استراحة تقويمية
رقم (9)

معا نسمو
وبكم نرتقي
أنت مذهل

الفيزياء للصف الثاني عشر
(كامبريدج) 2024

Dr Khalifa Gad
78901412 * 78103781

أسئلة ومسائل كتاب الطالب

(أسئلة دروس الوحدة)

أسئلة ومسائل كتاب الطالب (التقويم البنائي)

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

$$^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}He$$

أسئلة

(١) ادرس معادلتَي الانحلال الواردتَين في المثالَين ١ و ٢ واكتب معادلتَين موزونتين للآتي:

أ. تتحل نواة اليورانيوم-238 ($^{238}_{92}U$) بانبعاث α لتشكيل نظير الثوريوم (Th).

ب. تتحل نواة نظير الصوديوم-25 ($^{25}_{11}Na$) بانبعاث β^- لتشكيل نظير المغنيسيوم (Mg).

(٢) انسخ هذه المعادلة وأكملها لانحلال β^- لنواة الأرجون (Ar).

$$^{41}_{18}Ar \longrightarrow K + ?$$

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

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

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

أسئلة

(٣) تحرّر الشمس كميات هائلة من الطاقة، فالقدرة الناتجة من الشمس تساوي (4.0×10^{26} W). قدّر مقدار النقص في كتلتها في كل ثانية بسبب فقدان هذه الطاقة.

(٤) **أ.** احسب الطاقة المنبعثة إذا تشكّلت نواة ${}^{4}_{2}He$ من بروتونات ونيوترونات منفصلة وساكنة. استخدم كتل الجسيمات المعطاة في الجدول ٩-٢.

ب. احسب الطاقة المنبعثة لكل نيوكليون.

الجسيم	الكتلة ($\times 10^{-27}$ kg)
البروتون ${}^{1}_{1}p$	1.672623
النيوترون ${}^{1}_{0}n$	1.674928
نواة ${}^{4}_{2}He$	6.644661

الجدول ٩-٢ كتل بعض الجسيمات.

(٥) إذا علمت أن الكتلة السكونية لكرة جولف تساوي (150 g)، فاحسب الزيادة في كتلتها عندما تنتقل بسرعة ($50\ m\ s^{-1}$). ما نسبة هذه الزيادة في الكتلة كنسبة مئوية من الكتلة السكونية؟

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

٣. بإعادة ترتيب المعادلة $\Delta E = \Delta m c^2$ 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.

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

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

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

الطاقة المنبعثة:

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

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

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:

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

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

أسئلة

٦ **أ.** كتلة ذرة الحديد $^{56}_{26}Fe$ تساوي (55.934937 u). احسب كتلتها بوحدة الـ kg.

ب. كتلة ذرة الأكسجين $^{16}_{8}O$ تساوي (2.656015×10^{-26} kg). احسب كتلتها بوحدة الكتلة الذرية u.

٧ يعطي الجدول ٩-٣ كتل عدة جسيمات (بوحدة الكتلة الذرية u). استخدم الجدول لتحديد ما يأتي (بثلاثة أرقام معنوية):

أ. كتلة نواة الهيليوم-4 بالكيلوغرام (kg).

ب. كتلة (1.0 mole) من أنوية اليورانيوم-235 بالغرام (g).

(عدد أفوجادرو: $N_A = 6.02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$)

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 $^{16}_{8}O$:

$= \frac{2.656015 \times 10^{-26}}{1.6605 \times 10^{-27}} = 15.995$ 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).

سؤال

(٨) تتحل نواة البريليوم-10 ($^{10}_{4}Be$) إلى نظير البورون B بانبعاث β^-.

أ. اكتب معادلة الانحلال النووي لنواة البريليوم-10.

ب. احسب الطاقة المنبعثة في هذا الانحلال واذكر شكلها.

(كتلة نواة البريليوم-10 ($^{10}_{4}Be$) = 1.66238×10^{-26} kg

كتلة نظير البورون = 1.66219×10^{-26} kg

كتلة الإلكترون = 9.10938×10^{-31} kg)

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.

أسئلة

(٩) أ. اشرح سبب عدم ظهور الهيدروجين $_{1}^{1}H$ (البروتون) في التمثيل البياني المبيّن في الشكل ٩-٣.

