هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

طاقة النواة

I. التكافؤ كتلة-طاقة

- طاقة الكتلة

خاصية

تمثل الكتلة شكلا من أشكال الطاقة يسمى طاقة الكتلة.

طاقة الكتلة هي الطاقة التي يتوفر عليها كل جسم - حتى و لو كان في سكون-

بسبب كتلته فقط و تعبيرها: $E = mc^2$ (J)

حيث c سرعة انتشار الضوء: $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$

- إذا كان الجسم في حركة فإنه يتوفر علاوة على ذلك، على طاقة حركية.

- يترتب عن هذه العلاقة أن كل تغير يحصل في طاقة مجموعة يقابله تغير في كتلتها، والعكس صحيح.العلاقة بين التغيرين هي: $\Delta E = \Delta m.c^2$

على السلم الذري أو النووي يعبر عن الطاقة بوحدة مناسبة تسمى "الإلكترون – فولط"(eV)

أو مضاعفها "الميغا إلكترون – فولط"(MeV):

$1\ eV = 1,6.10^{-19}\ J$

$1\ MeV = 10^6\ eV = 1,6.10^{-13}\ J$

مثال: طاقة الكتلة لبروتون كتلته $m_p = 1,673.10^{-27}\ kg$ هي:

$$E = 1,673.10^{-27} \times (3.10^8)^2 = 1,5.10^{-10}\ J$$

$$E = \frac{1,5.10^{-10}}{1,6.10^{-13}} = 937,5\ MeV$$

II. طاقة الربط لنواة

- النقص الكتلي

تعريف

تجريبيا يلاحظ أن كتلة نواة الذرة هي دائما أصغر من مجموع كتل النويات المكونة لها.

الفرق بينهما يسمى النقص الكتلي للنواة، و تعبيره:

$$\Delta m = \left[Zm_p + (A-Z)m_n\right] - m_X$$

حيث: m_X : كتلة النواة ، m_p : كتلة بروتون ، m_n : كتلة نوترون.

$\Delta m > 0$

على السلم الذري أو النووي يعبر عن الكتلة بوحدة مناسبة تسمى "وحدة الكتلة الذرية" (u):

$$1u = \frac{1}{12} \times m\left(^{12}_{6}C\right) = \frac{M\left(^{12}_{6}C\right)}{12 \times N_A} = 1,66054.10^{-27}\ kg$$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

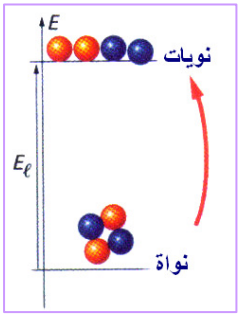
▪ مثال: النقص الكتلي لنواة الهليوم ^4_2He هو: $\Delta m = 5,038.10^{-29}\ Kg$

أي: $\Delta m = \frac{5,038.10^{-29}}{1,66054.10^{-27}} = 0,03034\ u$

تستعمل أيضا وحدة أخرى للكتلة و هي MeV/c^2 بحيث: $1\ u = 931,5\ MeV/c^2$

- طاقة الربط لنواة

تعريف: هي الطاقة اللازم منحها لنواة في حالة سكون لتفتيتها إلى نويات منفصلة و في سكون. و تعبيرها هو: $E_\ell = \Delta m \cdot c^2$



عكسيا حين تتكون نواة انطلاقا من نويات منفصلة تتحرر الطاقة E_ℓ.

▪ مثال: طاقة الربط لنواة الهليوم ^4_2He هي:

$$E_\ell = 0,03034 \times 931,5 = 28,26\ MeV$$

- طاقة الربط لنوية

تعريف: هي طاقة الربط المتوسطة لنوية و تساوي النسبة التالية: $\frac{E_\ell}{A}$

طاقة الربط لنوية تمثل الطاقة الضرورية لانتزاع نوية واحد من النواة.

و تستعمل لمقارنة النويدات من حيث استقرارها:كلما كانت مرتفعة كلما كانت النواة مستقرة أكثر.

▪ مثال:

- طاقة الربط لنواة الحديد $^{56}_{26}Fe$ هي: $E_\ell = 492\ MeV \leftarrow \frac{E_\ell}{A} = \frac{492}{56} = 8,79\ MeV/nucléon$

- طاقة الربط لنواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ هي: $E_\ell = 1\,802\ MeV \leftarrow \frac{E_\ell}{A} = \frac{1\,802}{238} = 7,57\ MeV/nucléon$

نواة الحديد 56 أكثر استقرارا من نواة اليورانيوم 238.

