

1. المميزات الأساسية للنوى

تتكون نواة الذرة من جسيمات عنصرية، هي البروتونات والنيوترونات (ويُسمى البروتون والنيوترون نكلون). كتلة البروتون قريبة من $1a.m.u$ وحدة الكتلة الذرية)، وشحنة $e = +1,6 \cdot 10^{-19} C$ ، وتساوي بالقيمة شحنة الإلكترون وتعاكسها بالإشارة. النيوترون معتدل الشحنة الكهربائية، وكتلته تساوي تقريباً كتلة البروتون:

$$m_p = 1,007276 a.m.u \text{ وكتلة النيوترون } m_n = 1,008665 a.m.u.$$

الشحنة الكهربائية q لنواة العنصر تساوي رقم الترتيب Z للعنصر في جدول ماندلييف: $q = Ze$ (وعدد البروتونات في النواة يساوي عدد الإلكترونات في مدارات الذرة).

العدد الكتلي للنواة A هو عدد صحيح دائماً ويساوي مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة: $A = Z + N$ ، حيث Z هو عدد البروتونات، N هو عدد النيوترونات.

يُرمز لنواة العنصر بنفس الرمز الذي يرمز به لذرة العنصر مع الإشارة إلى العدد الكتلي والعدد الذري بالشكل ${}^A_Z X$. يشير Z في الأسفل إلى العدد الذري للعنصر، و A في الأعلى إلى العدد الكتلي.

يتبع نصف قطر النواة R للعدد الكتلي ويمكن أن يحسب (بالمتر) بالعلاقة التقريبية الآتية:

$$R = R_0 \cdot A^{1/3} = 1,3 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \quad (1.1)$$

حيث: $R_0 = 1,3 \cdot 10^{-13} cm = 1,3 \cdot 10^{-15} m = 1,3$ فيرمي ثابت بالنسبة لجميع النوى.

احسب نصف قطر نواة الرصاص ${}^{206}_{82}Pb$:

$$R(cm) = R_0 \times A^{1/3} = 1,3 \times 10^{-13} (206)^{1/3} = 7,68 \times 10^{-13} cm = 7,68 Fr$$

النظائر: تُسمى النوى التي لها نفس قيم Z وقيم مختلفة A بالنظائر وهي نوى لنفس العنصر الكيميائي، وتختلف بعدد النيوترونات.

أمثلة على النظائر: نظائر الهيدروجين ${}^1_1H, {}^2_1H, {}^3_1H$ ، ونظيري الهليوم ${}^3_2He, {}^4_2He$ ، ونظائر اليورانيوم ${}^{238}_{92}U, {}^{235}_{92}U, {}^{233}_{92}U$

الأيزوبارات: هي النوى التي لها نفس قيم A وتختلف بقيم Z . وهي نوى لعناصر كيميائية مختلفة تحوي نفس العدد من النكلونات.

مثال على الأيزوبارات: ${}^3_2\text{He}, {}^3_1\text{H}$.

الأيزوتونات: يُستخدم تعبير الأيزوتون للدلالة على النوى التي تحوي نفس العدد من النيوترونات وتختلف بـ Z (أو A) مثال ${}^4_2\text{He}^2, {}^3_1\text{T}^2$.

الأيزومرات النووية: الأيزوميرات (المماكبات) النووية هي نوى لنفس العنصر تتفق بالعدد الذري Z والعدد الكتلي A وتختلف فيما بينها بحالة الطاقة التي توجد فيها، إذ يحتوي المماكب النووي على مستوي طاقة شبه مستقر عمره أكبر من $10^{-13} s$.

مثال على أيزومير نووي: نواة التكنسيوم ${}^{99m}\text{Tc}$.