ب. استخدم الشكل ٩-٣ لتقدير طاقة الربط لنواة $_{7}^{14}N$.

(١٠) كتلة نواة البريليوم $_{4}^{8}Be$ تساوي $(1.33 \times 10^{-26}\ kg)$.
احسب لهذه النواة:

أ. النقص في الكتلة بوحدة الـ (kg).

ب. طاقة الربط النووي بوحدة (MeV).

ج. طاقة الربط لكل نيوكليون في النواة بوحدة (MeV).

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

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

طاقة الربط لنواة $^{14}_{7}N$:

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

$\approx 1.7 \times 10^{-11}$ 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:

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

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

أسئلة

(١١) استخدم التمثيل البياني لطاقة الربط لكل نيوكليون (الشكل ٩-٥) لاقتراح سبب عدم إمكانية حدوث الانشطار مع «الأنوية الخفيفة» التي لها ($A < 20$)، وسبب عدم إمكانية حدوث الاندماج للأنوية الأثقل التي لها ($A > 40$).

(١٢) استخدم المعلومات الواردة عن الاندماج، لحساب طاقة الربط (بوحدة MeV) لكل نيوكليون في كل جسيم في تفاعل الاندماج الآتي:

$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}p \longrightarrow ^{3}_{2}He$$

ماذا تلاحظ من إجاباتك؟

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

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.

أسئلة

(١٣) تحتوي عيّنة الكربون-15 بداية على 500000 نواة غير منحلة، وثابت الانحلال لنظير الكربون هذا يساوي ($0.30\ s^{-1}$). احسب النشاط الإشعاعي الابتدائي للعيّنة.

(١٤) تُعطي عيّنة صغيرة من الراديوم معدل عدّ مسجّل مقداره 20 عدًا لكل دقيقة في جهاز الكشف، ومن المعروف أن العدّاد يكشف 10% فقط من الأنوية المنحلة في العيّنة، التي تحتوي على 1.5×10^9 نواة غير منحلة. احسب ثابت الانحلال لهذا النظير من الراديوم.

(١٥) من المعروف أن العيّنة المشعة ينبعث منها جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وإشعاعات جاما؛ اذكر ثلاثة أسباب تشير إلى أن قياس معدل العدّ بواسطة عداد جايجر-مولر الموضوع بجوار هذه العيّنة أقل من النشاط الإشعاعي الحقيقي للعيّنة.

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

١٣. النشاط الإشعاعي لعيّنة الكربون-15:

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

$$= 150000\ Bq$$

١٤. النشاط الإشعاعي لهذا النظير من الراديوم:

معدّل العدّ المستقبل في جهاز الكشف $A = 10 \times$

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

بإعادة ترتيب معادلة النشاط الإشعاعي $A = \lambda N$

لتعطي ثابت الانحلال لهذا النظير من الراديوم:

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

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.

أسئلة

(١٦) تحتوي عيّنة لنظير النيتروجين-13 في البداية على 8.0×10^{10} نواة غير منحلّة إذا علمت أن عمر النصف لها (10 min).

أ. اكتب معادلة لتبيّن كيف يعتمد عدد الأنوية غير المنحلّة (N) على الزمن (t).

ب. احسب عدد الأنوية غير المنحلّة التي ستبقى بعد (10 min) وبعد (20 min).

ج. احسب عدد الأنوية التي ستتحلّ في أول (30 min).

(١٧) عيّنة من نظير عنصر ما ثابت انحلاله يساوي ($\lambda = 0.10\ s^{-1}$)، تحتوي على 5.0×10^{9} نواة غير منحلّة في بداية تجربة معيّنة.

احسب:

أ. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد (50 s).

ب. النشاط الإشعاعي للنظير بعد (50 s).

(١٨) قيمة ثابت الانحلال (λ) للبروتكتينيوم-234 هي ($9.6 \times 10^{-3}\ s^{-1}$). يبيّن الجدول ٩-٥ عدد الأنوية غير المنحلّة (N) في العيّنة. انسخ الجدول ٩-٥ وأكمله، ثم ارسم تمثيلًا بيانيًا لعدد الأنوية مقابل الزمن (N-t)، واستخدمه لإيجاد عمر النصف ($t_{\frac{1}{2}}$) للبروتكتينيوم-234.

