

مدة الامتحان: ساعتان  
العلامة: 100  
اسم الطالب:



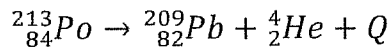
الجمهورية العربية السورية  
جامعة دمشق  
كلية العلوم - قسم الفيزياء

حل أسئلة امتحان مقرر الفيزياء النووية (1)  
الفصل الثاني من العام الدراسي 2024/2023

**السؤال الأول: ( 30 درجة )**

**أولاً: ( 10 درجات )**

**الحل:**



طاقة التفاعل  $Q$  تساوي:

$$Q = [M({}^{213}_{84}\text{Po}) - M({}^{209}_{82}\text{Pb}) - M({}^4_2\text{He})]c^2$$

$$Q = [212,993 - 208,981 - 4,003] = 0,009 \text{ a.u.m}$$

$$Q = 0,009 \text{ a.u.m} \times c^2 = 0,009 \text{ a.u.m} \times 931,5 = 8,384 \text{ MeV}$$

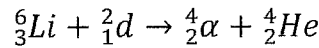
الطاقة الحركية لجسيم ألفا:

$$Q = T_\alpha \times \frac{M({}^{209}_{82}\text{Pb})}{M({}^{213}_{84}\text{Po})} = T_\alpha \times \frac{A({}^{209}_{82}\text{Pb})}{A({}^{213}_{84}\text{Po})} = 8,34 \text{ MeV} \times \frac{213}{209} = 8,499 \text{ MeV}$$

$$T_{\text{Pb}} = Q - T_\alpha = 8,384 - 8,34 = 0,054 \text{ MeV}$$

**ثانياً: ( 10 درجات )**

1. معادلة هذا التفتك



تُعطى طاقة ارتباط النواة بالعلاقة:

$$E_b({}^A_Z\text{X}) = \varepsilon({}^A_Z\text{X}) \times (A)$$

$$E_b({}^6\text{Li}) = \varepsilon(5,33) \times (6) = 31,98 \text{ MeV}$$

$$E_b({}^4\text{He}) = \varepsilon(7,08) \times (4) = 28,32 \text{ MeV}$$

$$E_b({}^2\text{d}) = \varepsilon(1,11) \times (2) = 2,22 \text{ MeV}$$

2. ومنه فطاقة التفاعل تساوي:

$$\Delta E = E_b({}^6\text{Li}) + E_b({}^2\text{d}) - 2E_b({}^4\text{He}) = 31,98 + 2,22 - 2 \times (28,32) = -22,44 \text{ MeV}$$

### ثالثاً: ( 10 درجات )

1. المقطع الماكروسكوبي لامتصاص النيوترونات الحرارية في الحديد:

$$\Sigma_a = \sigma_a \times N_{Fe}$$

$$N_{Fe} = \frac{\rho_{Fe} \times N_A}{M} = \frac{7,8 \times 6,02 \times 10^{23}}{56} = 8,39 \times 10^{22} \frac{\text{ذرة}}{\text{cm}^3}$$

$$\Sigma_a = 2,5 \times 10^{-24} \text{cm}^2 \times 8,39 \times 10^{22} \frac{\text{ذرة}}{\text{cm}^3} \approx 0,2 \frac{1}{\text{cm}}$$

2. مردود هذا التفاعل:

$$Y = \Sigma_a \times \varphi = 0,2 \frac{1}{\text{cm}} \times 2 \times 10^{14} \frac{\text{نوترون}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} = 0,4 \times 10^{14} \frac{\text{ذرة}}{\text{cm}^3 \cdot \text{s}}$$

### السؤال الثاني: ( 20 درجة )

أولاً:

1. قيمة مسافة الاقتراب الأدنى  $r_{min}$  لجسيم ألفا ذو الطاقة الحركية  $T_\alpha = 5 \text{ MeV}$  من النواة  $^{209}_{82}\text{Pb}$  :

$$r_{min} = k \frac{Z_\alpha \times Z_{Pb} \times e^2}{T_\alpha \times 1,6 \cdot 10^{-6}(\text{erg})} = \frac{2 \times 82 \times (4,8 \times 10^{-10})^2}{5 \times 1,6 \cdot 10^{-6}(\text{erg})} = 4,72 \times 10^{-12} \text{cm} = 47,2 \text{Fm}$$

2. المقطع العرضي التفاضلي لتبعثر جسيم  $\alpha$  بالطاقة الحركية  $T_\alpha = 5 \text{ MeV}$  بواسطة حقل كولوم للنواة  $^{209}_{82}\text{Pb}$  عند زاوية تساوي  $90^\circ$ :

