

الباب الثاني عشر

« النشاط الإشعاعي »

أمثلة مملولة :

مثال (١) :

احسب الطاقة (بوحدات مليون إلكترون فولت) التي تكافئ كتلة الإلكترون :

الحل :

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

$$E = mc^2$$

حيث c = سرعة الضوء = $2,998 \times 10^{10}$ سم/ثانية

وبالتعويض في هذه المعادلة واستخدام وحدات سم - جرام - ثانية (cgs system) نحصل على الطاقة بوحدات الأرج e

وفي هذه الحالة فإن كتلة الإلكترون = $9,1091 \times 10^{-28}$ جرام :

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

وحيث إن :

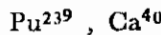
$$1 \text{ Mev} = 1.602 \times 10^{-6} \text{ erg.}$$

فإن الطاقة التي تكافئ كتلة الإلكترون بوحدات مليون إلكترون فولت :

$$0.511 \text{ م ف} = \frac{8,19 \times 10^{-7}}{1,602 \times 10^{-6}} =$$

مثال (٢) :

احسب طاقة الربط الكلية وطاقة الربط للنيوكلون لكل من :



الحل :

يحسب أولاً فرق الكتلة بين النواة والنيوكليونات المكونة . ونحصل على كتلة النظائر من جدول النظائر كما يلي :

$$M_{94}^{Pu239} = 239.05216 \text{ amu}; M_{20}^{Ca40} = 39.96259 \text{ amu}$$

$$M_{1}^{O} = 1.00782 \text{ amu}; M_{1}^{n} = 1.00866 \text{ amu}$$

وفي حالة Ca^{40} :

فرق الكتلة = ($20 \times$ كتلة البروتون) + ($20 \times$ كتلة النيوترون) - كتلة النظير Ca^{40}

$$= 1.00782 \times 20 + 1.00866 \times 20 - 39.96259 =$$

$$= 0.367 \text{ وحدة كتلة ذرية .}$$

وحيث إن ١ وحدة كتلة ذرية تكافئ ٩٣١,٤٨ مليون إلكترون فولت . فإن طاقة الربط الكلية = $0.367 \times 931.48 = 342 \text{ م ف}$.

$$\text{طاقة الربط للنيوكليون} = \frac{342}{\text{٤٠}} = 8.55 \text{ م ف .}$$

وبالمثل نجد في حالة النظير Pu^{239} :

$$\text{فرق الكتلة} = 1.00782 \times 94 + 1.00866 \times 145 - 239.05216 =$$

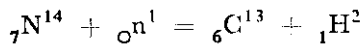
$$= 1.94 \text{ و ك ذ}$$

$$\text{طاقة الربط الكلية} = 1.94 \times 931.5 = 1800 \text{ م ف}$$

$$\text{طاقة الربط للنيوكليون} = \frac{1800}{239} = 7.6 \text{ م ف}$$

مثال (٣) :

إذا وجد أن حرارة التفاعل النووي :



تساوى - ٥,٤ م ف ، كم يكون وزن النظير C^{13} علماً بأن وزن N^{14} ، ${}_{0}n^1$ ، ${}_{1}H^2$

تساوى ١٤,٠٠٣٠٧ ، ١,٠٠٨٦٦ ، ٢,٠١٤١٠ و ك ذ على التوالي .

الحل :

حرارة التفاعل النووي = 5.4 Mev ، 0.0058 م ف وتكافئ 0.0058 ، وكذا

$${}^7_1\text{N}^{14} + {}^1_0\text{n}^1 = {}^6_6\text{C}^{13} + {}^1_1\text{H}^2 - 5.4 \text{ Mev}$$

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

$$2.0141 - 0.0058 + 14.00307 + 1.00866 = M_{\text{C}^{13}}$$

$$= 13.0034 \text{ وكذا}$$

مثال (٤) :

احسب نصف قطر نواة O^{16} ، U^{238}

الحل :

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

$$R = R_0 A^{1/3}$$

حيث R_0 ثابت قيمته تساوي حوالي 1.4×10^{-13} سم ،
في حالة O^{16} :

$$R = (1.4 \times 10^{-13}) (16)^{1/3}$$

$$= (1.4 \times 10^{-13}) (2.52)$$

$$= 3.53 \times 10^{-13} \text{ cm} = 3.53 \text{ fermi}$$

في حالة U^{238} :

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

$$= 8.7 \times 10^{-13} \text{ cm} = 8.7 \text{ fermi}$$

مثال (٥) :

إذا قيس النشاط الإشعاعي لعينة من بروميشيوم - 147 ، Pm^{147} (عمر النصف = 2.64 سنة) ووجد أنه يساوي 1×10^7 انحلالاً في الثانية ، احسب وزن Pm^{147} في العينة .