الزمن (s)	0	20	40	60	80	100	120	140
N	400	330						

الجدول ٩-٥

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

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:

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

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

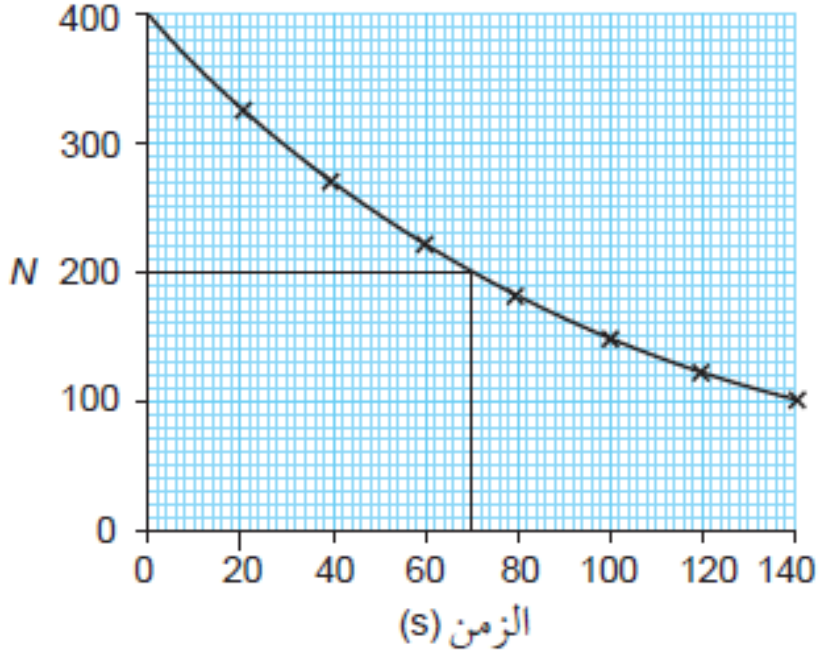
$$\approx 3.4 \times 10^7$$

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.

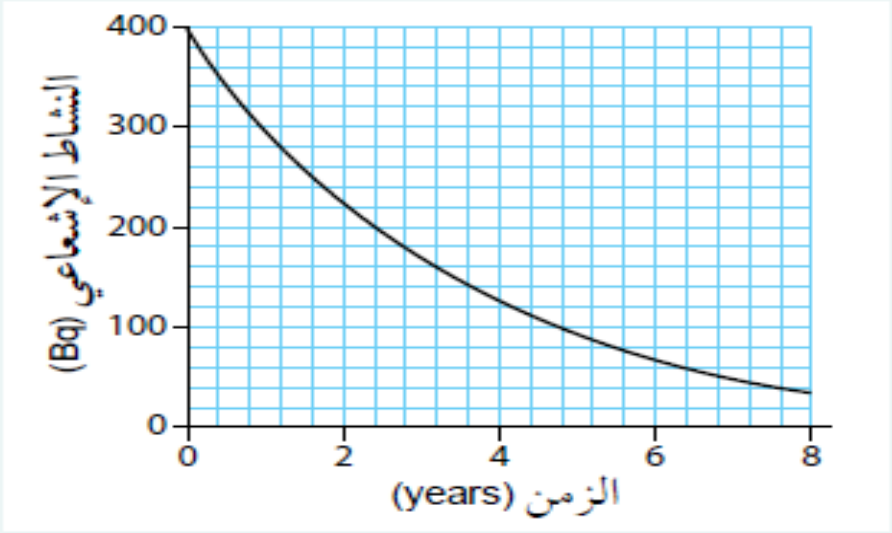
الزمن (s)	0	20	40	60	80	100	120	140
N	400	330	272	224	185	153	126	104



عمر النصف يساوي 70 s تقريبًا.

أسئلة

(١٩) يبيّن الشكل ٩–١١ تمثيلًا بيانيًا لانحلال نظير السيزيوم $^{134}_{55}Cs$؛ استخدم التمثيل البياني لتحديد عمر النصف لهذه الأنوية بالسنوات، وبعد ذلك جِد ثابت الانحلال بوحدة $year^{-1}$.