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = k^2 \frac{Z_\alpha^2 \times Z_{Pb}^2 \times e^4}{(4T_\alpha \times 1,6 \cdot 10^{-6})^2} \frac{1}{\sin^4(\theta/2)} = 1^2 \frac{2^2 \times 82^2 (4,8 \times 10^{-10})^4}{(4 \times 5 \times 1,6 \cdot 10^{-6})^2} \frac{1}{\sin^4(90/2)}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = 2,66 \times 10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{St}} = 2,66 \frac{b}{\text{St}}$$

3. قيمة مسافة الاقتراب الأدنى  $r_{min}$  لجسيم ألفا بالطاقة الحركية  $T_\alpha = 22 \text{ MeV}$  من النواة  $^{209}_{82}\text{Pb}$  :

$$r_{min} = k \frac{Z_\alpha \times Z_{Pb} \times e^2}{T_\alpha \times 1,6 \cdot 10^{-6}(\text{erg})} = \frac{2 \times 82 \times (4,8 \times 10^{-10})^2}{22 \times 1,6 \cdot 10^{-6}(\text{erg})} = 1,07 \times 10^{-12} \text{cm} = 10,7 \text{Fm}$$

4. قيمة بارامتر الصدم  $b$  لجسيم ألفا بالطاقة الحركية  $T_\alpha = 22 \text{ MeV}$  عند الزاوية  $90^\circ$  :

$$b_{90^\circ} = \frac{Z_\alpha \times Z_{Pb} \times e^2}{2 \log(90^\circ/2) T_\alpha \times 1,6 \cdot 10^{-6}} = \frac{2 \times 82 \times (4,8 \times 10^{-10})^2}{2 \log(45^\circ) \times 22 \times 1,6 \cdot 10^{-6}} = 5,4 \times 10^{-13} \text{cm} = 5,4 \text{Fm}$$

ثانياً: (5 درجات)

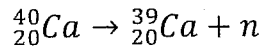
الحل:

$$Q_0 = \frac{4}{5} Z \times \bar{R}^2 \times \beta = \frac{4}{5} \times 71 \times 6,1 \text{ fm}^2 \times (+0,31) \approx +655 \text{ fm}^2 = +6,6 \text{ barn}$$

السؤال الثالث (30 درجة)

أولاً: (12 درجة)

الحل:



$$E_b(A, Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_{\text{sym}} \frac{(N-Z)^2}{A} \pm 34 \cdot A^{-3/4}$$

طاقة ارتباط النواة  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ :

$$\begin{aligned} E_b(40, 20) &= 15,78 \times 40 - 17,8(40)^{2/3} - 0,71 \frac{20(20-1)}{(40)^{1/3}} - 23,7 \frac{(20-20)^2}{40} + 34 \cdot (40)^{-3/4} \\ &= 346,3 \text{ MeV} \end{aligned}$$

طاقة ارتباط النواة  ${}^{39}_{20}\text{Ca}$ :

$$\begin{aligned} E_b(39, 20) &= 15,78 \times 39 - 17,8(39)^{2/3} - 0,71 \frac{20(20-1)}{(39)^{1/3}} - 23,7 \frac{(20-20)^2}{39} + 34 \cdot (39)^{-3/4} \\ &= 331,1 \text{ MeV} \end{aligned}$$

طاقة فصل النيوترون:

$$\varepsilon_n = E_b(40, 20) - E_b(39, 20) = 346,3 - 331,1 = 15,2 \text{ MeV}$$

ثانياً : (18 درجة)

كثافة النكلونات في النواة:

$$\begin{aligned} \rho_n = \frac{m}{V} &= \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi (R_0 \times A^{1/3})^3} = \frac{3 \times A}{4\pi \times R_0^3 \times A} = \frac{1}{4\pi \times (1,2 \times 10^{-13} \text{ cm})^3} \\ &= 1,38 \times 10^{38} \frac{\text{نكلون}}{\text{cm}^3} \end{aligned}$$

الكثافة النووية:

$$\bar{m}_n = \frac{m_p + m_n}{2} = \frac{1,007276 + 1,008665}{2} = 1,007971 \text{ a.u.m}$$

$$\rho_m = \rho_n \times \bar{m}_n = 1,38 \times 10^{38} \frac{\text{نكليون}}{\text{cm}^3} \times 1,007971 \text{ a. u. m} \times 1,66 \times 10^{-24} \text{ gr} = 2,31 \times 10^{14} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$\rho(0)$  هي الكثافة النووية وقيمتها ثابتة بالنسبة لجميع النوى وتساوي  $2,31 \times 10^{14} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$   
 $\rho(r)$  هي الكثافة النووية القطرية وقيمتها وتُعطى بالعلاقة الرياضية  $\rho(r) = \frac{\rho(0)}{1+e^{\frac{r-R}{a}}}$  ومن أجل  $R$  وتساوي

$$\frac{\rho(0)}{2} \text{ إلى } \rho(0) \text{ ووفقاً لتغير الكثافة النووية من } R = R_0 \times A^{1/3} \text{ بالعلاقة ويعطى نصف قطر النواة ويعطى بالعلاقة } R = R_0 \times A^{1/3} \text{ ووفقاً لتغير الكثافة النووية من } \rho(0) \text{ إلى } \frac{\rho(0)}{2}$$

