

طاقة الترابط النووي ونموذج قطرة السائل للنواة

(٤٠٤) صيغة كتلة النواة الوضعية $M(A, Z)$ والتي تعتمد على العدد الذري Z والعدد الكتلي A استرج وظيفة كل حد مع إعطاء قيمة تقريبية للتوازن من الحدود المكونة للصيغة.

الحل: كمليه صياغة كتلة لنواة $M(A, Z)$ كالآتي

$$M(A, Z) = Z M(^1_1\text{H}) + (A - Z) m_n - B(Z, A)$$

طاقة الترابط النووي \rightarrow له كتلة بروتون \rightarrow كتلة نيوترون

للنواة جميع

$$B(Z, A) = B_v + B_s + B_e + B_a + B_p$$

طاقة الحجم طاقة السطح طاقة التناثر التماثل التماثل

$$= a_v A - a_s A^{2/3} - a_e Z^2 A^{-1/3} - a_a \left(\frac{A}{2} - Z\right)^2 A^{-1} + a_p \delta A^{-1/2}$$

① ② ③ ④ ⑤

① كمليه لتعبير عن نصف قطر النواة $R = r_0 A^{1/3}$ ، فانه B_v تتناسب مع حجم النواة الذي يتزايد كلما زاد عدد النيوترونات والبروتونات (مع حيث يبدأ).

② مساحة سطح النواة يتناسب مع $A^{2/3}$. ونسبة طاقة السطح إلى كتلة النواة لا سطح وحجم ومن ثم ناه النيوترونات الموجودة على سطح تكون أقل ارتباطاً مع النيوترونات بالداخل (حيث يتفاعل كل نيوترون مع ما حوله من جميع الجوانب) مع النيوترونات . بينما النيوترونات على السطح يتفاعل فقط مع نصف هذا العدد تقريباً لعدم وجود نيوترونات حوله من جميع الجوانب.

③ طاقة التناثر تتناسب مع تفاعل بروتونات النواة معاً وهذه القيمة تتناسب مع Z^2/R وبما أن تتناسب مع $Z^2 A^{-1/3}$

④ ينشأ الحد B_a من تأثير تماثل عدد البروتونات والنيوترونات حيث $Z = \frac{A}{2}$ تكون أكثر استقراراً. الإخفاق مع هذه الحالة يؤدي إلى عدم اليقين من انخفاض طاقة الترابط النووي.

⑤ يوضح الحد الإضافي إلى ميل كل من البروتونات والنيوترونات إلى الوجود في أزواج مرتبطة.

ومن ثم من المتوقع أن تكون الذرية ذات العدد الزوجي من البروتونات والنيوترونات مزدوج تكون أكثر استقراراً على النقيض من الذرية ذات العدد الفردي لكل من البروتونات والنيوترونات . $B_p = a_p \delta A^{-1/2}$

* كمليه ضبط قيمة التوازن بعبارة رياضية النظرية مع النتائج التجريبية

$a_v = 15.835 \text{ MeV}$, $a_s = 18.33 \text{ MeV}$, $a_e = 0.714 \text{ MeV}$

$a_a = 92.80 \text{ MeV}$, $a_p = 11.20 \text{ MeV}$

الذرية δ

even-even $\delta = +$

even-odd or odd-even $\delta = 0$

odd-odd $\delta = -$

٣٤. أعداد البروتونات والنيوترونات تتكون غالباً من البروتونات والنيوترونات الخفيفة المستقرة. مع ذلك فإنه عدد النيوترونات يكون أكبر من عدد البروتونات في البروتونات الثقيلة المستقرة. بالنسبة للنيوترونات الخفيفة، الطاقة المطلوبة لنزع بروتون أو نيوترون تكون تقريباً متساوية ومع ذلك، بالنسبة للنيوترونات الثقيلة تتزايد الطاقة اللازمة لنزع بروتون عن الطاقة اللازمة لنزع نيوترون. راجع هذه الكشافة، بإفتراض أنه القوة النووية متساوية بين كل زوج من النيوترونات. خاصية نموذج قطرة سائل.

الحل: الطاقة اللازمة لإزالة بروتون أو نيوترون من نواة مستقرة تسمى

$$S_p = B(Z, A) - B(Z-1, A-1) \leftarrow \text{طاقة فصل بروتون}$$

$$\text{or } S_n = B(Z, A) - B(Z, A-1) \leftarrow \text{طاقة فصل نيوترون}$$

$B =$ طاقة الترابط لكل نيوترون في النواة.

طبقاً لنموذج قطرة سائل، نجد أن طاقة الترابط النووي

$$B(Z, A) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_a \left(\frac{A-Z}{2} - Z \right)^2 A^{-1} + a_p \delta A^{-1/2}$$

$$\therefore S_p - S_n = -a_c (Z Z - 1) (A-1)^{-1/3} + a_a (A - 2Z) (A-1)^{-1}$$

$$= -a_v (A-1) + a_s (A-1)^{2/3} + a_c \frac{(Z-1)^2}{(A-1)^{1/3}} + a_a \left(\frac{A-1}{2} - (Z-1) \right)^2 (A-1)^{-1} - a_p \delta (A-1)^{-1/2}$$

$$+ a_v (A-1) - a_s (A-1)^{2/3} - a_c \frac{Z^2}{(A-1)^{1/3}} - a_a \left(\frac{A-1}{2} - Z \right)^2 (A-1)^{-1} + a_p \delta A^{-1/2}$$

$$= -a_c (A-1)^{-1/3} (Z^2 - Z^2 + 2Z - 1) + a_a \left(\left(\frac{A-1}{2} \right)^2 + (Z-1)^2 - \left(\frac{A-1}{2} \right)^2 - (Z)^2 \right) (A-1)^{-1}$$