ترتبط النكلونات في النواة بقوة نووية خاصة، تتجاوز قوة التدافع الكهربائي بين البروتونات. توفر القوة النووية الاستقرار الكافي للنواة وتتمتع بالميزات الخاصة الآتية:

- تؤثر فقط على مسافات من مرتبة أبعاد النواة نفسها ($< 10^{-14} m$).
- قوة التأثير المتبادل بين النكلونات في النواة أكبر بعدة مراتب، من أي قوة تأثير متبادلة أخرى معروفة في الطبيعة.
- لا تتبع قوة التأثير المتبادل النووي بالشحنة الكهربائية، ولذلك فقوة التأثير المتبادل بين بروتونين $p-p$ هي نفسها تقريباً، المتبادلة بين نترولين $n-n$ أو بين بروتون ونترون $n-p$.

إن الكتلة M هي من إحدى الخصائص المهمة لنواة الذرة. كتلة النوى صغيرة للغاية فهي من المرتبة ($10^{-22} \dots 10^{-24} gr$). وكوحدة للكتلة في الفيزياء النووية تُستخدم وحدة من خارج جملة الوحدات الدولية وهي وحدة الكتلة الذرية. وتعرف وحدة الكتلة الذرية ($1a.m.u$) بأنها $1/12$ من كتلة ذرة نظير الكربون ${}^{12}\text{C}$:

$$1a.m.u = \frac{1}{12} m_{12C} = \frac{1}{12} \cdot \frac{M_{12C}}{N_A} = \frac{1}{12} \cdot \frac{12,000,000}{6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}} \approx 1,6610^{-24} gr$$

حيث:

M_{12C} - الكتلة المولية لنظير الكربون ${}^{12}\text{C}$ ، وهنا يُعتبر أن $M_{12C} = 12,000,000 gr$ ،

$N_A \approx 1,06 \cdot 10^{23} mol^{-1}$ - عدد أفوغادرو.

يمكن أن تقدر كتلة الجسيمات العنصرية في الفيزياء النووية بوحدات الطاقة، مثلاً، بموجب علاقة أينشتاين $E = m.c^2$ تقدر وحدة الكتلة الذرية ($1a.m.u$) بوحدات الطاقة كما يأتي:

$$E(J) = m(kg) \times (cm/s)^2 = 1,66.10^{-27} kg \times (3.10^8 m/s)^2 \approx \\ \approx 1,4905.10^{-10} J$$

وبتحويل الطاقة من جول (J) إلى إلكترون فولت (eV):

$$E(eV) = \frac{1eV \times 1,6.10^{-19} J}{1,4905.10^{-10} J} \approx 931,5.10^6$$

$$E(MeV) \approx 931,5$$

أي أن وحدة الكتلة الذرية $1a.m.u$ تعادل تقريباً $931,5 MeV$ بوحدات الطاقة.

الإلكترون فولت (eV): هو الطاقة التي يكتسبها أو يخسرها جسيم وحيد الشحنة الكهربائية (إلكترون أو بروتون) عندما يجتاز فرقاً في الكمون مقداره $1V$:

$$1eV = 4.8 \times 10^{-10} / 300 = 1.6 \times 10^{-12} erg = 1.6 \times 10^{-19} J$$

وتستخدم مضاعفات الإلكترون فولت، وهي الكيلو إلكترون فولت (KeV) والميغا إلكترون فولت (MeV) والغيجا إلكترون فولت (GeV):

$$1 keV = 10^3 eV = 1.6 \times 10^{-9} erg$$

$$1 MeV = 10^6 eV = 1.6 \times 10^{-6} erg$$

$$1 GeV = 10^9 eV = 1.6 \times 10^{-3} erg$$

طاقة ارتباط النواة ε_b :

إن كتلة النكلونات المكونة للنواة وهي بشكلها الحر $Z.m_p + N.m_n$ دائماً أكبر من كتلة النواة M_N التي تدخل في تركيبها هذه النكلونات.