الشكل ٩–١١ التمثيل البياني لانحلال نظير السيزيوم.

(٢٠) ثابت الانحلال لنظير معيّن يساوي $(3.0 \times 10^{-4}\ s^{-1})$. احسب المدة التي سيستغرقها نشاط عيّنة من هذه المادة لينخفض إلى ثُمن قيمته الابتدائية.

(٢١) عمر النصف للنظير $^{16}_{7}N$ يساوي (7.4 s).

أ. احسب ثابت الانحلال لهذه الأنوية.

ب. تحتوي عيّنة من النيتروجين (N) بداية على 5000 نواة. احسب كم سيبقى من الأنوية بعد زمن:

١. 14.8 s

٢. 20.0 s

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

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) تحتوي عيّنة على نظير عمر النصف له $(t_{\frac{1}{2}})$.

أ. أثبت أن نسبة الأنوية المتبقية (غير المنحلة) من العيّنة إلى عدد الأنوية الابتدائية $\left(\frac{N}{N_0}\right)$ بعد زمن (t) تُعطى بالمعادلة:

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

ب. احسب النسبة $\frac{N}{N_0}$ بعد كل من الأزمنة الآتية:

١. $t_{\frac{1}{2}}$

٢. $2\,t_{\frac{1}{2}}$

٣. $2.5\,t_{\frac{1}{2}}$

٤. $8.3\,t_{\frac{1}{2}}$

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:

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

تذكّر أن:

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

لذلك:

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

ب. ١. 0.50

٢. 0.25

٣. $0.177 \approx 0.18$

٤. 0.0032

أسئلة ومسائل كتاب الطالب

(نهاية الوحدة)

٣ مضاد البروتون ($\bar{p}$) يماثل البروتون (p) ما عدا أن له شحنة سالبة. عندما يتصادم البروتون ومضاد البروتون فإنهما يتلاشيان ويتكوّن فوتونين، وتتحوّل كتلتا الجُسيمَين إلى طاقة.

أ. احسب الطاقة المنبعثة في التفاعل.

ب. احسب الطاقة المنبعثة إذا تلاشى (1 mole) من البروتونات و (1 mole) من مضاد البروتونات بهذه العملية.

(كتلة البروتون = كتلة مضاد البروتون = 1.67×10^{-27} kg).

٤ احسب الكتلة التي ستتلاشى لتحرير (1.0 J) من الطاقة.

٥ تتحوّل الكتلة إلى طاقة في مفاعل نووي بمعدل ($70\ \mu g\ s^{-1}$). احسب أقصى قدرة تنتج من المفاعل، بافتراض أن كفاءته (100%).

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

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

الطاقة المنبعثة في التفاعل:

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

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

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

الطاقة المنبعثة في تفاعل واحد مول:

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

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

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

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

الكتلة التي ستتلاشى:

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

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

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

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

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

٦ تبيّن المعادلة الآتية الانحلال الإشعاعي للرادون–222.

$$^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma$$

احسب الطاقة الكلية الناتجة من هذا الانحلال وحدّد أشكالها.

(كتلة $^{222}_{86}Rn$ = 221.970 u ، كتلة $^{218}_{84}Po$ = 217.963 u ، كتلة ${}^{4}_{2}\alpha$ = 4.002 u ،
1 u هي وحدة الكتلة الذرية = 1.660×10^{-27} kg).

(**تلميح:** جِد النقص في الكتلة بوحدة u، ثم حوّلها إلى kg).

٧ تتكوّن ذرة الكربون–12 من ستة بروتونات وستة نيوترونات وستة إلكترونات. تُعرّف وحدة الكتلة الذرية (u) بأنها $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون–12. احسب:

أ. النقص في الكتلة بالكيلوغرام.

ب. طاقة الربط النووي.

ج. طاقة الربط لكل نيوكليون.