$$= -a_c (Z Z - 1) (A-1)^{-1/3} + a_a (Z^2 - 2Z + 1 - Z^2 + (A-1)(-Z+1+Z)) (A-1)^{-1}$$

$$= -a_c (Z Z - 1) (A-1)^{-1/3} + a_a (Z^2 - 2Z + 1 - Z^2 + (A-1)(-Z+1+Z)) (A-1)^{-1}$$

$$= -a_c (Z Z - 1) (A-1)^{-1/3} + a_a (A - 2Z) (A-1)^{-1}$$

$$a_c = 0.714 \text{ MeV}$$

$$a_a = 92.8 \text{ MeV}$$

بالنسبة للنوية المستقرة Stable nucleus

$$Z = \frac{A}{2 + \frac{2a_c}{a_a} A^{2/3}} \approx \frac{A}{2} \left(1 - \frac{a_c}{a_a} A^{2/3} \right)$$

$$\therefore S_p - S_n \approx \frac{a_c}{A-1} \left[A^{5/3} - (A-1)^{5/3} + \frac{a_c}{a_a} A^{5/3} (A-1)^{2/3} \right]$$

$$\approx -a_c (A-1)^{-1/3} \left(A - \frac{a_c}{a_a} A^{5/3} - 1 \right) + a_c (A-1)^{-1} \left(A - A + \frac{a_c}{a_a} A^{5/3} \right)$$

$$\approx \frac{a_c}{(A-1)} \left[(A-1)^{2/3} \left(-A+1 + \frac{a_c}{a_a} A^{5/3} \right) + \frac{a_c}{a_a} \times \frac{a_c}{a_a} A^{5/3} \right] \quad \text{بغرض تبسيط المقام من}$$

$$\approx \frac{a_c}{(A-1)} \left[\frac{a_c}{a_a} A^{5/3} (A-1)^{2/3} + A^{5/3} - (A-1)^{2/3} (A-1) \right]$$

عندما يكون عدد الكتلة كبير جداً $(A \gg 1)$ بالأسكانه تقسيم التقريب الناتج

$$A-1 \approx A$$

$$\therefore S_p - S_n = \frac{a_c}{A} \left[\frac{a_c}{a_a} A^{7/3} + \underbrace{A^{5/3} - A^{2/3} A}_{=0} \right]$$

$$= \frac{(0.714)^2}{92.8} A^{7/3} A^{-1}$$

$$\approx 5.49 \times 10^{-3} A^{4/3} \text{ MeV}$$

وهذا نجد أنه بفرض من طاقة الانتزاع بروتون و طاقة الانتزاع نيوترون $(S_p - S_n)$ تتزايد مع A وهذا دليل على أنه فصل بروتون من النوية الشبيهة يتطلب طاقة أكثر من طاقة فصل نيوترون من نفس النواة. وتزداد هذه الطاقة مع زيادة عدد الكتلة.

وعلى النقيض من ذلك تقترب طاقة فصل البروتون والنيوترون من النوية الخفيفة.

٥١
٥٠٣١) باستخدام الصيغة الوصفية لطاقة ارتباط لنوى . عدد إلكترونات Z عدد

النيوترونات والبروتونات التي تفسر بشكل عام لمخني لبنات لنوى . $N = f(Z)$

المحل: باستخدام الصيغة التقريبية بين A و Z

$$Z = \frac{A}{2 + 0.0154 A^{2/3}} = \frac{N + Z}{2 + 0.0154 A^{2/3}}$$

$$\therefore A = N + Z$$

$$Z (2 + 0.0154 A^{2/3}) - Z = N$$

$$\therefore N = Z (1 + 0.0154 A^{2/3})$$

من تلك الصيغة يتضح أنه النسبة بين عدد النيوترونات إلى عدد البروتونات $(\frac{N}{Z})$

يتزايد من ١ تقريباً في حالة الهيدروجين (١.٠٢) إلى ١.٥٩ بالنسبة لليورانيوم ٢٣٨ .
وهو ما يتفق مع المستطرد عليه من قيمة عدد النيوترونات ١٤٦ على عدد البروتونات ٩٢ .

* موضع سبب تزايد عدد النيوترونات مع عدد البروتونات في الأنوية الثقيلة .

عدد البروتونات الكبير في الأنوية مزيداً من قوة التجاذب وخاصة أنه كل بروتون يتفاعل مع كل
البروتونات الأخرى في النواة . وتلك قوة متساوية . ولتفويض قوة متساوية ، يتطلب مزيد من النيوترونات
وبذلك يتغلب على قوة التجاذب . هذا التفاضل مع تأثير تماثل النيوترونات - البروتونات
يتسبب في زيادة النسبة بين النيوترونات والبروتونات في الأنوية المستقرة مع زيادة عدد الكتلة A .
ولهذا فإنه عدد البروتونات في الأنوية الثقيلة يكون أقل كثيراً من عدد النيوترونات .

* نظرية الأكسجين ١٤ غير مستقرة فترة عمر النصف ٧ ثانية .

عدد احتمالات الاضمحلال λ

من الواضح أنه عدد البروتونات ٨ أكبر من عدد النيوترونات ٦ وهذا يعني إما اضمحلال α أو اضمحلال β^+
والظاهرة هي β^+ حيث $p \rightarrow n + \beta^+ + \nu$ أو أنه يحدث اضمحلال β^- من النيوترونات .
نحيي ملاحظة في التفاعل Q موجبة وكبيرة فإنه احتمال اضمحلال β^- هو الأقرب للمدون .