يتحول الفرق بين هاتين الكتلتين (نقص الكتلة Δm) إلى طاقة ارتباط للنكلونات داخل النواة:

$$\varepsilon_b = \Delta E = \Delta m.c^2 ; \Delta m = Z.m_p + N.m_n - M_N c^2 \quad (1.2)$$

ومنه:

$$\varepsilon_b = \Delta E = \Delta m.c^2 = (Z.m_p + N.m_n - M_N)c^2$$

$$\varepsilon_b (MeV) = (Z.m_p + N.m_n - M_N) a.m.u \times 931,5 (MeV / a.m.u)$$

حيث M_N - كتلة النواة، m_p, m_n - كتلة البروتون والنترون على الترتيب، c - سرعة الضوء في الفراغ.

مثال: احسب طاقة ارتباط النواة $^{12}_6C$:

$$\varepsilon_b(\text{MeV}) = \Delta m(\text{a.m.u}) \times 931,5(\text{MeV} / \text{a.u.m})$$

$$\begin{aligned} \Delta m(^{12}C) &= Z \times m_p + N \times m_n - M(^{12}C) = \\ &= 6 \times 1,007276 + 6 \times 1,008665 - 12,000000 = 0,095646 \text{ a.m.u} \end{aligned}$$

ومنه:

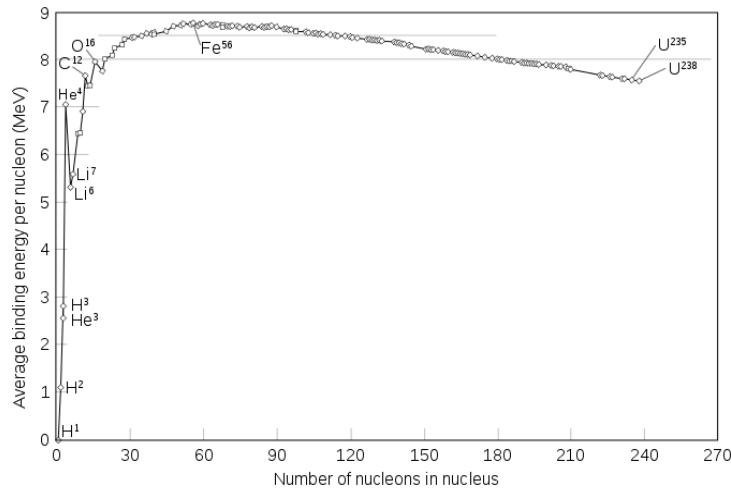
$$\varepsilon_b = \Delta m \times 931,5(\text{MeV} / \text{a.u.m}) = 0,095646 \times 931,5 \approx 90 \text{ MeV}$$

2- طاقة الارتباط النوعية للنواة $^{12}_6C$:

$$\delta = \frac{\varepsilon_b(^{12}C)}{A} = \frac{90 \text{ MeV}}{12} \approx 7,4 (\text{MeV} / \text{نكلون})$$

طاقة الارتباط النوعية ε هي حصة النكلون الواحد وسطياً من طاقة ارتباط النواة: $\delta = \frac{\varepsilon_b}{A}$. وتعتبر طاقة الارتباط النوعية عن متوسط الطاقة المنطلقة عند ضم نكلون واحد إلى النواة، أو متوسط الطاقة اللازم لفصل نكلون واحد من النواة.

تبلغ قيمة δ القصوى (نكلون/ $8,7 \text{ MeV}$) وتميز النوى ذات العدد الكتلي $A = 50 - 60$ ، ومع تغير العدد A عن قيم هذا المجال، تتناقص قيمة δ بشكل حاد لدى العناصر الأخف، وبسلاسة لدى العناصر الأثقل. ومن هنا تظهر إمكانيتان لإطلاق واستخدام الطاقة النووية.



الشكل 1 منحنى طاقة الارتباط النوعية: ويمثل تبعية طاقة الارتباط النوعية للعدد الكتلي للنوى.