(كتلة البروتون = 1.007276 u ، كتلة النيوترون = 1.008665 u ، كتلة الإلكترون = 0.000548 u)

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

٦. النقص في الكتلة:

$= 221.970 - 217.963 - 4.002 = 0.005\ u$

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

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

الطاقة الكلية المتحرّرة:

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

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

٧. أ. النقص في الكتلة بوحدة u:

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

$= 0.098934\ u$

النقص في الكتلة بوحدة kg:

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

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

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

ج. عدد النيوكليونات = 12

طاقة الربط لكل نيوكليون:

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

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

٨ تفاعل الاندماج النووي الذي إن تحقق فسوف يؤدي إلى الحصول على تفاعل اندماج نووي آمن، الأمر الذي يفتح الباب لإمكانات واعدة في إنتاج الطاقة الكهربائية، هو اندماج التريتيوم ${}_1^3H$ والديوتيريوم ${}_1^2H$. والمعادلة الآتية تبيّن هذا التفاعل:

$$ {}_1^3H + {}_1^2H \longrightarrow {}_2^4He + {}_1^1H $$

احسب:

أ. التغيّر في الكتلة خلال التفاعل.

ب. الطاقة المنبعثة خلال التفاعل.

ج. الطاقة المنبعثة في حالة تفاعل مول واحد من الديوتيريوم مع مول واحد من التريتيوم.

(كتلة ${}_1^3H$ = 3.015500 u ، كتلة ${}_1^2H$ = 2.013553 u ، كتلة ${}_2^4He$ = 4.001506 u ، كتلة ${}_1^1H$ = 1.007276 u)

٩ النشاط الإشعاعي الابتدائي لعيّنة مكوّنة من (1 mole) من غاز الرادون–220 (^{220}Rn) تساوي $(8.02 \times 10^{21}\ s^{-1})$. احسب:

أ. ثابت الانحلال لهذا النظير.

ب. عمر النصف للنظير.

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

٨. أ. التغير في الكتلة بوحدة u:

$= 3.015500 + 2.013553 - 4.001506 - 1.007276$

$= 0.020271\ \text{u}$

التغير في الكتلة بوحدة kg:

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

ب. الطاقة المنبعثة:

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

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

ج. الطاقة المنبعثة لكل مول = الطاقة المنبعثة لكل تفاعل $\times N_A$

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

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

٩. أ. يحتوي المول الواحد على N_A ذرة.

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

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

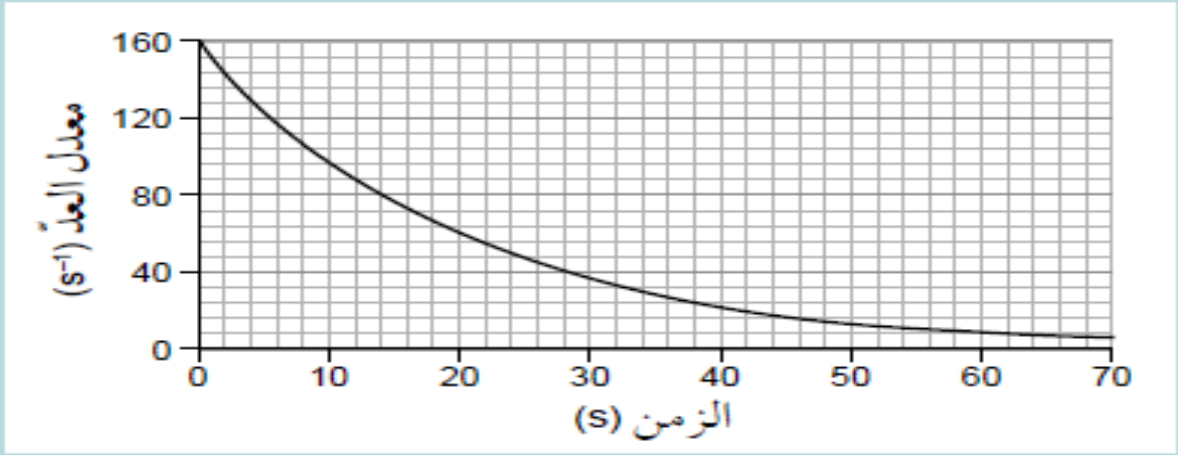
ب. $\lambda\, t_{\frac{1}{2}} = 0.693$ لذلك:

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

عمر النصف $t_{\frac{1}{2}}$ للنظير:

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

١٠ يبيّن التمثيل البياني (معدل العدّ–الزمن) في الشكل ٩–١٢ لعيّنة تحتوي على الإنديوم–116 (^{116}In).