- منحنى "أسطون"

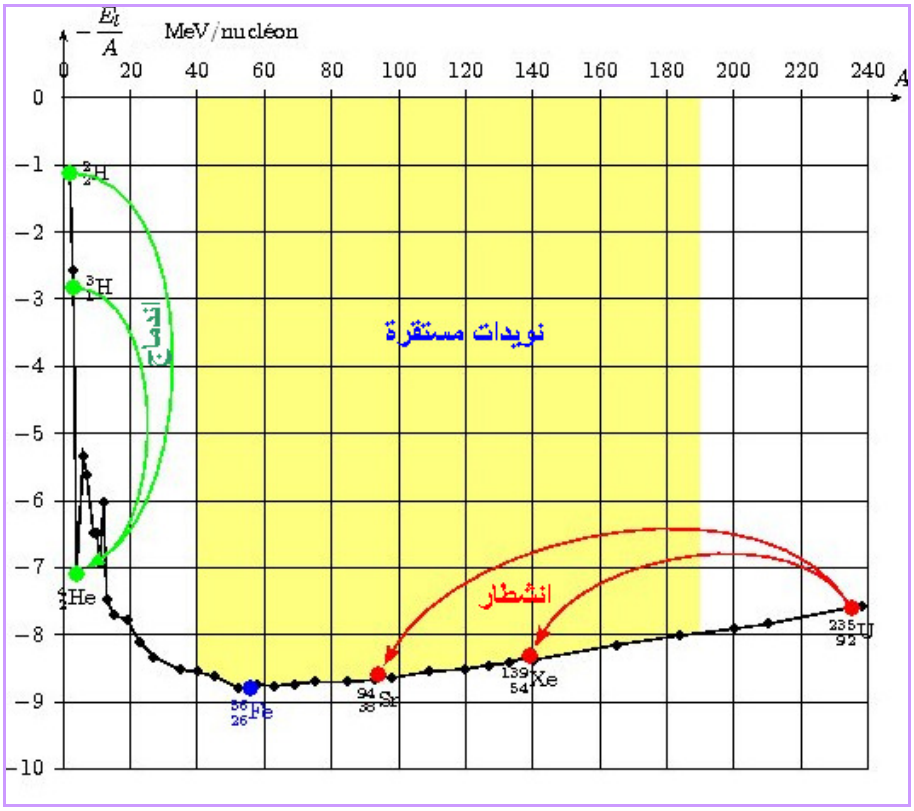
تتغير طاقة الربط المتوسطة لنوية بدلالة عدد الكتلة A للنواة.

يمثل منحنى أسطون تغيرات مقابل طاقة الربط المتوسطة لنوية بدلالة عدد الكتلة.

- في هذا المنحنى الحالة المرجعية للطاقة(E=0) هي حالة نويات منفصلة و في سكون.
- يوافق أكبر استقرار القيمة الدنيا للمنحنى أي القيمة القصوى لطاقة الربط المتوسطة لنوية.

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma



أهمية المنحنى:

يمكن المنحنى من مقارنة النويدات من حيث استقرارها:

- في المجال $40 \leq A \leq 190$ تقع النويدات المستقرة التي لها طاقة ربط متوسطة عليا:
  $E_\ell / A \approx 8\ MeV / nucléon$
- على طرفي المبيان تقع النويدات الأقل استقرارا و هي نوعان:
  - نويدات ثقيلة يمكنها أن تنشطر إلى نواتين أخف منها و أكثر استقرارا مع تحرير طاقة.
  - نويدات خفيفة يمكنها أن تندمج لتعطي نويدة أثقل منها مع تحرير طاقة.

III. الانشطار و الاندماج النوويان

• الانشطار النووي

تعريف

هو تفاعل نووي محرَّض خلاله تنقسم نواة ثقيلة و قابلة للانشطار إلى نواتين خفيفتين وذلك تحت تأثير اصطدامها بنوترون طاقته الحركية لا تتعدى 0,1 MeV (ما يسمى نوترونا حراريا).هذا التفاعل ناشر للطاقة.

• انشطار اليورانيوم 235

يعتبر اليورانيوم 235 النويدة الطبيعية الوحيدة القابلة للانشطار و معادلة الانشطار العامة هي:

$$^1_0n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 + k\,{}^1_0n$$

عموما العدد k يتراوح بين 1 و 3 نوترونات.

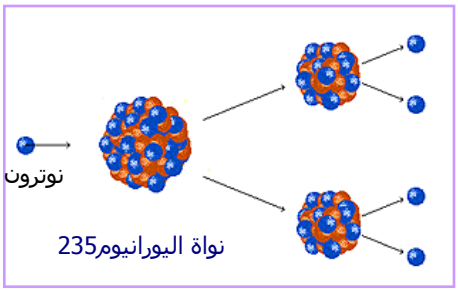
قانونا الانحفاظ يفرضان العلاقتين التاليتين:

$$\begin{cases} A_1 + A_2 + k = 236 \\ Z_1 + Z_2 = 92 \end{cases}$$

مثال:

$$^1_0n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{95}_{38}Sr + {}^{139}_{54}Xe + 2\,{}^1_0n$$

• التفاعل المتسلسل



يمكن للنوترونات المنبعثة خلال انشطار أن تحدث بدورها انشطار نوى أخرى. إذا كان عدد النوترونات المنبعثة خلال كل انشطار أكبر من1فإنه يحدث تفاعل متسلسل.

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

- الاندماج النووي

تعريف

هو تفاعل نووي محرَّض خلاله تندمج نواتان خفيفتان فتنتج نواة أثقل.

و هو تفاعل ناشر للطاقة.

