البَابُ الثانى عشـــر

« النشاط الإشعاعى »

أمثلة محلولة :

مثال (١) :

احسب الطاقة (بوحدات مليون إلكترون فولت) التى تكافئ كتلة الإلكترون ٥

الحل :

تعطينا معادلة اينستين الشهيرة العلاقة بين الكتلة (m) والطاقة (E) :

$$E = mc^2$$

حيث c = سرعة الضوء = ٢,٩٩٨ × ١٠^١٠ سم/ثانية

وبالتعويض فى هذه المعادلة واستخدام وحدات سم — جرام — ثانية (cgs system) نحصل على الطاقة بوحدات الأرج ٥

وفى هذه الحالة فإن كتلة الإلكترون = ٩,١٠٩١ × ١٠^-٢٨ جرام :

$$E = (9.1091 \times 10^{-28})\ (2.998 \times 10^{10})^2$$
$$= 8.19 \times 10^{-7}\ \text{erg}$$

وحيث إن :

$$1\ \text{Mev} = 1.602 \times 10^{-6}\ \text{erg.}$$

فإن الطاقة التى تكافئ كتلة الإلكترون بوحدات مليون الكترون فولت :

$$= \frac{٨,١٩ \times ١٠^{-٧}}{١,٦٠٢ \times ١٠^{-٦}} = ٠,٥١١ \text{ م ف}$$

مثال (٢) :

احسب طاقة الربط الكلية وطاقة الربط للنيوكلون لكل من :

$$Pu^{239}\ ,\ Ca^{40}$$

الحل :

يحسب أولا فرق الكتلة بين النواة والنيوكلونات المكونة . ونحصل على كتلة النظائر من جدول النظائر كما يلى :

$$M_{Pu}{}_{94}239 = 239.05216 \text{ amu}; \quad M_{Ca}{}_{20}40 = 39.96259 \text{ amu}$$

$$M_{H}{}_{1}1 = 1.00782 \text{ amu}; \quad M_{n}{}_{0}1 = 1.00866 \text{ amu}$$

وفى حالة Ca^{40} :

فرق الكتلة = (٢٠ × كتلة البروتون) + (٢٠ × كتلة النيوتون) — كتلة النظير Ca^{40}

$$= ٢٠ \times ١,٠٠٧٨٢ + ٢٠ \times ١,٠٠٨٦٦ - ٣٩,٩٦٢٥٩$$

$$= ٠,٣٦٧ \text{ وحدة كتلة ذرية .}$$

وحيث إن ١ وحدة كتلة ذرية تكافئ ٩٣١,٤٨ مليون إلكترون فولت ، فإن طاقة الربط الكلية = ٠,٣٦٧ × ٩٣١,٤٨ = ٣٤٢ م‌ف ،

$$\text{طاقة الربط للنيوكلون} = \frac{٣٤٢}{٤٠} = ٨,٥٥ \text{ م‌ف .}$$

وبالمثل نجد فى حالة النظير Pu^{239} :

فرق الكتلة = ٩٤ × ١,٠٠٧٨٢ + ١٤٥ × ١,٠٠٨٦٦ — ٢٣٩,٠٥٢١٦

= ١,٩٤ و ك ذ

طاقة الربط الكلية = ١,٩٤ × ٩٣١,٥ = ١٨٠٠ م‌ف

$$\text{طاقة الربط للنيوكلون} = \frac{١٨٠٠}{٢٣٩} = ٧,٦ \text{ م‌ف}$$

مثال (٣) :

إذا وجد أن حرارة التفاعل النووى :

$$_{7}N^{14} + {}_{0}n^{1} = {}_{6}C^{13} + {}_{1}H^{2}$$

تساوى — ٥,٤ م‌ف ، كم يكون وزن النظير C^{13} علماً بأن وزن $_{1}H^{2}$, $_{0}n^{1}$, N^{14} تساوى ١٤,٠٠٣٠٧ ، ١,٠٠٨٦٦ ، ٢,٠١٤١٠ و ك ذ على التوالى .

الحل :

حرارة التفاعل النووى = — ٥,٤ م‌ف وتكافئ — ٠,٠٠٥٨ و ك ذ

$$_7N^{14} + {}_0n^1 = {}_6C^{13} + {}_1H^2 - 5.4 \text{ Mev}$$

$$(14.00307 + 1.00866) = (M_{C^{13}} + 2.0141 - 0.0058)$$

$$M_{C^{13}} = ١,٠٠٨٦٦ + ١٤,٠٠٣٠٧ + ٠,٠٠٥٨ - ٢.٠١٤١$$

$$= ١٣,٠٠٣٤ \text{ و ك ذ}$$

مثال (٤) :

احسب نصف قطر نواة O^{16} ، U^{238}

الحل :

يربط نصف القطر (R) وعدد الكتلة (A) العلاقة :

$$R = R_o A^{1/3}$$

حيث R_o ثابت قيمته تساوى حوالى ١,٤ × ١٠—^{١٣} سم ؛

فى حالة O^{16} :

$$R = (1.4 \times 10^{-13}) (16)^{1/3}$$
$$= (1.4 \times 10^{-13}) (2.52)$$
$$= 3.53 \times 10^{-13} \text{ cm} = 3.53 \text{ fermi}$$

فى حالة ^{238}U :

$$R = (1.4 \times 10^{-13}) (238)^{1/3} = (1.4 \times 10^{-13}) (6.2)$$
$$= 8.7 \times 10^{-13} \text{ cm} = 8.7 \text{ fermi}$$

مثال (٥) :

إذا قيس النشاط الإشعاعى لعينة من بروميثيوم — ١٤٧ ، Pm^{147} (عمر النصف = ٢,٦٤ سنة) ووجد أنه يساوى ١ × ١٠^{٧} انحلالا فى الثانية ، احسب وزن Pm^{147} فى العينة ؟

الحل :

يتناسب معدل الانحلال (D) مع عدد ذرات المادة المشعة (N) ، ويعبر عن هذا رياضياً بالمعادلة :

$$D = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

حيث λ ثابت التناسب ويربطه بعمر النصف ($t_{1/2}$) العلاقة :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \frac{0.693}{t_{1/2}}$$

وفى هذه الحالة نجد أن :

عدد الذرات المشعة (N) $= \frac{\text{١} \times \text{١٠}^{\text{٧}}}{\lambda} = \frac{(\text{١} \times \text{١٠}^{\text{٧}}) \times (\text{عمر النصف بالثانية})}{\text{٠,٦٩٣}}$

$$\frac{\text{١} \times \text{١٠}^{\text{٧}} \times \text{٢,٦٤} \times \text{٣٦٥} \times \text{٢٤} \times \text{٦٠} \times \text{٦٠}}{\text{٠,٦٩٣}}$$

$$= \text{١.٢} \times \text{١٠}^{\text{١٥}}$$

وزن Pm^{147} فى العينة $= \frac{(\text{عدد الذرات المشعة}) \times (\text{الوزن الذرى للعنصر المشع})}{(\text{عدد أفوجادرو})}$

$$= \frac{\text{١.٢} \times \text{١٠}^{\text{١٥}} \times \text{١٤٧}}{\text{٦.٠٢} \times \text{١٠}^{\text{٢٣}}} = \text{٣} \times \text{١٠}^{-\text{٧}} \text{ جرام}$$

$= \text{٠,٣}$ ميكروجرام .

مثال (٦) :

احسب عمر النصف لبلوتونيوم ـ ٢٣٩ Pu^{239} الذى يتحلل بانبعاث جسيمات ألفا إذا علم أن نشاط عينة وزنها ٠.١٠٠ ملى جم من النظير النقى هو $\text{١,٤٠} \times \text{١٠}^{\text{٧}}$ انحلالا فى الدقيقة .

الحل :

معدل الانحلال هو :

$$\left(-\frac{dN}{dt}\right) = \lambda N = 1.40 \times 10^{7} \text{ dpm}$$

حيث N هو عدد ذرات Pu^{239} وقيمتها :

$$N = \frac{1 \times 10^{-4} \times 6.02 \times 10^{23}}{239}$$

ونحصل على عمر النصف بالتعويض فى المعادلة :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{N \ln 2}{(-dN/dt)}$$

$$= \frac{1 \times 10^{-4} \times 6.02 \times 10^{23} \times 0.693}{1.40 \times 10^{7} \times 239} \text{ min.}$$

$$= \frac{1 \times 10^{-4} \times 6.02 \times 10^{23} \times 0.693}{1.40 \times 10^{7} \times 239 \times 60 \times 24 \times 365} \text{ years}$$

$$= 2.38 \times 10^{4} \text{ y.}$$

مثال (٧) :

إذا شوهدن أن معدل انحلال عينة من اليود المشع (I^{131}) عند زمن معين هو ١٠٠٠ انحلالا فى الدقيقة . احسب معدل الانحلال بعد مرور (أ) ٨.٠ يوم ، (ب) ٢٤ يوم ، (حـ) ٨٣ يوم على عمل القياس (I^{131} عمر النصف = ٨.٠ يوم)

الحل :

يرتبط معدل الانحلال عند الزمن t ونرمز له بالرمز D_t ومعدل الانحلال عند زمن الصفر أو زمن القياس ونرمز له بالرمز D_o بالمعادلة :

$$D_t = D_o e^{-\lambda t}$$

حيث λ هو ثابت الانحلال ويربطه بعمر النصف ($t_{1/2}$) العلاقة :

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

(أ) بعد مرور ٨ أيام يصبح معدل الانحلال :

$$D = D_o e^{-\frac{\ln 2}{8} \cdot 8} = D_o e^{-\ln 2} = D_o \frac{1}{2}$$

$$= 1000 \times \frac{1}{2} = 500 \text{ dpm}$$

(ب) بعد مرور ٢٤ يوم يصبح معدل الانحلال :

$$D = D_o e^{-\frac{\ln 2}{8} \cdot 24} = D_o e^{-3 \ln 2} \quad D_o (\frac{1}{2})^3$$

$$= 1000 \times \frac{1}{8} = 125 \text{ dpm}$$

(حـ) بعد مرور ٨٣ يوم يصبح معدل الانحلال :

$$D = D_o\, e^{-\frac{\ln 2}{8}\cdot 83} = D_o\, e^{-\frac{(0.693)(83)}{8}}$$

$$= 1000\, e^{-7.18} = (1000)\,(0.00075)$$

$$= 0.75 \text{ dpm}$$

أسئلة وتمارين إضافية :

١ ــ احسب طاقة الربط للنيوكلون فى كل من : P^{31} ، Pd^{108} ، U^{233} علماً بأن :

$M_{P^{31}} = 30.97376$; $M_{Pd^{108}} = 107.90388$ $M_{U^{233}} = 233.09350$;

$M_{H^1} = 1.00866$; $M_{n^1} = 1.007882$

(الجواب : P^{31} : 8.5 Mev; Pd^{108} : 8.0 Mev; U^{233} : 7.64 Mev)

٢ ــ إذا علم أن طاقة انحلال الفا لنواة Pu^{239} تساوى ٥,٢٤ م‌ف ، أوجد كتلة U^{235} علماً بأن :

$M_{He^4} = 4.00260$; $M_{Pu^{239}} = 239.05216$

(الجواب : $M_{U^{235}} = 235.0439$)

٣ ــ أوزن معادلات التفاعلات النووية الآتية ، مبيناً الجسيمات الناقصة وعدد الكتلة ، والعدد الذرى .

$$P^{31} + \text{neutron} = P^{30} + ?$$

$$O^{16} + ? = N^{14} + \text{Alpha}$$

$${}_5B^{12} = ? + \text{beta}$$

٤ ــ احسب نصف قطر نواة كل من He^4, Fe^{56}, Pb^{206}

(الجواب : He^4 : ٢,٢ ، Fe^{56} : ٥,٣٦ ، Pb^{206} : ٨,١ فيرمى)

٥ ــ اذكر ثلاث صفات هامة للقوى النووية وبين كيف أن هذه الصفات تجعل القوى النووية تختلف عن القوى الكولمبية فى الذرات .

٦ – احسب كثافة نواة الألمنيوم Al^{27} مفترضاً R_O = ١.٤ فيرمى ، $M_{Al^{27}}$ = ٢٧,٠ ، ثم قارن النتيجة مع كثافة فلز الألمنيوم ٢.٧ جم / سم^3 .

(الجواب : كثافة نواة الألمنيوم = ١.٤٦ × ١٠^{١٤} جم / سم^3 ، أى حوالى ٥٤ × ١٠^{١٢} مرة قدر كثافة فلز الألمنيوم) .

٧ – احسب قيمة Q للتفاعل : S^{29} (d,n) P^{30} بمعلومية دورة التفاعلات النووية الآتية :

(a) $P^{31} + \gamma \rightarrow P^{30} + n - 12.37$ Mev

(b) $P^{31} + P \rightarrow Si^{28} + He^4 + 1.909$ Mev

(c) $Si^{28} + d \rightarrow Si^{29} + P + 6.246$ Mev

(d) $2\ d \rightarrow He^4 + 23.834$ Mev

(الجواب : ٣,٣١ م ف)

٨ – ما هو وزن واحد كورى من كربون – ١٤ (C^{14} عمر النصف = ٥٧٢٠ سنة) .

(الجواب ٠,٢٢٤ جرام)

٩ – ما هو معدل انحلال عينة من يود – ١٣١ (I^{131} عمر النصف = ٨,٠ يوم) ، بعد ثلاثون يوماً إذا علم أن وزن اليود المشع فى البداية واحد ملى جرام .