الشكل ٩–١٢

أ. استخدم التمثيل البياني لتحديد عمر النصف للنظير.

ب. احسب ثابت الانحلال.

١١ يمكن استخدام نسب النظائر المختلفة في الصخور لتأريخ عمر هذه الصخور. يبلغ عمر النصف لليورانيوم–238 (4.9×10^9 years). نسبة هذا النظير في عيّنة من الصخر هي 99.2% مقارنة بالنظائر المتكوّنة حديثًا.

أ. احسب ثابت الانحلال بوحدة y^{-1} لنظير اليورانيوم هذا.

ب. احسب عمر الصخر بالسنوات.

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

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 $^{238}_{92}U$:

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

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

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

عمر الصخر بالسنوات:

$$t = 5.7 \times 10^{7}\ y$$

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

١٢ يبيّن الجدول ٩-٦ معدل العدّ المسجل عندما تتحلّ عيّنة من نظير الڤاناديوم-52 ($^{52}_{23}V$).

الزمن (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
معدل العدّ (s^{-1})	187	159	134	110	85	70	60	56	40

الجدول ٩-٦

أ. ١. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ (معدل العدّ-الزمن).

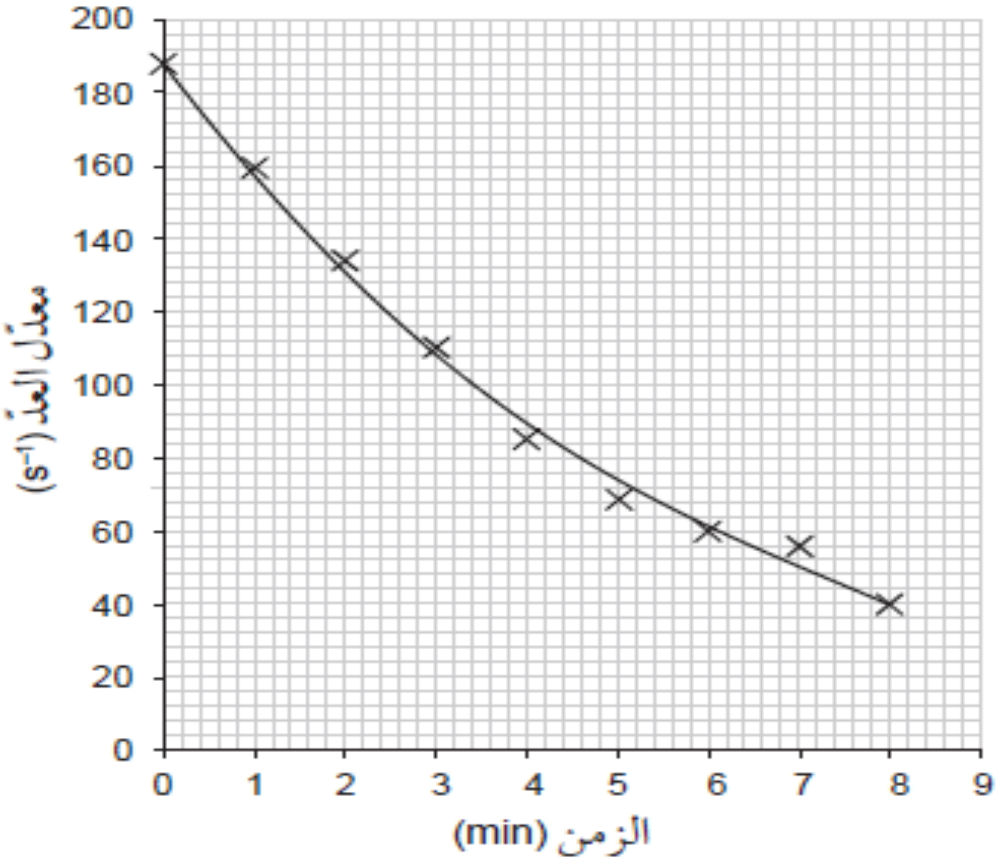
٢. صِف انتشار النقاط.

ب. حدّد عمر النصف من التمثيل البياني للنظير.