هذا التفاعل لا يحدث إلا عند درجة حرارة مرتفعة جدا (10^8 K) لذلك فهو يسمى تفاعلا نوويا حراريا.

▪ مثال: اندماج نظائر الهيدروجين الذي هو مصدر طاقة الشمس:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

IV. حصيلة الكتلة و الطاقة

- الطاقة التي يحررها تفاعل نووي

▪ تعبيرها باستعمال تناقص الكتلة

الطاقة التي يحررها تفاعل نووي معادلته: $^{A_1}_{Z_1}X_1 + ^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}X_3 + ^{A_4}_{Z_4}X_4$

توافق تناقص الكتلة الإجمالية Δm للمجموعة و تعبيرها هو: $\Delta E = \Delta m.c^2$

حيث: $\Delta m = (m_{X_3} + m_{X_4}) - (m_{X_1} + m_{X_2})$

☜ $\Delta m < 0$ ← $\Delta E < 0$: المجموعة تحرر(تفقد) طاقة.

▪ مثال: لنحسب الطاقة التي يحررها تفاعل الاندماج ذو المعادلة: $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

معطيات: $m_n = 1,009\ u\ /\ m_{^{4}_{2}He} = 4,003\ u\ /\ m_{^{3}_{1}H} = 3,016u\ /\ m_{^{2}_{1}H} = 2,014u$

تناقص الكتلة الإجمالية هو: $\Delta m = (m_{^{4}_{2}He} + m_n) - (m_{^{2}_{1}H} + m_{^{3}_{1}H}) = -0,018\ u$

و الطاقة المحررة هي: $\Delta E = -0,018 \times 931,5 \approx -17\ MeV$

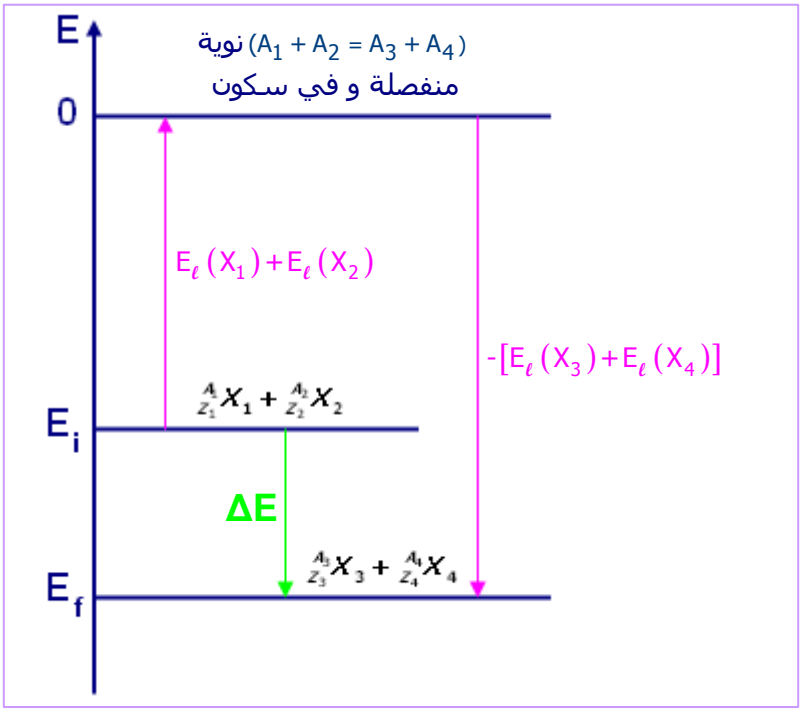
التفاعل ينشر طاقة تساوي 17 MeV عن كل نواة هليوم ناتجة.

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

- تعبيرها باستعمال طاقات الربط

ننجز مخططا طاقيا لتفاعل نووي معادلته: $^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$



من هذا المخطط نستنتج ما يلي:

الطاقة التي يحررها تفاعل نووي معادلته: $^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$

هي: $\Delta E = \left[E_\ell(X_1)+E_\ell(X_2)\right] - \left[E_\ell(X_3)+E_\ell(X_4)\right]$

- مثال: لنعد حساب الطاقة التي يحررها تفاعل الاندماج ذو المعادلة: $^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$

معطيات: طاقة الربط المتوسطة لنوية للنويدات:

$\frac{E_\ell}{A}(^4_2He) = 7{,}0\ MeV/nucléon \quad / \quad \frac{E_\ell}{A}(^3_1H) = 2{,}8\ MeV/nucléon \quad / \quad \frac{E_\ell}{A}(^2_1H) = 1{,}2\ MeV/nucléon$

الطاقة المحررة هي: $\Delta E = E_\ell(^2_1H) + E_\ell(^3_1H) - E_\ell(^4_2He)$

$\Delta E = (2\times 1{,}2) + (3\times 2{,}8) - (4\times 7) \approx -17\ MeV$

- أشكال الطاقة المحررة

تظهر الطاقة التي يحررها تفاعل نووي على الأشكال التالية:

- طاقة حركية للنواتج(معظمها يتحول إلى طاقة حرارية)
- طاقة إشعاعية (طاقة الإشعاع γ)

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma