 10^{10}$$

٣. عدد أنوية النيون المتكوّنة:

$$2.0 \times 10^{11} - 5.3 \times 10^{10}$$

النسبة:

$$= \frac{5.3 \times 10^{10}}{2.0 \times 10^{11} - 5.3 \times 10^{10}} = 0.36$$

٣. أ. لا يمكننا التنبؤ بوقت انحلال أي نواة؛ لأن النشاط الإشعاعي يُظهر تغيرات أو تذبذبات.

ب. ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{7.0 \times 10^8} = 9.9 \times 10^{-10}\ y^{-1}$$

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

$$= \frac{N}{N_0} = 0.011$$

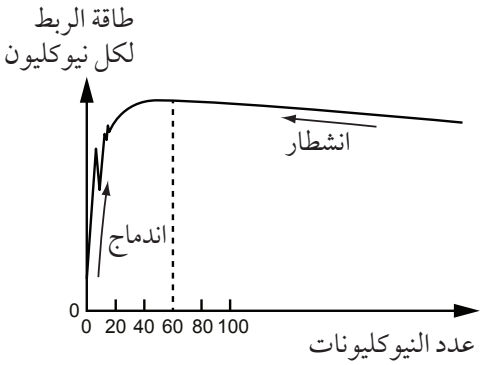
$$e^{-\lambda t} = 0.011$$

$$-\lambda t = \ln 0.011$$

عمر الأرض:

$$t = \frac{\ln 0.011}{-9.9 \times 10^{-10}} = 4.6 \times 10^9\ \text{years}$$

ج. ١.



٢. تتحرّر الطاقة عندما تزيد طاقة الربط النووي لكل نيوكليون. في الانشطار النووي تنقسم النواة الكبيرة فتتجمّع الأنوية الصغيرة معًا. توجد الأنوية الأكثر استقرارًا في قمة التمثيل البياني.

يحدث الانشطار النووي على الجانب الأيمن من التمثيل البياني حيث عدد النيوكليونات يكون كبيرًا، في حين يحدث الاندماج النووي على الجانب الأيسر حيث يكون عدد النيوكليونات قليلًا.

٤. أ. عدد الأنوية المنحلّة لكل وحدة زمنية أو معدّل انحلال الأنوية.

ب. ١. لأن الانحلال الإشعاعي عشوائي.

٢. ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{8.0} = 0.087\ day^{-1}$$

متوسط N_0 = 3940 عدّ

$$C = C_0\, e^{-\lambda t} = 3940 \times e^{(-0.087 \times 10)}$$

$$= 1650$$

ج. ١. انقسام النواة إلى أجزاء أصغر بعد قذفها بواسطة نيوترون.

٢. تزداد طاقة الربط لكل نيوكليون بعد حصول الانشطار النووي لنواة اليورانيوم-235 فتصبح طاقة الربط النووي للنواتج أكبر من طاقة الربط النووي لنواة اليورانيوم الابتدائية الأمر الذي يترجم كنقصان في الكتلة نتيجة الانشطار النووي؛ وهذا النقصان في الكتلة يتحول إلى طاقة بناء على معادلة (الكتلة – الطاقة) لأينشتاين.