ج. صِف التغييرات على التمثيل البياني الذي تتوقعه لو كنت أعطيت عيّنة أكبر من النظير.

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

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.

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

١٣ نواة اليورانيوم-235 ($^{235}_{92}U$) تبلغ كتلتها (3.89×10^{-25} kg).

أ. ما عدد البروتونات والنيوترونات في هذه النواة؟

ب. اشرح سبب اختلاف الكتلة الكلية للنيوكليونات عن كتلة نواة اليورانيوم.

ج. اشرح بدون إجراء حسابات، كيف يمكنك تحديد طاقة الربط لكل نيوكليون لنواة اليورانيوم-235 من كتلتها وكتلتَي البروتون والنيوترون.

١٤ أ. اشرح المقصود بالاندماج النووي، واشرح سبب حدوثه عند درجات حرارة عالية جدًا فقط.

ب. التفاعلات الرئيسية التي تزوّد الشمس بالطاقة هي اندماج أنوية هيدروجين لتشكيل أنوية هيليوم، ومع ذلك تحدث تفاعلات أخرى، وإحدى هذه التفاعلات التفاعل المعروف باسم عملية ألفا الثلاثية وهو تصادم ثلاث أنوية هيليوم واندماجها لتشكّل نواة كربون-12.

١. اشرح سبب الحاجة إلى درجات حرارة أعلى لإتمام عملية ألفا الثلاثية من تلك المطلوبة لاندماج الهيدروجين.

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

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.

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).

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

١٥ ينحلّ نظير البولونيوم ($^{218}_{81}Po$) بواسطة انبعاث جسيم ألفا، بعمر نصف يبلغ (183 s).

أ. في حادث وقع في مختبر مصنع لإعادة المعالجة النووية (تقنية لفصل البلوتونيوم واستعادته كيميائيًا من الوقود النووي المستهلك)، تحرّر جزء من هذا النظير على شكل غبار في الغلاف الجوي. اشرح سبب اعتبار انتشاره على شكل غبار أكثر خطورة على الصحة من انسكابه على شكل سائل.

ب. وُجِد أنه تحرّر (2.4 g) من هذا النظير في الجو، فإذا علمت أن الكتلة المولية لنظير البولونيوم (Po) هي ($218\ g\ mol^{-1}$) فاحسب النشاط الإشعاعي الابتدائي للبولونيوم المتحرّر.

ج. سيكون من الآمن الدخول إلى المختبر مرة أخرى عندما تعود خلفية النشاط الإشعاعي إلى (10 Bq) تقريبًا. احسب عدد الساعات التي يجب أن تمضي قبل أن يصبح الدخول مرة أخرى إلى المختبر آمنًا.

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 يتزود مفاعل نووي بالطاقة من خلال انشطار اليورانيوم. القدرة الناتجة من المفاعل (200 MW). توضّح المعادلة الآتية تفاعل انشطاري نموذجي:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{236}_{92}U \longrightarrow ^{87}_{35}Br + ^{146}_{57}La + 3^{1}_{0}n$$

أ. ما شكل الطاقة الذي تتحوّل إليه غالبية الطاقة المتحررة من التفاعل؟

ب. ١. احسب الطاقة المنبعثة في التفاعل، مُهملًا طاقة الحركة للنيوترون الممتص (الداخل في نواة اليورانيوم).

٢. افترض أن الطاقة المنبعثة في هذا الانشطار نموذجية لجميع انشطارات اليورانيوم-236. احسب عدد الانشطارات التي تحدث في كل ثانية.

٣. احسب كتلة اليورانيوم-235 المطلوبة لتشغيل المفاعل لمدة سنة واحدة.

(كتلة $^{235}_{92}U = 3.90 \times 10^{-25}$ kg ، كتلة $^{87}_{35}Br = 1.44 \times 10^{-25}$ kg ، كتلة $^{146}_{57}La = 2.42 \times 10^{-25}$ kg ،
كتلة النيوترون $= 1.67 \times 10^{-27}$ kg ، $1\ year = 3.15 \times 10^{7}$ s ، الكتلة المولية لليورانيوم-235 $= 235\ g\ mol^{-1}$)

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781

١٦. أ. طاقة حركة للأجزاء المنشطرة.