الحل :

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

$$D = - \frac{dN}{dt} = \lambda N \quad \text{بالمعادلة :}$$

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

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

وفي هذه الحالة نجد أن :

$$\text{عدد الذرات المشعة (N)} = \frac{^{239}\text{Pu} \times 1}{\lambda} = \frac{^{239}\text{Pu} \times 1}{0.693}$$

$$\frac{60 \times 60 \times 24 \times 365 \times 2,64 \times 10^3}{0.693}$$

$$= 10^{10} \times 1.2$$

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

$$= 10^3 \times 147 = \frac{147 \times 10^{10} \times 1.2}{2310 \times 6.02}$$

$$= 0.3 \text{ ميكروجرام}$$

مثال (٦) :

احسب عمر النصف لبلاوتونيوم ^{239}Pu الذي يتحلل بانبعث جسيمات ألفا إذا علم أن نشاط عينة وزنها ٠.١٠٠ ملي جم من النظير النقي هو 1.40×10^7 انحلالاً في الدقيقة.

الحل :

معدل الانحلال هو :

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

حيث N هو عدد ذرات ^{239}Pu بقيمتها :

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

ونحصل على عمر النصف بالتعويض في المعادلة :

$$\begin{aligned}
 t_{1/2} &= \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{N \ln 2}{(-dN/dt)} \\
 &= \frac{1 \times 10^{-4} \times 6.02 \times 10^{23} \times 0.693}{1.40 \times 10^7 \times 239} \text{ min.} \\
 &= \frac{1 \times 10^{-4} \times 6.02 \times 10^{23} \times 0.693}{1.40 \times 10^7 \times 239 \times 60 \times 24 \times 365} \text{ years} \\
 &= 2.38 \times 10^4 \text{ y.}
 \end{aligned}$$

مثال (٧) :

إذا شوهد أن معدل الانحلال لعينة من اليود المشع (I^{131}) عند زمن معين هو ١٠٠٠ انحلالاً في الدقيقة . احسب معدل الانحلال بعد مرور (P) ٨٠٠ يوم ، (ب) ٢٤ يوم ، (>) ٨٣ يوم على عمل التماس (I^{131} عمر النصف = ٨٠٠ يوم)

الحل :

يرتبط معدل الانحلال عند الزمن t ورمز له بالرمز D_t ومعدل الانحلال عند زمن الصفر أو زمن التماس ورمز له بالرمز D_0 بالمعادلة :

$$D_t = D_0 e^{-\lambda t}$$

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

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

(P) بعد مرور ٨ أيام يصبح معدل الانحلال :

$$\begin{aligned}
 D &= D_0 e^{-\frac{\ln 2}{8} \cdot 8} = D_0 e^{-1 \ln 2} = D_0 \frac{1}{2} \\
 &= 1000 \times \frac{1}{2} = 500 \text{ dpm}
 \end{aligned}$$

(ب) بعد مرور ٢٤ يوم يصبح معدل الانحلال :

$$\begin{aligned}
 D &= D_0 e^{-\frac{\ln 2}{8} \cdot 24} = D_0 e^{-3 \ln 2} = D_0 \left(\frac{1}{2}\right)^3 \\
 &= 1000 \times \frac{1}{8} = 125 \text{ dpm}
 \end{aligned}$$

(>) بعد مرور ٨٣ يوم يصبح معدل الانحلال :

$$D = D_0 e^{-\frac{\ln 2}{8} \cdot 83} = D_0 e^{-\frac{(0.693)(83)}{8}}$$

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

$$= 0.75 \text{ dpm}$$

أسئلة وتمارين إضافية :

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

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

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

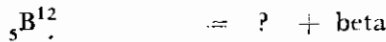
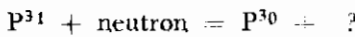
(الجواب : U^{233} : 7.64 Mev ; Pd^{108} : 8.0 Mev ; P^{31} : 8.5 Mev)

٢ - إذا علم أن طاقة انحلال الفا لنواة Pu^{239} تساوي ٥,٢٤ م ف . أوجد كتلة U^{235} علماً بأن :

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

(الجواب : $M_{U^{235}} = 235.0439$)

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



٤ - 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 فيرمي)

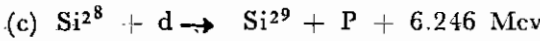
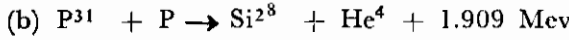
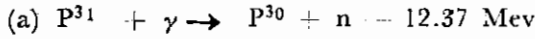
٥ - اذكر ثلاث صفات هامة للقوى النووية وبين كيف أن هذه الصفات تجعل القوى النووية تختلف عن القوى الكولومية في الذرات .

١٠٣

٦- احسب كثافة نواة الألمنيوم Al^{27} منترضاً $R_O = 1.4$ فيرمي ، $M_{Al^{27}} = 27,0$ ، ثم
قارن النتيجة مع كثافة فلز الألمنيوم 2.7 جم / سم^٣ .

(الجواب : كثافة نواة الألمنيوم $= 1.46 \times 10^{14}$ جم / سم^٣ ، أى حوالى 54×10^{10} مرة
قدر كثافة فلز الألمنيوم) .

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



(الجواب : ٣,٣١ م فم)

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 ملجرام .