$t$  هي سماكة الطبقة السطحية ووفقاً لتقص الكثافة النووية من  $\rho(0)$  إلى  $0,9 \rho(0)$  وقيمتها العددية  $t \approx 2.4 \text{ fm}$

**السؤال الرابع ( 20 درجة )**

**أولاً: ( 10 درجات )**

ارتفاع الحاجز الكولومي للنواة  $^{144}_{60}\text{Nd}$ :

$$V = k \frac{Z_{ce} \times e^2}{R_0 \times A^{1/3}} = k \frac{58 \times (4,8 \times 10^{-10})^2}{1,3 \times 10^{-13} \times (140)^{1/3} \times 1,6 \times 10^{-6}} = 12,37 \text{ MeV}$$

سرعة جسيم ألفا:

$$T_\alpha = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 \Rightarrow v_\alpha^2 = \frac{2T_\alpha}{m_\alpha} = \frac{2 \times 1,85 \times 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}}{4 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}}$$

ومنه:

$$v_\alpha = 0,943 \times 10^7 \text{ m/s}$$

العمر النصف لتفكك  $^{144}_{60}\text{Nd}$  مقدراً بالثواني:

$$T_{1/2} = 2,3 \times 10^{15} \times 365 \times 24 \times 3600 = 7,25 \times 10^{22} \text{ s}$$

نصف قطر النواة  $^{144}_{60}\text{Nd}$ :

$$R = R_0 \times 10^{-15} \times A^{1/3} = 1,3 \times 10^{-15} \times (144)^{1/3} = 6,81 \times 10^{-15} \text{ m}$$

شفافية الحاجز الكولومي لهذا التفكك:

$$T_{1/2} = \frac{0.693 \times 2R}{vP}$$

$$P = \frac{0.693 \times 2R}{v \times T_{1/2}} = \frac{0.693 \times 2 \times 6,81 \times 10^{-15} \text{ m}}{0,943 \text{ m/s} \times 10^7 \times 7,25 \times 10^{22} \text{ s}} = 1,38 \times 10^{-44}$$

## ثانياً ( 10 درجات)

علل بشكل دقيق ومختصر ما يلي:

1. (بسبب انطلاق النترينو وجسيم بيتا، حيث أنهما يتحاصسان طاقة التفكك، طاقة التفكك (مقدار ثابت) = الطاقة الحركية لجسيم بيتا + طاقة النترينو).
2. (السبب لطبقة نكلونية = المجموع الشعاعي للسبين بالنسبة لجميع النكلونات الموجودة في هذه الطبقة، ترتبط النكلونات مع بعضها مثلى مثلى على شكل أزواج متعاكسة في السبين بواسطة القوة النووية، التي تربط بين كل نكلونين من نفس النوع ( $N - N$  و  $P - P$ )، وبين نكلونين مختلفين في النوع ( $N - P$ )، وبالتالي في حالة النوى الزوجية-الزوجية تكون كل الروابط السابقة محققة بين النكلونات، ومجموع السبين لكل الطبقات يساوي الصفر).
3. (بناء على التعليل السابق يبقى نكلون واحد غير مزدوج في النوى الفردية - الزوجية (أو الزوجية الفردية) والسبين للنواة يكون نصفى ويساوي  $\hbar/2$ ).
4. (ينطلق في التفكك ألفا فقط جسيم ألفا من النواة، وتتوزع طاقة التفكك بين جسيم ألفا والنواة الابنة حسب قانون انحفاظ الطاقة والاندفاع، ينطلق جسيم ألفا باتجاه يعاكس اتجاه انطلاق النواة الابنة  $\vec{p}_\alpha = \vec{p}_{nu}$ ).
5. (في تفاعل الأسر الإشعاعي  $K -$ ، يتحول البروتون إلى نوترون في النواة على حساب أسر إلكترون من الطبقة الإلكترونية  $K -$ ، وينطلق فقط النترينو من النواة حسب التفاعل:  $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$ )