ب. ١. النقص في الكتلة:

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

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

الطاقة المنبعثة:

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

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

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:

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

أسئلة ومسائل كتاب النشاط

(نهاية الوحدة)

١. يوجد عدد قليل من ذرات نظير التريتيوم $^{3}_{1}H$ في الغلاف الجوي. هذه الذرات غير مستقرة وانحلالها الإشعاعي عشوائي وتلقائي.

أ. ١. اشرح المقصود بالانحلال التلقائي.

٢. اشرح المقصود بالانحلال العشوائي.

٣. ما الملاحظة التجريبية التي تشير إلى أن الانحلال الإشعاعي عشوائي؟

٢. نظير الصوديوم–22 ($^{22}_{11}Na$) يخضع لانحلال (β^{+}) لتشكيل نواة نيون–22 ($^{22}_{12}Ne$)، وهي نواة مستقرة.

عمر النصف للصوديوم–22 يساوي 2.60 سنة.

أ. اكتب المعادلة النووية للانحلال.

ب. ١. عرف ثابت الانحلال الإشعاعي.

٢. احسب ثابت الانحلال للصوديوم–22.

٣. اشرح السبب في أن النواة ذات ثابت الانحلال الصغير يكون لها عمر نصف طويل.

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.

٢. أ. معادلة الانحلال:

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

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 الأنوية المنحلّة إلى نصف عدد الأنوية الابتدائية.

ج. لعيّنة نقية من الصوديوم–22 نشاط إشعاعي ابتدائي يبلغ (1.7×10^3 Bq).

١. احسب العدد الابتدائي لأنوية الصوديوم–22 في العيّنة.

٢. احسب عدد أنوية الصوديوم–22 المتبقية في العيّنة بعد 5.0 سنوات.

٣. بعد 5.0 سنوات، تحتوي العيّنة على أنوية الصوديوم–22 وأنوية النيون–22 فقط؛ استخدم إجابتك عن الجزئيتين (١) و (٢) لحساب النسبة:

$$\frac{\text{عدد أنوية الصوديوم–22 بعد 5.0 سنوات}}{\text{عدد أنوية النيون–22 بعد 5.0 سنوات}}$$

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. اشرح المقصود بعبارة النشاط الإشعاعي عشوائي.

ب. كان اليورانيوم-235 موجودًا منذ خلق الأرض. من عيِّنة أصلية من اليورانيوم-235، يوجد اليوم 1.1% فقط من الكمية الأصلية في الصخور. عمر النصف لليورانيوم-235 ($^{235}_{92}U$) هو 7.0×10^8 سنوات. احسب عمر الأرض من خلال هذه البيانات.

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:

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

قيمتك في دينك

٤. في عام 2011م وقع حادث في محطة للطاقة النووية في اليابان أدى إلى إطلاق اليود-131 المشع في البيئة المحيطة. عمر النصف لليود-131 هو (8.0) أيام.

أ. عرّف النشاط الإشعاعي للمواد المشعّة.

ب. تم قياس العد لعيّنة من الأعشاب البحرية بالقرب من محطة الطاقة في مختبر بعيد عن محطة الطاقة على مدى 20 دقيقة. كانت قراءات العد التي تم الحصول عليها، والتي تم تصحيحها آخذين بالاعتبار إشعاع الخلفية هي (3940) ، (4020) ، (3860).

١. اشرح سبب اختلاف القراءات بعضها عن بعض.

٢. قدّر العد الذي تم الحصول عليه خلال 20 دقيقة عند تحليل العيّنة نفسها من الأعشاب البحرية بعد 10 أيام.

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

ب. ١. لأن الانحلال الإشعاعي عشوائي.

٢. ثابت الانحلال:

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

متوسط عدّ $N_0 = 3940$

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

$$= 1650$$

ج. يتكوّن اليود-131 في مفاعل نووي أثناء الانشطار النووي لليورانيوم-235.

١. اشرح المقصود بالانشطار النووي لليورانيوم-235.

٢. اشرح باستخدام طاقة الربط لكل نيوكليون، سبب تحرّر الطاقة أثناء الانشطار النووي.

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.

Dr Khalifa Gad 78901412 / 78103781